

# 대두미세분말을 이용한 환경친화형 전두부 상품화 기술 개발

Development of Environment Attractive *Chundubu*  
(whole soybean curd) using  
Microparticulated soybean powder

연구기관  
한국식품개발연구원

농림부

# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “대두미세분말을 이용한 환경친화형 상품화 기술 개발”에 관한 연구 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2002년 11월 일

주관연구기관명 : 한국식품개발연구원

총괄연구책임자 : 구 경 형

세부연구책임자 : 전 향 숙

세부연구책임자 : 이 명 기

연 구 원 : 김 현 정

연 구 원 : 이 부 용

연 구 원 : 이 용 환

위 축 연 구 원 : 김 민 지

위 축 연 구 원 : 조 명 희

참 여 업 체 : 강릉초당두부

# 요 약 문

## I. 제 목

대두미세분말을 이용한 환경친화형 전두부 상품화 기술 개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

대부분 두부 제조 업체는 대두 자엽을 2-8등분하여 수침하고, 부산물인 비지를 건조시켜 사료나 식품 가공소재로 일부 이용하고 있으며, 최근 300 mesh이상으로 미분쇄한 대두분말을 원료로 한 전두부 제조방법이 개발되었으나 실용화하기에 문제가 많다. 즉 일반두부를 제조할 경우 조직감이 거칠어 소비자 수요가 전혀 없으나, 이에 관한 기술 개발이 되고 있지 않다.

한편 국내 총 대두 소비량은 185만톤으로 약 90%를 수입에 의존하고, 이중 식품용 대두는 약 48만톤(30%) 정도이므로 공정 단축과 비지 발생이 없으면서도 일반 두부와 유사한 전두부 제조 공정 기술 개발이 필요하다. 또한 경제적인 측면을 보면 두부용은 대두는 약 13만 5천톤(국내산 대두 1,800톤)으로 전체 식품용 대두의 약 30%이상이고, 두부 시장은 약 4천 100억원 정도로 추정하고 있다. 일반 두부의 경우 원료 대두의 120%가 생산되는 비지를 폐기하거나 일부만 이용하는 것은 큰 손실이고, 특히 국내산 대두는 kg당 3,000원으로 수입 대두의 약 5배로 더 큰 손실을 유발하며, 총 두부업체의 60% 이상이 영세업체로 부산물 처리비용이 큰 부담이 되는 실정이다.

그러므로 본 연구는 부산물인 비지의 발생이 없으면서 일반 두부의 조직감을 갖는 전두부 상품화 기술을 최종 목표로 하였다.

### III. 연구개발 내용 및 범위

- 1차년도 : 전두부의 조직감 개선을 위한 대두 분말 처리조건 규명
  - 조분쇄 조건 및 전처리 조건 확립
  - 두부 제조 조건이 전두부에 미치는 영향 인자 규명
  - 부분 변성을 이용한 전두부 조직감 개선 기술 탐색
- 2차년도 : 대두 미세분말을 이용한 전두부 제조 및 품질 향상
  - 대두의 미분쇄 공정의 최적화
  - 전두부용 미세분말의 전처리 최적 조건 확립
  - 국내산 두류를 이용한 전두부 제조 조건 조사
  - 전두부의 물리화학적 특성 및 저장성 조사
- 3차년도 : 전두부의 상품화 기술 개발 및 제품 다양화
  - 최적 전두부 제조 공정 기술 개발
  - 전두부의 유용 성분의 효율성 조사
  - 전두부의 제품 다양화

### IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

대두미세분말을 이용하여 비지의 발생이 없으면서 일반두부와 유사한 전두부 제조를 위하여 대두미세분말의 일반성분, 입도, 응고제의 종류와 가열 시간 등의 제조 조건이 전두부의 수율 및 조직감에 미치는 영향을 조사하였다. 그 결과 원료인 대두미세분말은 국내외산 대두의 일반성분과 거의 차이가 없었고, 입도의 경우는 MSPI는 평균입도가 56.38  $\mu\text{m}$ , MSPH는 14.42  $\mu\text{m}$ 였다. 전두부 제조에 적당한 대두미세분말의 농도를 결정하기 위하여 중심합성계획법에 의하여 실험한 결과 수율은 MSPI는 6%에서, MSPH 8%~10%에서 높게 나타났고, 두부의 특성인 탄력성은 농도간에 차이가 없었으나, 단단한 정도는 MSPI와 MSPH 모두 8% 농도에서 비교적 높은 값을 보였다. 단일응고제의 경우, 수율은 MSPI 처리구는  $\text{CaCl}_2$  첨가구, MSPH는 Ca-gluconate를 제외하고 비슷한 값을 보였고, 조직감에 있어서도 각각의 응고제마다 특성이 있었다. 전반적으로

응고제 첨가량 별로는  $\text{CaSO}_4$ 는 1.0%, GDL은 0.6%, Ca-gluconate 1.0%에서 비교적 높은 수율, 탄력성 및 단단함을 보였다. 한편 혼합응고제와 가열시간의 경우, 수율은 MSPI, MSPII 모두  $\text{CaSO}_4$ -GDL 혼합 응고제가 비교적 높았다. 전반적으로 입자 크기가 적은 MSPII 처리구가 MSPI 처리구보다 높은 탄력성과 단단함을 보였는데, 혼합응고제별로 보면 MSPI 처리구는  $\text{CaSO}_4$ -GDL이 MSPII 처리구는 GDL-Ca-gluconate 응고제가 조직감에 영향을 주었다. 또 가열 시간의 영향도 MSPI 처리구는 가열시간이 증가함에 따라 단단한 정도가 증가하다가 20분 이상이 되면 감소하는 반면 MSPII 처리구는 증가하였다.

또한 탄수화물 분해 효소 처리가 전두부의 원료인 대두미세분말의 입도, 색도 및 점탄성의 변화를 비교하였다. 일반성분의 경우 회분과 단백질은 국내산 대두와 비슷하였고, 탄수화물 함량은 국내산 대두의 37.80%에 비하여 낮은 32.90-33.60%였으며 입자크기는 평균 MSPI는  $56.40 \mu\text{m}$ , MSPII는  $14.42 \mu\text{m}$ 였다. 효소 처리에 의하여 입도 크기가 작은 MSPII보다 입도 크기가 상대적으로 큰 MSPI의 경우 효소처리하지 않은 대조구에 비하여 평균 입도가 감소되는 경향을 보였고, celluclast보다는 복합효소인 viscozyme이 효과가 컸다. 효소 처리 시간에 따라서 1시간까지는 감소효과를 보이다가 그 이상 시간에는 입도를 일정하게 유지하였으며, 그램 당 표면적도 비슷한 결과가 나타났다. 또 대두미세분말의 색도의 경우 대조구에 비하여 효소처리한 시료가 L, a, b값이 낮았고, 효소 처리 시간이 증가함에 따라 a값은 증가하고 b값은 감소하는 경향을 보였다. 점탄성은 효소 처리에 관계없이 온도가 증가함에 따라 점성을 나타내는  $G''$ 보다 탄성을 나타내는  $G'$ 이 높게 나타났다.

한편 대두 미세분말을 국내산 분쇄기로 제조된 미세분말의 입도를 측정된 결과 평균 입도 크기가  $33.56 \mu\text{m}$  국외에서 제조된 미세분말과 비교하여 MSPII (microparticulated soybean powder II)인  $14.42 \mu\text{m}$ , MSPI  $56.38 \mu\text{m}$ 의 중간 크기로 국내에서도 미세분말의 생산 가능성이 있었다(건식법). 반면에 습식법에 의한 두유액의 입도 크기는 현재 두부 제조 업체에서 사용하고 있는 colloid mill이나 mixer로 분쇄할 경우 평균 입도가  $240 \sim 245 \mu\text{m}$ 였으나, colloid mill과 cutting mill을 혼합하여 제작된 speed mill로 분쇄할 경우  $165 \mu\text{m}$ - $198 \mu\text{m}$ 로 기존

분쇄 방법보다는 입자크기가 감소함을 알 수 있었다. 국내에서 제조한 대두 미세분말의 경우 외국산에 비하여 물리적인 충격에 의하여 대두분말의 보수력이 떨어지는 것으로 여겨지나 견고성에 있어서 시판되고 있는 두부에 비하여는 큰 차이가 없었다. 이상의 결과로 보아 국내에서 제작된 분쇄기로도 전두부의 원료인 대두 미세분말을 생산할 수는 있으나, 수율이나 물리적 특성 면에서 수입된 대두 미세분말에 비하여 차이가 있어서 분쇄 부분에 관한 연구가 지속되어야 할 것으로 여겨진다.

압착형 전두부의 조직감을 개선하기 위하여 연두부형으로 제조한 전두부의 경우 시판되고 있는 연두부에 비하여 조직감, 색, 탄력성에 차이가 있었고, 전체적인 기호도 평가에 있어서도 해수로 제조한 두부와 일반 제품과 차이가 없어 연두부형 전두부의 경우 제품으로서의 가능성을 확인하였다. 비압착형 전두부를 Pilot 규모로 생산한 후 30℃ 및 4℃에서 저장중 pH, 총산도, 흡광도 및 미생물군의 변화를 조사하였다. 그 결과 시중에서 판매되고 있는 두부와 큰 차이가 없었다.

전두부 제조 공정에 사용하는 효소처리 과정에 대두 미세분말의 입자 크기별, 효소처리 시간별 제조된 전두부의 이소플라본 함량 변화를 살펴보았다. 그 결과 이소플라본 분석치의 경우, 전두부와 일반두부에 있어서 배당체 또는 말로닐과 아세틸기가 붙은 글루코스 결합체의 비율은 크게 차이가 없었던 반면 daidzein과 genistein과 같은 비당체의 비율이 전두부가 일반두부에 비해 약 2~5배 높았다. 또 12종 대두 이소플라본의 암예방 활성의 지표로 측정된 B[a]P 유도 EROD 저해활성이나 QR 유도 활성을 측정한 결과에서는 genistein, daidzein과 같은 비당체의 활성이 가장 높았는데, 이러한 활성들은 소수성, HIA, 상대적 전기음성도, 극성표면적과 같은 분자적 특성과 관련성이 높은 것으로 조사되었다. 따라서 이소플라본 함량이 높은 동시에 비당체의 비율이 높은 전두부는 일반두부에 비해 이소플라본의 생리활성, 생체이용성 및 약물동력학(pharmacokinetics) 측면에서 장점이 있을 것으로 사료된다.

이외에 비지의 발생이 없으면서 양질의 영양분을 그대로 가지고 있는 전두부의 다양화 측면에서 전두부를 원료로 하여 색을 가미한 유색두부, 두부와 어울리는 여러 가지 맛을 첨가한 맛 두부 및 발효두부에 주로 사용하는 곰팡이 균주를 순수배양하여 전두부에 접종한 후 발효 전두부의 가능성을 조사하였다.

여 백

# SUMMARY

## I. Title

Development of Environment Attractive *Chundubu*(whole soybean curd) using Microparticulated Soybean Powder

## II. Objective and Significance

Soybean (*Glycine max.*) is a crop belonging to the Leguminosae family. Although this history of cultivating this crop is not clear in Korea, it was recorded to have cultivated starting the early part of Three Nations, i.e., around the first century B.C. and was cultivated in Northeastern Asia including China, Korea and Japan until 1930 as an important source of protein. *Tofu* is formed by coagulating and pressing the heat extracted protein from soybean with water and was first made about 2100 years ago (B.C. 178-122) by Hinamwang Ryuan in the Han country of China. It was introduced in Korea before and at the end of Korye. With the recent finding that *Tofu* is effect for preventing cancer, cardiovascular disease, osteoporosis, and renal diseases, it is becoming popular. The amount of soybean, the ingredient of *Tofu* drawing interest by people, being consumed in Korea was 1.64 million tons as of 2001 with 500,000 tons being consumed as food and 135,000 tons being made into *Tofu*, which composes more than 30% of soybean used for food purposes.

Many studies were conducted on *Tofu* from the varieties of soybean, which is the main ingredient of *Tofu* to coagulation, compression, and packaging, covering the overall areas including chemical, physical,

microorganismal and sensory characteristics. Some of these topics included the general component of *Tofu*, the effects of soy milk concentration on *Tofu* shape at the time of heating, and the effects of heating time and coagulants, physical properties of *Tofu*, soaking time, phytic acid content, soy milk concentration, heating temperature, coagulant type, amount, coagulation temperature, speed of adding coagulant, coagulation time, and molding-compression. Although there were the study on physiologic and sensory characteristics of noodles added with dietary fiber prepared by dissolving soybean curd residue in a solvent, the study on compressing and shaping soybean curd residue to prepare intermediate food products, and the study on making the useful component in soybean curd residue into food product with the interest also placed in soybean curd residue, soybean soaking water, the byproduct of *Tofu*, it is still early to apply these products in practical settings.

Soybean curd residue generally results according to the usual method of making *Tofu*. However, the amount of soybean curd residue produced was more than the amount of soybean used with 160,000 tons, creating an environmental problem including the problem of handling waste water. In order to overcome this problem, *Chundubu* was prepared by dissolving microparticulated soybean powder in water and heating with a coagulant added. Although it offers the benefit of not creating the environmental problem for it does not produce soybean curd residue and containing all good components of soybean, it is not drawing interest from consumers since it has very rough texture unlike ordinary *Tofu*. Related with this subject, although texture was improved through a physical method in Japan having a significant amount of *Tofu*, consumption and various soybean varieties, no study was reported on the know how by manufacturers. Furthermore, no study was done on improving the texture of

*Chundubu* other than the study by Kim *et al* who prepared *Tofu* using whole soybean powder and the study by Ku *et al* who examined the effects of microparticulated soybean powder and preparation conditions on the texture of *Chundubu*.

This study was done to investigate the change in particle size, color and viscoelasticity of microparticulated soybean powder treated with complex enzyme for dissociation carbohydrate as the basic ingredient prepared to improve the texture of *Chundubu*. Final object is development of environment attractive *Chundubu* using microparticulated soybean powder without soybean residue.

### III. Scope

- Investigation of previous treatment condition on the soybean powder for texture improvement of *Chundubu*
  - Establishment of milling and previous treatment condition
  - Examination of effect factors on the *Chundubu* according to condition of tofu processing
  - Search of improvement technology on the *Chundubu* texture according to partial denaturation
  
- Preparation and quality Improvement of *Chundubu* using microparticulated soybean powder
  - Optimization of milling process on the microparticulated soybean
  - Establishment of optimum condition on the previous treatment for microparticulated soybean powder
  - Examination of processing condition of *Chundubu* using domestic soybean

- Physicochemical properties and preservation of *Chundubu*
- Development of processing technology and diversity of *Chundubu*
  - Development of optimum processing chart on the *Chundubu*
  - Efficacy on the useful content of *Chundubu*
  - Diversity of *Chundubu*

#### IV. Results and Recommendation

The effect of particle size, coagulant varieties and heating time on the yield and textural properties of *Chundubu*(soybean curd with microparticulaed whole soybean powder) with microparticulated soybean powder was investigated. The proximate composition of microparticulated soybean powder was similar with it of domestic and imported soybean. The mean particle sizes of MSPI(microparticulated soybean powder, USA) and MSPII(microparticulated soybean powder, Australian) were 56.38  $\mu\text{m}$ , 14.42  $\mu\text{m}$ , respectively. The optimum concentration of microparticulated soybean powder was investigated by central composite design and response surface methodology. The results showed that the highest yield in MSPI was obtained 6%, MSPII was obtained 8%, 10%. And the springiness of *Chundubu* was no significance between samples, the highest hardness of *Chundubu* showed 8% regardless of MSPI, MSPII. The single coagulants and concentration,  $\text{CaSO}_4$ , 1.0%, GDL 6%, Ca-gluconate 1.0% were higher value than other coagulants on the yield, springiness and hardness of *Chundubu*. The maximum yield of *Chundubu* prepared with mixed coagulants showed  $\text{CaSO}_4$ -GDL coagulant. According to microparticulated soybean powder, MSPII with composed little particle size was higher value than MSPI on the springiness and hardness of *Chundubu*. Among the mixed coagulants,  $\text{CaSO}_4$ -GDL and GDL-Ca-gluconate effected on the hardness of *Chundubu* with

MSPI , MSPII, respectively. The hardness of MSPI *Chundubu* was increased until 20 min according heating time, it was decreased more than 20 min, while the hardness of MSPII *Chundubu* was increased continuously.

This study was carried out to investigate particle size, color value and dynamic viscoelasticity of microparticulated soybean powder(raw material of *Chundubu*) according to enzyme treatment. *Chundubu*(soybean curd) is prepared with microparticulated soybean powder. The proximate composition of microparticulated soybean powder was similar with it of domestic, total mean particle sizes of MSPI(microparticulated soybean powder, USA) and MSPII(microparticulated soybean powder, Australian) were 56.40  $\mu\text{m}$  and 14.42  $\mu\text{m}$ , respectively. The effect of enzyme treatment on MSPI was more higher than it on MSPII in the reduction of mean particle size. Viscozyme, complex enzyme for digesting carbohydrate, was showed bigger effects than celluclast on the mean particle size reduction of microparticulated soybean powder. According to enzyme treatment time, it was showed particle size and specific surface decreasing until 1 hour and lag phase more than 1 hour. MSPI and MSPII treated with enzyme showed lower L, a, b value than control. The a value of samples was increased while b value of sample was decreased with enzyme treatment time. In the dynamic viscoelasticity, storage modulus( $G'$ ) of samples was higher than loss modulus( $G''$ ) according to increasing of temperature regardless of enzyme treatment.

Microparticulated soybean powder was produced by dry milling made in Korea. Particle size of soybean powder showed average 33.56 $\mu\text{m}$ , this size was bigger than MSPII(average size 14.42 $\mu\text{m}$ ) and more less than MSPI(average size 56.38 $\mu\text{m}$ ). But average particle size of whole soybean milk prepared by wet milling showed 240-245 $\mu\text{m}$ , its prepared by speed mill(colloid mill + cutting mill), was 165-198 $\mu\text{m}$ . Water holding capacity of whole soybean powder made in Korea was lower than imported soybean

powder. Hardness of *Chundubu* prepared by its powder was very similar to *Chundubu* made by imported MSPI and MSPIL.

Also, for improvement of *Chundubu* textural properties, it was tried *Chundubu* made soft-tofu method(uncompressed). The texture, color and springiness was a little difference other commercial soft tofu, but total acceptability was similar to commercial tofu. So, it could confirmed that soft-tofu type(uncompressed) method is better than general tofu(compressed type) method on the *Chundubu*(whole soybean tofu).

After it was produced *Chundubu*(uncompressed) with pilot scale, it was examined changes of pH, titratable acidity, turbidity and microbes during storage periods at 4°C and 30°C. The result of experimentation, it showed no difference on the pH, titratable acidity and etc. between *Chundubu* and commercial tofu.

Changes of particle size, isoflavone content was examined to enzyme treatment effect for *Chundubu* processing. In the isoflavone content of enzyme treated microparticulated soybean powder, the ratio on the glucoside and glucose complex with malonyl and acetyl compound was no difference between *Chundubu* and commercial tofu. While, in the daidzein and genistein, its of *Chundubu* had 2-5 times higher than its of commercial tofu. And index of cancer prevention activity of isoflavone is B[a]P induce EROD inhibition activity and QR(quinone reductase) induce activity. The result of this experimentation, the highest activity showed non-glycoside materials like genstein, daidzein on the EROD inhibition activity and QR activity.

To diversify of *Chundubu*, with whole good nutritious compounds and no soybean residue, it was examined colored tofu, flavored tofu and fermented tofu. The colored tofu was parpared with natural color, flavored tofu was made by addition various seasoning, suitable to *Chundubu*. And Fermented *Chundubu* was made by inoculation of pure fungi and aging.

# CONTENTS

SUMMARY .....	3
Summary .....	9
Chapter 1. Introduction .....	23
Chapter 2. Material and method .....	25
1. Material .....	25
2. Establishment of previous treatment processing and micro milling on the soybean .....	25
1) Proximate composition and isoflavone .....	25
2) Color and particle size .....	26
3. Examination of effect factors on the <i>Chundubu</i> according to condition of tofu processing .....	26
1) <i>Chundubu</i> preparation .....	26
2) Optimum concentration of microparticulated soybean powder .....	27
3) Effect of single coagulant, mixed coagulant and heating effect .....	28
4) Yield and texture analysis .....	30
5) Statistics analysi .....	30
4. Effect of additives .....	30
1) Selection of soymilk concentration and additives condition .....	30
2) <i>Chundubu</i> preparation according to various additives .....	31
3) Measurement of texture .....	31
5. Search of improvement technology on the <i>Chundubu</i> texture according to partial denaturation .....	31
1) Material .....	31

2) Dispersion stability and water holding capacity .....	32
3) Enzyme treatment .....	32
4) Color and particle size .....	33
5) Dynamic viscoelasticity .....	33
6. Optimization of milling process on the microparticulated soybean .....	33
1) Particle size and <i>Chundubu</i> preparation .....	34
2) Yield and textural properties .....	34
7. Establishment of optimum condition on the previous treatment for microparticulated soybean powder .....	34
1) Effect of dispersion and heating time, coagulant ratio on the <i>Chundubu</i> preparation .....	34
2) Effect of natural additives .....	35
3) Preparation and physical properties of <i>Chundubu</i> .....	35
4) Sensory evaluation .....	35
5) Effect of enzyme treatment on the microparticulated soybean powder .....	36
8. Examination of processing condition of <i>Chundubu</i> using domestic soybean .....	36
9. Pilot scale production and modification of <i>Chundubu</i> .....	37
10. Physicochemical properties and preservation of <i>Chundubu</i> .....	37
1) Sample preparation .....	37
2) pH, titratable acidity and turbidity .....	37
3) Microbes number .....	37
4) Textural properties .....	38
5) Measurement of <i>Chundubu</i> texture by scanning electron microscope .....	38
6) Flavor analysis by GC/MSD .....	38

11. Development of optimum processing chart on the <i>Chundubu</i> .....	39
12. Efficacy on the useful content of <i>Chundubu</i> .....	39
1) Free sugar and soy-oligosaccharide .....	39
2) Quantatitative analysis on the isoflavone content of  tofu .....	40
3) Activity correlation  isoflavone structure on the enzyme activity connected cancer prevention .....	41
① Molecular properties of isoflavone .....	41
② Cell lines and culture .....	41
③ Prohibition activity of Cytochrome P450 1 .....	42
④ Activity of Quinone reductase(QR) .....	43
13. Diversity of <i>Chundubu</i> .....	43
1) Colored <i>Chundubu</i> .....	43
2) Flavored <i>Chundubu</i> .....	44
3) Fermented <i>Chundubu</i> .....	44
 Chapter 3. Result and discussion .....	 45
1. Establishment of previous treatment and milling condition on the soybean .....	 45
2. Effect of tofu prepare condition on the <i>Chundubu</i> .....	46
3. Search of improvement technology on the <i>Chundubu</i> texture according to partial denaturation .....	 67
4. Optimization of milling process on the microparticulated soybean .....	80
5. Establishment of optimum condition on the previous treatment for microparticulated soybean powder .....	 86
6. Examination of processing condition of <i>Chundubu</i> using domestic soybean .....	 96
7. Pilot scale production and modification of <i>Chundubu</i> .....	99
8. Physicochemical properties and preservation of <i>Chundubu</i> .....	101

9. Development of optimum processing chart on the <i>Chundubu</i> .....	116
10. Efficacy on the useful content of <i>Chundubu</i> .....	119
11. Diversity of <i>Chundubu</i> .....	137
Reference .....	151

# 목 차

요 약 문 .....	3
Summary .....	9
제 1장 서론 .....	23
제 2장 재료 및 방법 .....	25
1. 재료 .....	25
2. 대두의 전처리 공정 및 미분쇄 조건 확립 .....	25
1) 일반성분과 이소플라본 .....	25
2) 색도 및 입도 .....	26
3. 두부 제조 조건이 전두부에 미치는 영향 인자 조사 .....	26
1) 전두부 제조 .....	26
2) 대두미세분말의 최적 농도 .....	27
3) 단일응고제, 혼합응고제 및 가열시간의 영향 .....	28
4) 수율 및 텍스처 측정 .....	30
5) 통계분석 .....	30
4. 첨가물의 영향 .....	30
1) 두유 농도, 첨가제 조건 선정 .....	30
2) 첨가제 종류에 따른 두부 제조 .....	31
3) 텍스처 측정 .....	31
5. 부분변성을 이용한 전두부 조직감 개선 기술 탐색 .....	31
1) 재료 .....	31
2) 분산안정성 및 수분 흡수 지수 .....	32
3) 효소 처리 .....	32
4) 색도 및 입도 .....	33

5) 점탄성 .....	33
6. 대두미세분말 분쇄 공정의 최적화 .....	33
1) 입도 측정 및 전두부 제조 .....	34
2) 수율 및 텍스처 측정 .....	34
7. 전두부용 미세분말의 전처리 최적 조건 확립 .....	34
1) 두부의 분산조건, 가열시간, 응고제 첨가 비율조사 .....	34
2) 천연첨가물의 영향 .....	35
3) 전두부 제조 및 물리적 특성조사 .....	35
4) 관능검사 .....	35
5) 효소처리가 대두미세분말에 미치는 영향 조사 .....	36
8. 국내산 두류를 이용한 전두부 제조 조건 조사 .....	36
9. 전두부의 pilot 규모 생산 및 보완 실험 .....	37
10. 전두부의 물리화학적 특성 및 저장성 조사 .....	37
1) 시료 제조 .....	37
2) pH, 산도 및 탁도 .....	37
3) 미생물수 .....	37
4) 조직감 측정 .....	38
5) 주사현미경에 의한 측정 .....	38
6) GC/MSD에 의한 향기 성분 분석 .....	38
11. 최적 전두부 제조 공정도 개발 .....	39
12. 전두부의 유용성분의 효율성 조사 .....	39
1) 유리당 및 대두올리고당 .....	39
2) 두부제품중 이소플라본의 정량 .....	40
3) 암예방 관련 효소 활성화에 미치는 이소플라본의 구조 활성관계 .....	41
① 이소플라본의 분자 특성 조사 .....	41
② 세포주 및 세포배양 .....	41
③ Cytochrome P450 1 저해활성 조사 .....	42
④ Quinone reductase(QR) 활성조사 .....	43

13. 전두부의 제품 다양화 .....	43
1) 유색두부 .....	43
2) 맛두부 .....	44
3) 발효두부 .....	44
제 3장 결과 및 고찰 .....	45
1. 대두의 전처리 및 분쇄 조건 확 .....	45
2. 두부 제조 조건이 전두부에 미치는 영향 인자 조사 .....	46
3. 부분변성을 이용한 전두부 조직감 개선 기술 탐색 .....	67
4. 대두의 미분쇄 공정의 최적화 .....	80
5. 전두부용 미세분말의 전처리 조건 확립 .....	86
6. 국내산 두류를 이용한 전두부 제조 조건 조사 .....	96
7. 전두부의 시제품 생산 및 보완실험 .....	99
8. 전두부의 물리화학적 특성 및 저장성 조사 .....	101
9. 최적 전두부 제조 공정도 .....	116
10. 전두부의 유용성분의 효율성 조사 .....	119
11. 전두부의 다양화 .....	137
참고문헌 .....	151

여 백

# 제 1 장 서 론

두부는 가용성 단백질을 물과 함께 가열 추출한 후 응고시킨 다음 압착 성형시킨 것으로 영양가가 높고 저렴한 고단백 식품으로서 약 2100년전(B.C. 178-122) 중국의 한나라 회남왕 류안이 처음 만든 것으로 알려져 있으며, 우리나라에는 고려말 또는 그 이전에 전파된 것으로 알려져 있다. 최근 두부는 대두가 암, 심장질환, 골다공증, 신장 질환 등에서 탁월한 예방 효과가 있다는 것이 발표되면서 대중 식품으로 확산되고 있다. 이렇게 각광을 받고 있는 두부의 원료인 대두는 1999년 기준으로 국내에서 소비되는 양이 총 164만톤이었고, 이중 식품으로 소비되는 양은 50만톤 정도였다. 식품용 대두중 두부에 제조에 이용된 양은 약 135,000톤으로 이 양은 식품용 대두의 약 30% 이상에 해당한다. 일반적인 두부 제조 방법은 부산물로 비지가 발생되는데 그 양이 원료 대두보다 많은 160,000톤 정도가 발생되어 폐수 처리 등 환경문제가 대두되고 있는 실정이다<sup>(1)</sup>.

두부에 관한 연구는 두부의 일반성분<sup>(2)</sup>, 가열시 두유농도가 두부 성상에 미치는 영향<sup>(3)</sup>, 가열시간 및 응고제가 미치는 영향, 두부의 물성, 수침시간, phytic acid 함량, 두유 농도, 가열온도 및 응고제 종류와 양, 응고온도, 응고제 첨가속도, 응고시간, 성형압력에 관한 연구 등<sup>(4-13)</sup> 두부 전반에 걸친 과학적인 연구가 되어 있다. 또한 부산물인 비지의 경우 50%의 당질과 식이섬유, 단백질 및 올리고당 이외에 사포닌, 플라보노이드 등의 양질의 영양성분을 갖고 있다. 두부와 함께 두부 부산물인 비지에도 관심을 가지면서 비지를 용매 처리하여 식이섬유를 제조한 후 이를 일정량 면류에 첨가하여 이화학적 및 관능적 특성을 조사한 연구, 비지를 압축 성형 시켜 중간 식품소재화한 것과 이외에 비지의 유용성분을 식품 소재화하기 위한 연구가 진행되고 있으나 아직 활용단계는 미비한 실정이다<sup>(14-17)</sup>.

한편 일반적인 두부 제조 방법은 부산물로 비지가 발생되는데 그 양이 원료 대두보다 많은 160,000만톤 정도가 발생되어 폐수 처리 등 환경 문제가 대

두되고 있는 실정이다. 이를 해결할 목적으로 미세분말화 시키 대두분은 물에 녹여 가열한 후 응고제를 가하여 제조하는 전두부의 경우 부산물인 비지의 발생이 없고 양질의 대두 성분을 그대로 함유하고 있어 환경문제를 유발하지 않는다는 장점이 있으나, 일반 두부 제품과는 달리 조직감이 매우 거칠어 소비자에게 크게 호응을 얻지 못하고 있다. 이에 관한 연구는 두부 소비 및 종류가 다양한 일본의 경우 효소처리 또는 물리적인 방법에 의하여 조직감을 개선한 것이 있으나, 기업내 knowhow로서 발표된 것이 없고, 현재까지 발표된 논문은 김 등<sup>(18)</sup>의 전지 대두분을 이용하여 두부를 제조한 것 이외에는 거의 없다.

본 연구는 부산물인 비지의 발생이 없으면서 일반 두부의 조직감을 갖는 전두부 상품화 기술을 최종 목표로 1차년도에는 전두부의 조직감 개선을 위한 대두 분말 처리 조건 규명, 2차년도에는 대두 미세분말을 이용한 전두부 제조 및 품질 향상을 목표로 하였고, 3차년도에는 전두부의 상품화 기술 개발 및 제품 다양화에 중점을 두어 수행을 하였다.

## 제 2 장 재료 및 방법

### 1. 재료

두부용 대두로 사용하는 국내산(백태)는 농협에서 구입하였고, 수입산(미국산)은 강릉초당두부에서 제공받았다. 또 전두부의 원료인 대두미세분말은 입도 크기가 다른 MSPI(microparticulated soybean powder, USA)와 MSPII(microparticulated soybean powder, Australian)을 구입하여 시료로 이용하였다. 응고제와 소포제는 일반적으로 두부제조에 이용하는 4종의 응고제( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , Glucono- $\delta$ -lactone, Calcium Gluconate, Sigma Co.)와 실리콘 소포제(엘에스-303, 한국다우코닝)를 사용하였다.

### 2. 대두의 전처리 공정 및 미분쇄 조건 확립

두부용 대두로 사용하는 국내산(백태) 및 수입산(미국산) 대두를 이용하여 탈피 공정을 완료한 후 미분쇄 및 분급 공정에 투입하였다. 또 전두부용 대두 미세분말은 MSPI(200mesh) 및 MSPII(325mesh)로 냉동 분쇄하였고, 중간 크기의 시료 분급은 Fluidized bed opposed jet mill(Model 100AFG, Alpine Aktiengesellschaft Augsburg, Germany)을 이용하여 CWS(cut-off wheel speed) 5,000rpm에서 분급하였다.

#### 1) 일반성분과 isoflavone

대두 일반성분은 대두를 100 mesh 정도로 분쇄하였고, 대두미세분말은 전처리 없이 AOAC방법<sup>(19)</sup>에 의하여 분석하였다. 수분은 105℃에서 항량이 되도록 건조하여 정량하였으며, 단백질은 microkjeldhal법에 의하여 조단백질을, 지방은 soxhlet 추출법, 회분은 550℃에서 회화시켜 정량하였다. 또 각 시료의 isoflavone 함량은 HPLC(Jasco, Japan)로 정량하였다. 이때 사용한 column은 Xterra™ RP<sub>18</sub> column(5  $\mu\text{m}$ , 4.6×250 mm), detectors 254 nm, 유속 1 ml/min, injection volume은 20  $\mu\text{l}$ 로 하였으며, 이동상은 20% methanol에서 시작하여

60% methanol로 65분간의 gradient로 분석하였다. 시료의 전처리는 대두 1 g 당 1 N HCl 20 mL로 환류장치상에서 1시간 가수분해한 후 4배의 methanol을 첨가하여 최종 농도가 80% methanol로 제조하였다. 이 용액을 5000 rpm에서 10분간 원심분리(4℃)하여 상등액을 취한 후, 0.45  $\mu$ l filter로 여과한 것을 시료로 사용하였다. 각 시료의 isoflavone 함량은 표준품인 genistein(Sigma, Co. USA), daidzin(Sigma, Co. USA), genistin(Sigma, Co. USA), daidzein(Wako, Co. Japan)의 표준 정량곡선으로부터 환산하였으며, 3회 이상의 반복시험에서 평균값으로 나타내었다.

## 2) 색도 및 입도

대두미세분말의 색도는 백색지 10매 위에 직경 5 cm, 높이 5 mm의 원형 플라스틱틀을 놓고 색도계(CE-310, Macbeth, Minolta, Japan)를 이용하여 측정하였고, 입도의 경우는 분말 0.3g을 증류수 5 mL에 용해시킨 후 입도 분석계(Cilas 1064, France)로 측정하였다. 이때 각각의 값은 3회 반복한 평균치로 하였다.

## 3. 두부 제조 조건이 전두부에 미치는 영향 인자 조사

### 1) 전두부(압착형) 제조

대두미세분말(MSPI, MSPII)을 증류수로 두유 농도가 6~10% 되도록 1 L를 제조하고, 균질기(Omni 5000, U.S.A.)로 5분간 교반한 다음 소포체를 대두액 양의 0.05% 첨가하여 전두부의 원료인 두유를 제조하였다. 균질화된 두유를 용기에 담아 밀봉하고, 95℃ 이상에서 10분간 가열한 후 10%로 각각 제조한 단일 및 혼합 응고제 용액을 첨가한 다음 80℃ 항온수조에서 약 4~5분간 방치시켜 응고시켰다.

압착형 전두부의 성형은 일정한 구멍이 뚫린 PVC 원통(지름 6cm, 높이 6.5cm)에 두겹의 cheese cloth를 놓은 다음 전두부 응고액을 성형틀에 붓고

성형틀 내부에 누름추(지름 5 cm, 높이 2.4 cm, 무게 380 g)로 20분간 압착 성형하였다.

## 2) 대두미세분말의 최적 농도

압착형 전두부 제조를 위한 두유의 최적 농도를 조사하기 위하여 반응표면분석법(response surface methology, RSM)<sup>(20)</sup>을 사용하였다. 중심합성계획(central composite design)에 의한 독립 변수의 실험 계획은 Table 1과 Table 2와 같이 대두미세분말과 단일응고제중  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 를 선정하고, 3단계로 부호화하여 전두부를 제조한 후 수율 및 조직감을 측정하였다.

Table 1. Actual value of coded level of independent variables for experimental design of microparticulated soybean powder and coagulant concentration

$X_i$	Independent variables	Coded levels		
		-1	0	1
$X_1$	Microparticulated soybean powder concentration(%)	6	8	10
	Coagulant concentration (% , $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )	0.8	1.0	1.2

Table 2. Actual value of composite design metrics of independent variables for experimental design of microparticulated soybean powder and coagulant concentration

Design point	Independent variables	
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>
1	-1(6)	-1(0.8)
2	-1(6)	1(1.2)
3	1(10)	-1(0.8)
4	1(10)	1(1.2)
5	0(8)	0(1.0)
6	1(10)	0(1.0)
7	-1(6)	0(1.0)
8	0(8)	0(1)
9	0(8)	-1(0.8)

### 3) 단일 응고제, 혼합응고제 및 가열시간의 영향

단일응고제의 첨가 영향은 4종의 응고제를 10% 용액으로 제조한 후 전두부(압착형)를 제조에 이용하였다. 이때 단일응고제의 첨가량은 응고가 어느 정도되는 점을 기준으로 3단계로 첨가량 범위를 넓혀 전두부를 제조한 후 수율과 조직감을 측정하였다. 혼합 응고제는 단일 응고제가 전두부 수율과 조직감에 미치는 영향을 조사한 결과 최적 농도라고 선정된 응고제의 소요량을 1로 하고 혼합 비율별(1:0, 0.75:0.25, 0.5:0.5, 0.25:0.75, 0.1)로 10% 용액을 제조하여 사용하였다. 전두부의 수율과 조직감에 중요한 인자가 되는 혼합 응고제와 두유의 가열시간을 반응표면분석법(response surface methodology, RSM)을 사용하여 Table 3과 Table 4와 같이 실험계획을 하였다. 즉 두유의 가열시간(

$X_1$ ), 혼합 응고제 비율( $X_2$ )을 5단계로 부호화한 후 중심합성계획에 따라 전두부를 제조하고 수율과 조직감을 측정하였다.

Table 3. Actual value of coded level of independent variables for experimental design of heating time and mixed coagulant ratio

$X_i$	Independent variables	Coded levels				
		-1.414	-1	0	1	1.414
$X_1$	Heating time(min)		10	20	30	34.14
$X_2$	Mixed coagulant ratio	1:0	0.75:0.25	0.5:0.5	0.25:0.75	0:1

Table 4. Actual value of composite design metrics of independent variables for experimental design of heating time and mixed coagulant ratio

Design point	Independent variables	
	$X_1$	$X_2$
1	-1(10)	-1(0.75:0.25)
2	-1(10)	1(0.25:0.75)
3	1(30)	-1(0.75:0.25)
4	1(30)	1(0.25:0.75)
5	0(20)	0(0.5:0.5)
6	1.414(34.14)	0(0.5:0.5)
7	0(20)	1.414(1:0)
8	0(20)	-1.414(0:1)

#### 4) 수율 및 텍스처 측정

전두부(압착형)의 수율은 원료 두유로부터 제조된 응고물을 성형시킨 후 누름추를 제거한 즉시 무게를 측정하여 이 값을 대두미세분말(Microparticulated soybean powder) 1 g당 얻어진 두부의 무게로 하였다. 텍스처 측정은 수율을 측정한 후 24시간 상온에서 유지시킨 후 일정 크기(가로 2 cm×세로 2 cm×높이 1 cm)로 절단한 후 Texture analyzer(Model TA XT-2, Stable Micro Systems, Ltd. England)로 TPA test를 행하였다. 이때 측정조건은 probe;  $\phi$  35 mm, graph type; force vs time, force threshold 300 g, test speed; 1.0 mm/s strain; 30%였으며, 각 실험은 16회 반복한 평균치를 구하였다.

#### 5) 통계분석

중심합성계획에 의한 실험결과는 SAS<sup>(21)</sup> program을 이용하여 분산분석과 anova test를 실시하였고, 또 전두부의 물리적 특성인 단단함, 탄력성 등을 회귀분석하여 model식을 유도하고, 두유의 농도, 혼합 응고제 및 가열시간의 영향 정도를 분석하였다.

### 4. 첨가물의 영향

#### 1) 두유 농도, 첨가제 조건 설정

일정농도의 대두액에 대두분산액의 0.5%에 해당하는 gellan gum을 분말 형태로 첨가하여 homogenizer(OMNI 5000, U.S.A) 1단으로 5분간 균질화하여 0.05% 소포제 첨가하고 20분간 밀폐용기에서 가열하였다. 준비된 두유액에 실험에 의하여 결정된 혼합응고제(0.6% GDL: 1.0% Ca-Gluconate = 0.75:0.25)를

첨가하여 80℃ 항온수조에서 40분간 응고, 20분간 냉각시켜 전두부(비압착형)를 제조한 후 각각의 특성 정도를 focus group에 의하여 관능평가를 실시하였다. 이때 선정된 gellan gum은 gelling agent중에 비교적 고온에서 견디는 첨가제이므로 가열하여 섭취하는 두부 특성상 우선 선정하여 실험을 하였다.

## 2) 첨가제 종류에 따른 전두부(비압착형) 제조

대두액을 12%로 조절한 후 homogenizer(OMNI 5000, U.S.A) 1단으로 5분간 균질화하여 0.05% 소포제 첨가하고 20분간 밀폐용기에서 가열하였다. 제조한 두유 100ml에 일정농도의 0.5% gelling agent용액을 첨가한 즉시 5초간 균질화시킨 다음, 혼합응고제(0.6% GDL: 1.0% CaSO<sub>4</sub> = 0.75:0.25)로 80℃ 항온수조에서 40분간 응고, 20분간 냉각시켰다. 이때 사용한 첨가제는 alginate, carrageenan, gellan gum, pectin, sodium alginate(Sigma. co)를 선정하여 0.5%로 잘 용해시킨 후, 80℃로 유지시키면서 사용하였다.

## 3) 텍스처 측정

텍스처 측정은 앞의 압착형 전두부의 조건과 동일하게 하였다.

# 5. 부분변성을 이용한 전두부 조직감 개선 기술 탐색

## 1) 재료

대두는 국내산(백태)으로 충남 서산시 부석면에서 재배된 것을 농협에서 구입하였고, 대두미세분말은 입도 크기가 다른 MSPI(microparticulated soybean powder, USA)와 MSPII (microparticulated soybean powder, Australian)을 구입하여 시료로 이용하였다. 효소는 식품산업에서 이용되고 있는 복합효소인 viscozyme과 celluclast(Novo Nordisk Co., Denmark)를 사용하였다. Viscozyme은 arabinase, cellulase,  $\beta$ -glucanase, hemi-celullase와 xylanase를 포함한 탄수화물 분해 효소로 *Aspergillus* group에서 선별된 strain

으로 제조된 것이며, 최적 pH는 3.5~5.5, 최적 반응 온도는 40~50℃, 효소 활성은 120 FBG(fungal beta glucanase)/mL였다. 또 celluclast는 cellulose 분해 효소로 *Trichoderma reesei* 효모에서 선별된 strain으로 제조된 것으로 최적 pH는 4.8, 최적 반응온도 40℃, 효소 활성은 1500 NCU(Novo cellulase unit)/g 이었다.

## 2) 분산 안정성 및 수분 흡수지수

분산안정성은 8% 대두미세분말액을 균질기(Omni5000, USA)로 5분간 교반한 후 가열하지 않은 미세분말액과 100℃에서 20분간 가열한 대두미세분말액을 100 mL mass cylinder에 각각 분주한 다음 24시간 정치하여 가라앉은 침전물의 높이를 구하였다<sup>(22)</sup>. 수분흡수지수(water holding capacity)는 대두분말 1 g을 50 mL 미리 무게를 구해 놓은 원심분리관에 넣고 증류수를 30 mL 첨가하여 30초간 균질화하여 37℃ 항온기에서 1시간 동안 진탕한 현탁액을 원심분리기(Beckman, J-25 I, U.K.)로 11,000 rpm, 4℃에서 1시간 동안 원심분리 하였다. 상등액을 제거한 원심분리관은 15분간 drain한 후 무게를 측정하였고, 각각의 실험은 세 번씩 2회 반복하여 나온 결과를 환산하였다<sup>(23, 24)</sup>.

## 3) 효소 처리

전통적인 두부 제조에 사용하는 두유의 경우는 국내산 대두를 24시간 침지한 후 분쇄하여 준비하였고, 대두미세분말은 8%(pH 6.5)로 조정하여 분산시킨 후 각각 100 mL를 비이커에 취하고, 효소 액(viscozyme, celluclast)을 0.1, 0.5, 1%농도로 첨가하여 잘 혼합한 후 교반 항온 수조에서 대두액은 1시간 동안 반응시키고, 대두 미세분말액은 0~3시간까지 반응시켰다. 이때 반응온도는 50℃였고, 30분간격으로 두유액을 꺼내어 100℃ 5분간 가열하여 효소를 불활성화시킨 후 입도, 색도 및 점탄성을 측정하였고, 대조구는 효소 처리를 하지 않은 대두미세분말을 동일하게 반응시킨 것을 시료로 이용하였다.

#### 4) 색도 및 입도

대두미세분말의 색도는 백색지 10매 위에 직경 5 cm, 높이 5 mm의 원형 플라스틱틀을 놓고 색도계(CE-310, Macbeth, Minolta, Japan)를 이용하여 L, a, b값을 측정하였고, 입도의 경우는 분말 0.3 g을 증류수 5 mL에 용해시킨 즉시 입도 분석계(Cilas 1064, France)로 누적 평균 직경과 표면적을 측정하였다. 이때 각각의 값은 3회 반복한 평균치로 하였고, 표면적 증가는 효소 처리하지 않은 대두 미세분말액을 차감하여 표시하였고, 결과는 SAS program을 이용하여 분석하였다.

#### 5) 점탄성

효소처리된 대두미세분말액과 대조구의 점탄성은 advanced rheometric expansion system(Rheometric scientific 2ARS-11A, UK)를 이용하여 측정하였다. 선형 점탄성(linear viscoelasticity) 구간을 결정하기 위하여 저장 탄성률(storage modulus:  $G'$ )과 손실탄성률(loss modulus:  $G''$ )을 변형에 대하여 0.1~20% 범위까지 측정 후 선형성(linearity)을 보인 10%를 적정 변형으로 선정하여 temperature sweep test를 30~70°C 범위에서 실시하였다. 실험 조건은 plate 직경 50 mm parallel plate, frequency 10 rad/sec, heating bath는 분당 5°C씩 상승시켰으며, 이때 측정된 값은  $G'$ 와  $G''$ 를 온도의 함수로서 좌표에 나타내었다.

#### 6. 대두 미세분말 분쇄 공정의 최적화

전두부용 대두미세분말의 경우 대부분 수입에 의존하고 있으므로 이를 국내에서 제조하고자 국내 분쇄업체에 의뢰하여 분말을 제조하였다. 탈피반할두는 (주)정식품에서 제공받아 분쇄업체인 한성분체와 (주)현준과우텍에 의뢰하여 대두미세분말로 제조하였다. 이 때 제조 조건은 한성분체의 경우는 습식법으로 colloid mill과 cutting milling을 혼합한 형태의 기계로 불린 콩을 넣으면 200mesh이하의 진한 대두액이 형성되어 나오는 방식이고, (주)현준과우텍은 건식법으로 impact mill로 공기에 의해 분말이 제조하여 시료로 사용하였다.

## 1) 입도 측정 및 전두부(압착형) 제조

입도의 경우는 분말 0.3g을 증류수 5 mL에 용해시킨 후 입도 분석계 (Cilas 1064, France)로 측정하였고, 이때 각각의 값은 3회 반복한 평균치로 하였다. 한편 제조된 미세분말을 이용하여 mesh별로 구분하여 일반두부 및 전두부를 제조하여 비교 조사하였다. 대조구로는 전통적인 두부 제조 방법을 적용하여 탈피된 대두를 24시간 수침한 다음 증류수를 대두:물=1:9로 첨가한 후 5분간 blender(Braun, MX 2000, Mexico)로 분쇄하고 여과시킨 용액을 두부액으로 하였다. 이때 두유 농도는 약 8-9%로 조절하였고, 제조 공정은 전두부 제조 공정과 동일하게 실시하였다. 즉 8%정도로 미세분말 두부액을 만든후 균질기 (Omni 5000, U.S.A.)로 5분간 교반한 다음 소포제를 대두액 양의 0.05% 첨가하여 전두부의 원료인 두유를 제조하였다. 균질화된 두유를 용기에 담아 밀봉하고, 95℃ 이상에서 10분간 가열한 후 CaSO<sub>4</sub> 응고제를 1% 첨가한 다음 80℃ 항온수조에서 약 4~5분간 방치시켜 응고시켰다. 압착형 전두부의 성형은 앞의 전두부 제조 방법과 동일하게 하였다.

## 2) 수율 및 텍스처 측정

압착형 전두부의 수율은 원료 두유로부터 제조된 응고물을 성형시킨 후 누름추를 제거한 즉시 무게를 측정하여 이 값을 대두미세분말 (microparticulated soybean powder) 1 g당 얻어진 두부의 무게로 하였다. 텍스처는 앞의 압착형 전두부 측정 조건과 동일하였다.

## 7. 전두부용 미세분말의 전처리 최적 조건 확립

1차년도 연구결과를 기초로 하여 미세분말의 전처리 최적 조건 확립을 위하여 아래와 같이 실험을 진행하였다.

### 1) 두유의 분산조건, 가열시간, 응고제 첨가 비율 조사

비압착형 전두부의 경우 전두부 원료인 대두미세분말 8%를 5분간 균

질화한 후 소포제 0.05%를 첨가하고, 여러 혼합 응고제별 전두부용 최적 제조 조건을 조사하였다.

## 2) 첨가물의 영향

비압착형 전두부의 경우 합성 gelling agent이외에 천연 gelling agent인 난백 분말을 전두부 제조시 두유액에 0.9~7.2%까지 첨가하면서 그 영향을 조사하였다.

## 3) 전두부 제조 및 물리적 특성조사

전두부는 시판되고 있는 일반두부와는 큰 차이가 있으므로 본 연구 과제 목표인 일반두부와 유사한 전두부 상품화 기술 개발을 위하여, 본 연구과제의 참여기업인 강릉 초당두부의 두부 제조 방법의 독특함을 살려 응고제로 해수를 사용하였다. 해수를 이용하여 제조된 일반 두부를 제공받아 압착형 전두부와의 조직감을 비교한 후 전두부 제조에 적당한 압착 조건을 조사하였다. 이때 전두부는 대두 미세분말을 8%로 제조한 후 최적 조건으로 선정된 효소처리, 가열시간 등의 조건으로 제조하였다. 압착 및 성형조건은 제작한 두부틀(22.2cm × 17.9cm × 15cm)에 전처리된 두유액을 넣은 후 하루 냉장보관한 시제품 두부 수액의 염도를 측정하여 해수첨가량을 두유 1L당 250ml로 하여 누름추를 참여업체와 동일한 방법으로 1분 간격으로 압착을 10-20회 실시하고, 침지 시간에 따른 압착형 전두부의 텍스처와 두부 침지액의 염도 변화를 측정하였다. 이 때 염도변화는 Mohr법으로 실시하였고, 조직감은 일정크기로 절단하여 texture analyser로 압착형 전두부 측정방법과 동일하게 조사하였다.

## 4) 관능검사

MSPI(200mesh)와 MSPII(325mesh)로 압착형 전두부와 비압착형(연두부형) 전두부를 제조한 후, 시판되고 있는 두부(P사 단단한 두부, P사 연두부)와 비교 평가하였다. 응고제는 1차년도에서 최적조건으로 설정된 혼합응고제(0.6% GDL+ 1.0% CaSO<sub>4</sub>), 1% CaSO<sub>4</sub>(Sigma, Co)와 강릉초당두부로부터 제공

받은 해수를 사용하였고, 묘사분석 후 조직감과 기호도를 고려하여 응고제를 달리하여 두부를 제조하였다. 즉 전두부는 두유액 8%에 혼합응고제 및 해수를 사용하여 미리 선정된 방법으로 제조하였고, 연두부는 12% 두유액에 응고제를 3가지로 나누어 해수, 해수+ CaSO<sub>4</sub>, CaSO<sub>4</sub>를 두유 100ml 당 각각 해수 15ml, 해수 8ml+0.2% 응고제, 응고제 1%를 첨가한 후 80℃에서 40분간 유지한 후 냉각시킨 다음 관능평가를 실시하였다. 관능평가 요원은 한식연의 연구원으로 본 과제에 관심이 있고 두부 특성의 차이를 식별할 수 있는 연구원 10명을 최종 선정 및 훈련하여 묘사 분석 및 차이 식별 검사를 실시하였고, 관능평가에 제시된 시료의 크기는 3×3×3cm였으며, 시료의 제시온도는 상온으로 하여 오후 3시에 평가를 진행하였으며 분산분석과 Duncan의 다범위 검정으로 분석하였다.

## 5) 효소처리가 대두미세분말에 미치는 영향 조사

효소 처리의 경우 단백질 분해효소 20종과 섬유질 분해효소 6종 중에 섬유질 분해효소는 viscozyme, cellulast 1.5L (NOVO enzyme), 태평양의 cellulase를 사용하였고, 단백질 분해효소인 peascalse (Gist-Brocades), maxazyme NNP(Gist-Brocades)의 효과를 확실히 보기 위하여 전통적인 두부 제조 방법에서 사용하는 두유액 즉 대두를 24시간 침지하고 마쇄한 후 여과한 두유액을 원료로 각각의 효소를 0.1~ 1%씩 첨가하여 입도 크기 및 점도의 변화를 조사하였다. 이때 입도크기는 입도 분석계(Cilas 1064, France)로 측정하였고, 이때 각각의 값은 3회 반복한 평균치로 하였다.

## 8. 국내산 두류를 이용한 전두부 제조 조건 조사

국내산 두류인 백태, 쥐눈이 콩 및 흑태를 구입하여 탈피한 후 일반 두부를 제조하여 물리적 특성을 조사하고, 입자 크기별(100-200mesh)로 분쇄하여 압착형 전두부를 제조한 후 물리적 및 관능적 특성을 조사하였다.

## 9. 전두부의 대량규모의 생산 및 보완실험

1차년도 및 2차년도 연구결과를 기준으로 pilot 규모의 생산 및 현장내 발생하는 문제를 조사하였다. 이때 사용한 대두미세분말은 입도 크기는 비교적 가격도 저렴하고, 쉽게 구할 수 있는 MSPI(200 mesh)을 이용하였다.

## 10. 전두부의 물리화학적 특성 및 저장성 조사

### 1) 시료 제조

위의 방법과 동일하게 제조된 비압착형(연두부형) 전두부를 제조한 후 시판되고 있는 두부와 저장기간에 따른 변화를 조사하였다. 실험을 용이하게 하기 위하여 전두부 제조용 두유액에 응고제를 3종류로 나누어 해수, 해수+CaSO<sub>4</sub>, CaSO<sub>4</sub>를 두유 100ml당 해수 15ml, 해수+0.2% CaSO<sub>4</sub>, 1% CaSO<sub>4</sub>를 첨가하여 완전 균질화 한 후 이 용액을 polypyropylene film에 넣고 진공 포장한 후 두부 제조 조건으로 제조한 후 냉각하였다. 이렇게 제조된 전두부 용액을 두부의 유통온도인 30℃와 0℃에서 저장하면서 저장성을 조사하였다.

### 2) pH, 산도 및 탁도

pH의 경우 pH meter(Corning 440)를 사용하여 시료 원액을 교반하면서 직접 측정하였고, 적정산도는 비압착형(연두부형) 전두부 10g과 증류수 20ml를 가하여 1분간 마그네틱바로 혼화시킨 후 0.1N NaOH로 중화될 때까지 적정하였다. 또한 전두부 현탁액의 탁도는 두부 10g과 증류수 20ml를 가하여 1분간 혼화시킨 후 Toyo여지 No.2로 여과하고 여액의 흡광도를 비색계(Jasco, V-550)로 600nm에서 측정하였다.

### 3) 미생물수

두부의 미생물수는 마쇄한 두부를 멸균생리식염수를 이용하여 10진법으로 희석한 후 호기성 세균은 Trypic soy agar(Difco)로 30℃에서 1일간 평판 배양 후 colony counter로 계수하였고, 혐기성 세균은 APT agar(Difco)로

Anaerobic Jar(2.5L)에서 Anaerocult A(gas generator system, Merck)를 넣어 혐기상태를 유지하며 30℃에서 1일간 평판배양 후 colony counter로 계수하였다.

#### 4) 조직감 측정

텍스처 측정은 비압착형(연두부형) 전두부를 제조한 후 24시간 상온에서 유지시킨 후 texture analyzer(Model TA XT-2, Stable Micro Systems, Ltd. England)로 TPA test를 행하였다. 이때 측정조건은 probe;  $\Phi$  35 mm, graph type; force vs time, force threshold 300 g, test speed; 1.0 mm/s strain; 10%였으며, 각 실험은 16회 반복한 평균치를 구하였다.

#### 5) 주사전자현미경에 의한 조직감 측정

전두부를 제조하여 동결건조한 후 주사전자현미경(S-2380N Scanning electron microscope, Hitachi, Japan)을 이용하여 전두부의 조직을 조사하였다. 관찰시료는 양면 테이프를 알맞은 크기로 잘라 표본대에 부착한 후, 그 위에 동결건조된 두부를 0.5mm이하로 날카로운 칼로 절단하여 부착하였다. 준비된 표본은 SEM ion sputter coater를 이용하여 gold-palladium 층으로 진공상태에서 50초간 코팅시켰으며 시료의 형태는 18kV의 accelating voltage에서 관찰하여 촬영하였다.

#### 6) GC/MASS에 의한 향기 분석

전통적인 일반 두부와 대두미세분말로 제조한 전두부의 향기 성분을 분석하기 위하여 SPME(solid phase microextractio)방법에 의하여 GC/MSD로 분석하였다. 전통적인 두부의 원료인 두유액과 전두부의 원료인 대두미세분말액을 10 ml headspace vial에 5ml를 넣은 후 stir plate를 이용하여 계속 교반하면서 향기 성분을 추출하였다. 이때는 30℃로 하였고, 사용한 SPME fiber는 50/30um DVB/carboxen/polydimethylsiloxane Stable fiber를 부착하여 30분간 흡착시켰다. 흡착된 향기 성분을 탈착시키기 위하여 inject의 온도는 250℃에서 3분간 가열 탈착을 실시한 후 비흡착 물질을 제거하기 위하여 250℃에서 30분

간 conditioning시켰다. 이때 사용한 GC는 HP 5890, 컬럼은 DB-5 fused silica capillary column(60 x 0.32 mm I.D.), 이동상은 헬륨 가스로 분당 1.2 mL/min, 오븐 온도는 50분에서 3분간 유지시키다가 분당 5°C씩 250°C까지 올린 후 10분간 유지시켰다. 또 GC/MSD는 HP 5973, scan range는 50-500 amu, interface/source/quad은 280°C/150°C/65°C로 하였고 다른 조건은 GC와 동일하게 설정하였으며, 분석되어 나온 chromatogram상의 향기 성분은 wiley spectrum과 비교하여 확인하였다.

## 11. 최적 전두부 제조 공정 기술 개발

1, 2차 년도 연구 결과 및 시제품 생산으로 전두부의 최적 제조 공정을 개발하였다.

## 12. 전두부의 대량 생산 및 유용 성분의 효율성 조사

시제품을 생산한 후 이들의 저장성과 각 전처리에 의한 유용 성분의 효율성을 조사하였다.

### 1) 유리당 및 대두올리고당

전두부의 원료인 효소처리에 따른 대두미세분말액(12%) 30ml에 10% lead acetate 용액을 6ml 첨가하고 12,000 x g에서 10분간 원심분리(Beckman Co.)한 다음 상등액을 취하여 10% oxalic acid를 2ml 다시 첨가하여 같은 조건에서 10분간 원심분리하여 상등액을 취하였다. 이 상등액을 Sep-Pak C<sub>18</sub> cartridge(Waters)를 통과시키고 여과(pore size 0.2 $\mu$ m)한 것을 시료로 하여 YMC polyamin II column(4.6×250mm)를 사용하여 분석하였다. 이때 시료는 20 $\mu$ l를 주입하여 2ml/min로 이동시켰으며 이동상은 탈기한 75% acetonitrile(Fisher Co.) 이었다. Fructose, glucose, sucrose, raffinose 및 stachyose 함량은 HPLC로 분석한 면적비를 표준 검량 곡선에 적용하여 산출하였다.

## 2) 대두 및 두부중 이소플라본의 정량

### ① 이소플라본 추출

지방과 수분을 제거한 두부시료 1 g을 취하여 80% methanol 100 mL에 잘 섞어 30분간 sonication시켜 추출하였다. 이를 4°C, 3600rpm에서 15분간 원심분리시키고, 여과지(Whatman No. 4)를 이용하여 여과하였다. 상기 과정을 2회 반복한 후, 회전진공농축기를 이용하여 감압농축한 다음 80% methanol 5 mL에 용해하고 0.2  $\mu$ m membrane 필터를 통과시켜 HPLC 분석용 시료로 사용하였다.

### ② HPLC에 의한 이소플라본 분석

대두분 및 두부시료의 이소플라본 함량 및 조성은 아래와 같다. 이때 HPLC의 조건은 주입량 20  $\mu$ L, 컬럼 XTerra<sup>TM</sup> RP (4.6 mm  $\times$  25 cm), 이동상 A 0.1% acetic acid를 함유한 water, 이동상 B 0.1% acetic acid를 함유한 acetonitrile, 이동속도 1.0 mL/min, 검출기 UV detector 245 nm이었다. 이동상의 비율은 A와 B의 비율을 82:18로 하여 분석을 시작하였고, 이후 15분까지 A와 B의 비율을 75:25가 되도록 변화시켰다. 그 다음 25분 동안은 A와 B의 비율이 50:50, 그 다음 15분 동안은 20:80이 되도록 직선적으로 증가시키는 조건을 사용하였다.

#### HPLC conditions for isoflavone analysis

Description	Condition
Column	XTerra <sup>TM</sup> RP18.5 $\mu$ m 4.6 $\times$ 250mm Column W11851D 024, USA
Column oven temperature	Room temp.
Mobile phase	0.1% acetic acid in water 0.1% acetic acid in acetonitrile
Detector	UV detector (254nm)
Flow rate	1.0 mL/min
Run time	85min
Sample injection volume	20 $\mu$ l
Composition of mobile phase	82:18(0.1% acetic acid in water : 0.1% acetic acid in acetonitrile) → 75:25 (for 15min) → 50:50(for 25min) → 20:80(for 15min) → 50:50(for 15min) → 82:18(for 15min)

### 3) 암예방 관련효소 활성화에 미치는 이소플라본의 구조-활성 관계

#### ① 이소플라본의 분자 특성 조사

12종 대두 이소플라본의 분자 특성으로 구조적인 특성, 물-옥타놀 분배 계수(Clog P) 및 용해성(ASlogS)과 같은 물리화학적 특성, 흡수정도를 나타내는 예측 파라미터(세포막 투과도, 장내 흡수도), 분자의 극성표면적, 상대적 전기음성도(Balaban index) 등을 EILSTEINE, DIPPR, MRCK, HOPOC, HSDB, PhysProp, PreADME, TRCTHERMO와 같은 데이터베이스를 이용하여 산출하였다.

#### ② 세포주 및 세포배양

세포주 배양 실험에 이용된 세포주(cell lines)는 HepG2(hepatoma, human)로 ATCC로부터 분양받아 사용하였다. 세포 배양시 사용된 배지는 MEM(mimimum essential medium)을 사용하였다. 배양 플라스크, 피펫, microplate(96-well) 등은 멸균된 제품들을 이용하였으며, 배양병 등 초자기구들은 autoclave에서 121°C, 15 lb에서 15분간 가압 멸균한 후 사용하였다. 배지는 3차 증류수로 용해한 후 sterilized filter(0.22  $\mu\text{m}$  pore size)로 여과하여 멸균한 다음 10% fetal bovine serum과 1% streptomycin-penicilline을 첨가하여 이용하였으며, 세포 세척 및 계대 배양시 37°C를 유지하면서 사용하였다.

세포의 종류에 따라 anchorage-dependent한 세포는 배양 플라스크 바닥에 confluent하게 자랐을 때 부착된 세포를 분리하여 이용하였고, anchorage-independent한 세포의 경우 배지에 confluent하게 부유되었을 때 assay에 이용하였다. 배지가 담긴 배양 플라스크에 여러 종류의 세포를 각각 37°C, 5% CO<sub>2</sub>를 유지하면서 CO<sub>2</sub> incubator에서 배양하였다. Anchorage-dependent한 세포는 배지를 제거하고 trypsin-EDTA(0.05% trypsin, 0.53 mM EDTA · 4Na)를 37°C에서 5분간 처리하였다. 이들 세포를 분리한 후, 1000 rpm에서 5분간 원심분리한 다음 상정액을 제거하고 다시 배지를 넣어 원

심분리하는 과정을 3번 반복하였다. 이렇게 얻어진 세포를 배지에 분산시킨 후 일정한 세포수로 맞추어 사용하였다. 세포는 freezing용 배지를 첨가하여 -70℃ liquid nitrogen tank에 보관 후 사용직전에 해동하여 배양하였다.

### ③ Cytochrome P450 1 저해활성 조사

많은 발암물질들이 발암성을 나타내기 위해서는 산화, 환원 등의 반응에 의해 전자친화성 물질로 변환되는 phase I 효소계의 활성화를 거쳐야 하는데, 이러한 반응에는 주로 cytochrome P450 효소계가 관여한다. 이러한 반응은 주로 간세포에서 일어나므로 인간 유래 간세포인 HepG2 세포 모델을 이용하고 효소 유도제로서 널리 분포하는 환경오염물질이며 강력한 발암원인 benzo(a)pyrene(B[a]P)을 이용하였다. 대두 이소플라본이 B[a]P에 의해 유도된 cytochrome P450 1 isozymes(CYP1A1, 1A2 및 CYP1B1)에 미치는 영향을 ethoxyresorufin-*O*-deethylase(EROD)활성을 지표로 측정함에 의해 조사하였다. EROD 활성은 수정된 Wortelboer 등의 방법<sup>59)</sup>에 의해 측정하였다. 즉, 세포를 24well plate에서 배양하면서 60%정도 증식하였을 때 24시간 동안 시료를 처리하고, 다시 24시간 동안 4  $\mu$ M B[a]P와 시료를 처리하였다. 단세포층으로 증식한 HepG2 세포를 hanks balanced salt solution(HBSS)으로 2회 세척하여 잔존하는 B[a]P와 시료를 제거한 후 3  $\mu$ M ethoxy resorufin과 10 mM decumarol을 함유하는 HBSS를 1.5 ml 씩 첨가하여 37℃에서 배양하였다. 15분간 반응시킨 후 동량의 10 mM NaOH를 첨가하여 pH를 7.8 이상으로 유지시킨 다음 excitation length 530nm 와 emission length 585 nm에서 형광강도를 측정하였다. EROD 활성은 반응물인 resorufin 표준곡선에 의거하여 농도를 계산한 다음 단백질 농도로 보정하여 nmol resorufin/min/mg protein으로 표시하였다. 세포의 단백질 함량은 bovine serum albumin(BSA)을 표준물질로 사용하여 BCA 법으로 정량하였다.

#### ④ Quinone reductase(QR) 활성 조사

많은 암예방 또는 항암 물질이 제 2상계 효소계를 활성화시킨다는 사실에 근거하여 암예방 성분의 검색 또는 활성을 측정함에 있어서 quinone reductase(QR) 효소활성을 측정하고 있다. QR활성은 HepG2 세포에 각 시료를 첨가하여 48시간 동안 배양한 후 0.8% digitonin과 2 mM EDTA(pH 7.8)를 함유하는 50  $\mu$ l의 lysis 용액을 넣고 plate를 25°C에서 10분간 교반하였다. 그런 다음 반응액(25 mM Tris · HCl(pH 7.4), 0.67 mg/mL BSA, 0.01% Tween-20, 5  $\mu$ M FAD, 30  $\mu$ M NADP, 1 mM glucose-6-phosphate, 2 U/mL glucose-6-phosphate dehydrogenase, 0.3 mg/ml MTT)과 50 mM menadione을 1000:1의 비율로 섞은 용액을 200  $\mu$ l씩 각 well에 첨가하였다. 5분 후에 50 $\mu$ l의 0.3 mM dicoumarol과 5 mM potassium phosphate(pH 7.4) 용액을 첨가하여 반응을 중지시킨 다음 610 nm에서 흡광도를 측정하였다. 각 시료에 의한 세포독성을 측정하기 위하여 QR활성을 측정하는 것과 동일하게 각 시료를 첨가하여 48시간 동안 배양한 plate에 200 $\mu$ l의 0.2% crystal violet용액을 첨가하여 10분 동안 실온에 방치하였다. 그런 다음 물로 여액의 crystal violet용액을 세척하고 200  $\mu$ l의 0.5% sodium dodecyl sulfate와 50% ethanol용액을 첨가하여 37°C에서 1시간 동안 반응시켰다. 1시간 후 ELISA reader로 610nm에서의 흡광도를 측정하였다<sup>60)</sup>.

### 13. 전두부의 제품 다양화

#### 1) 유색두부

전두부의 원료인 대두미세분말로 제조한 12% 두유액에 천연색소인 차황색소, 홍화황색소, 치자청색소, 핑크바이올렛, 홍국적색소, 레드칼라, 핑크칼라 및 클로렐라와 포도과피 추출 색소를 약 0.5-1.0%를 첨가하여 전두부를 제조한 후 관능검사에 의해 전두부에 적당한 색소를 선별하였다. 이때 유색 전두부의 제조는 비압착형(연두부) 전두부 제조 공정을 이용하였다.

## 2) 맛두부

전두부 원료인 대두미세분말로 제조한 12% 및 15% 두유액에 두가지 형태로 나누어 반찬용 맛두부로는 멸치, 표고버섯, 새우, 명란젓, 가쓰오부시 등을 첨가하여 제조하였고, 디저트용 맛두부로는 녹차분말, 클로렐라, 코코아, 커피, 땅콩 및 흑임자, 과일 등을 첨가하여 제조한 후 관능검사에 의해 전두부에 적당한 첨가물을 선발하였다. 이때 맛 두부(전두부)의 제조는 비압착형(연두부형) 전두부 제조 공정을 이용하였다.

## 3) 발효 전두부

일정 농도의 대두미세분말액(8%)에 1%  $\text{CaSO}_4$ 를 첨가하여 응고, 압착 및 성형을 거쳐 전두부를 제조한 후 일정크기( $3 \times 3 \times 1.5\text{cm}$ )로 절단하여  $0^\circ\text{C}$ 에서 3일간 건조시켰다. 이를 autoclave로  $121^\circ\text{C}$ 에서 15분간 살균한 다음 미리 선발된 5종의 fungi를 접종한 다음  $25^\circ\text{C}$ 에서 3-7일간 발효시킨 후 focus group에 의해 발효 전두부의 가능성을 조사하였다. 이때 선발된 5종의 fungi는 *Monascus anka*(01150IFO 4478), *Monascus anka*(01154 ATCC 36928IFO 6540), *Monascus anka*(00370IFO 30873), *Mucor hiemalis*(00376), *Mucor hiemalis f. hiemalis*(00601 IFO 8448)로 한국식품개발연구원 보존 균주를 이용하였다.

## 제 3 장 결과 및 고찰

### 1. 대두의 전처리 및 분쇄 조건 확립

대두를 구입하여 탈피 공정을 완료한 후 미분쇄 및 분급공정에 투입하였다. 대두는 지방이 많아 일반 분쇄 방법 즉 롤밀, 햄머밀, 디스크 밀, 볼 밀 등으로는 미세분말화하기 불가능하므로 냉동 분쇄를 하여 200mesh 및 325mesh로 미분쇄를 하였고, 중간 크기의 시료 분급은 Fluidized bed opposed jet mill(Model 100AFG, Alpine Aktiengesellschaft Augsburg, Germany)을 이용하여 CWS(cut-off wheel speed) 5,000rpm에서 분급하였다.

#### 1) 일반성분과 아이소플라본

두부의 원료로 사용하는 국내외산 대두와 전두부의 원료인 대두미세분말의 일반성분을 분석한 결과(Table 5, Table 6) 단백질함량이 높으면 지방의 함량이 상대적으로 낮은 함량을 나타냈다는 장<sup>(8)</sup> 등 결과와 마찬가지로 지방 함량이 높으면 상대적으로 단백질 함량은 약간 낮았고, 대두미세분말의 경우는 대두에 비하여 탄수화물 함량이 낮게 나타났는데, 이는 대두피가 제거되어 대두피 유래의 식이섬유가 제외되었기 때문이라 여겨진다. 한편 isoflavone계 phytoestrogen은 콩과에 많이 함유되어 있는 것으로 암세포를 억제하고, 이들 중 daidzein과 genistein은 에스트로젠보다 친화력은 낮지만 에스트로젠 수용체에 결합하여 에스트로젠의 대체물질로 각광을 받고 있다. 대두 및 대두 미세분말의 총 isoflavone 함량을 분석한 결과 1087.2-2619.1 mg/kg으로 비교적 넓은 분포를 보였는데, 이는 최 등의 대두 품종에 따라 458-2317 mg/kg의 범위를 보이고, 시료 전처리에 따라서도 isoflavone 함량이 다르게 나타난 결과와 마찬가지로 본 실험에 사용한 대두의 isoflavone 함량도 시료간에 차이가 있었다. 즉 외국산 대두보다는 국내산 대두가 약간 높은 isoflavone 함량을 보였고, 입자 크기가 작은 MSPII가 MSPI보다 높게 나타나는데, 이는 MSPII의 경우 입자가 적

어 시료 전처리시 추출과 회수가 용이했기 때문에 여겨진다.

## 2) 색도 및 입도

전두부의 원료로 사용한 대두미세분말의 색도와 입도를 측정한 결과 (Table 7, Table 8, Fig. 1), 육안으로는 차이를 느낄 수 없었으나, 밝기를 나타내는 L값의 경우 MSPII가 MSPI 보다 약간 높은 86.89를 나타내었고, 그 외의 a와 b값에는 큰 차이가 없었다. 또 입도는 표준망체를 기준으로 200 mesh는 75  $\mu\text{m}$ , 325 mesh는 45  $\mu\text{m}$ 를 통과해야 하는데, 본 실험에 사용한 MSPI은 50% 정도가 31.30  $\mu\text{m}$ , 평균 입도가 56.38  $\mu\text{m}$  였으며, MSPII는 90% 이상이 28.50  $\mu\text{m}$ , 평균 입도 14.42  $\mu\text{m}$ 로 분석되어 MSPI는 200 mesh 내외이고, MSPII의 경우는 325 mesh 미만인 것을 알 수 있었다. 일반적으로 인간의 혀에서 독립된 입자로 인지될 수 있는 입자의 최소 크기는 15  $\mu\text{m}$  정도로 보고되어 있는데, 특히 MSPII의 경우는 평균 입도가 15  $\mu\text{m}$  미만으로 거의 입자로 인지될 수 없을 정도의 크기였다.

Table 5. Proximate composition of soybean and microparticulated soybean powder.

Sample	Dry basis(%)			
	Ash	Fat	Protein	CHO
Domestic (baektae)	5.19	19.67	37.33	37.80
USA NO1	5.45	21.15	35.72	37.68
MSPI <sup>1)</sup>	5.81	23.59	37.04	33.56
MSPII <sup>2)</sup>	5.42	22.77	38.87	32.94

<sup>1)</sup> microparticulated soybean powder(USA), <sup>2)</sup> microparticulated soybean powder(Australian)

Table 6. Isoflavone content of soybean and microparticulated soybean powder.

Sample	Isoflavone(mg/kg)				Total (mg/kg)
	Daidzin	Genistin	Daidzein	Genistein	
Domestic (baektae)	117.8	186.2	619.8	891.3	1815.1
USA NO1	53.6	69.4	466.2	498.0	1087.2
MSPI <sup>1)</sup>	96.4	148.8	773.0	882.2	1900.4
MSPII <sup>2)</sup>	161.6	232.9	994.4	1230.2	2619.1

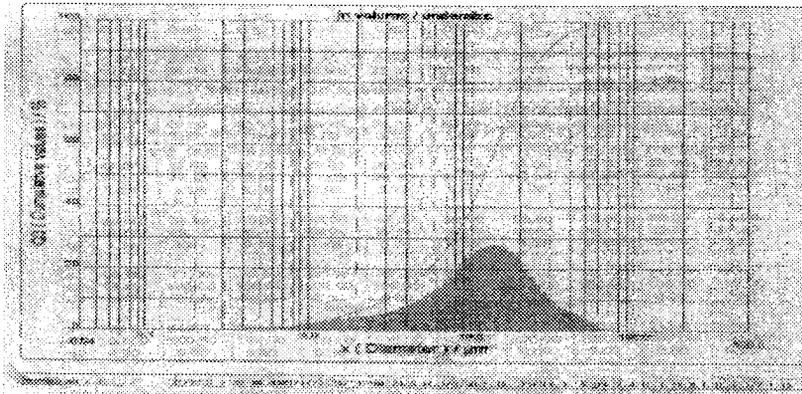
Table 7. Hunter value and particle size of microparticulated soybean powder.

Sample	Hunter value		
	L	a	b
MSPI <sup>1)</sup>	85.14	-1.71	20.61
MSPII <sup>2)</sup>	86.89	-1.51	20.28

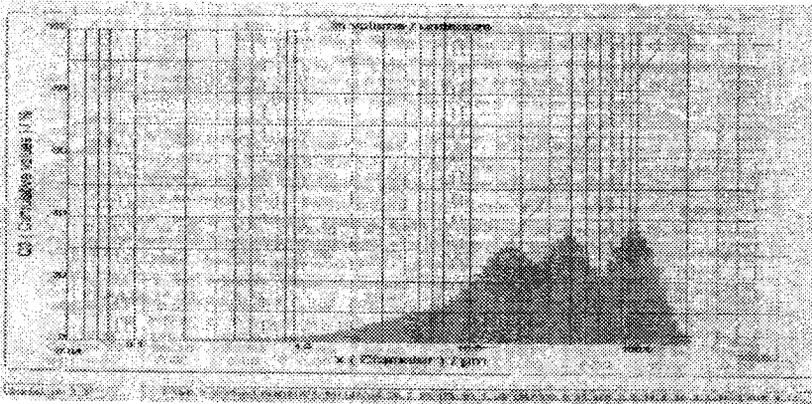
Table 8. Particle size of microparticulated soybean powder.

Mean particle size( $\mu\text{m}$ )			
10%	50%	90%	Mean
5.16	31.30	112.15	56.38
2.92	12.01	28.50	14.42

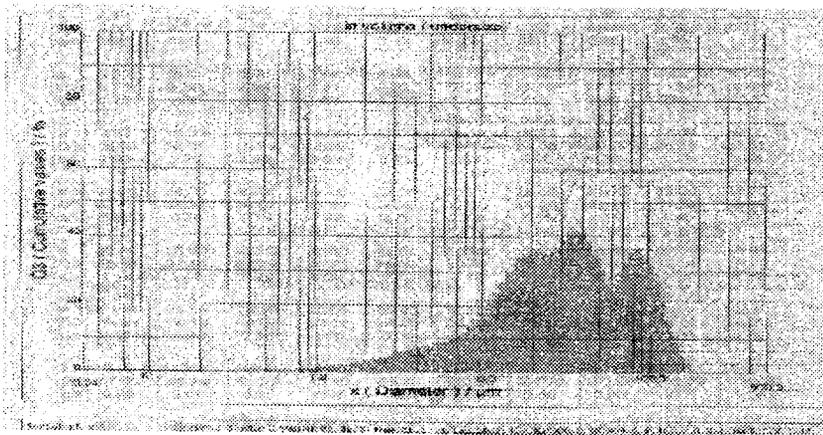
1) microparticulated soybean powder(USA), 2)microparticulated soybean powder(Australian)



MSPII(325mesh)



260mesh



MSPI(200mesh)

Fig. 1. Particle size distribution of microparticulated soybean powder

전두부용 대두 미세분말의 물리적인 특성을 조사한 결과(Fig. 2, Fig. 3) 대두 미세분말의 분산안정성은 입자 크기가 작을수록 층분리가 없이 모든 침전물이 위층으로 분리되는 현상을 보인 반면 MSPI(200mesh)와 260mesh는 중간층이 더 생기는 현상을 보였으며, 전두부 제조를 위한 가열 처리한 대두유의 경우도 가열처리하지 않은 대두유와 비슷하게 MSPI(325mesh) 처리구가 가장 안정하였다. 또 수분 흡수 지수의 경우는 MSPI(200mesh) 처리구는 2.08 g/MSPI g, MSPI(325mesh)는 1.99 g/MSPI g으로 원료 미세분말의 2배 정도의 수분을 흡수하였다.

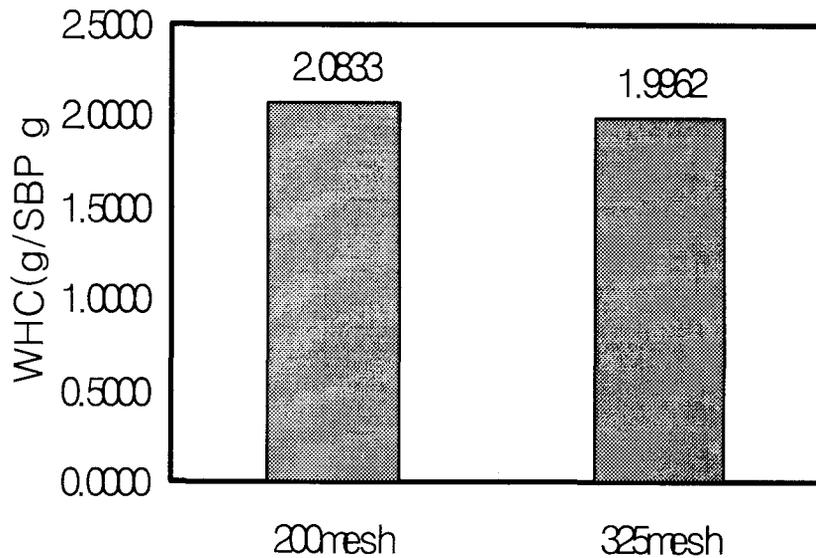


Fig. 2. Water holding capacity of microparticulated soybean powder

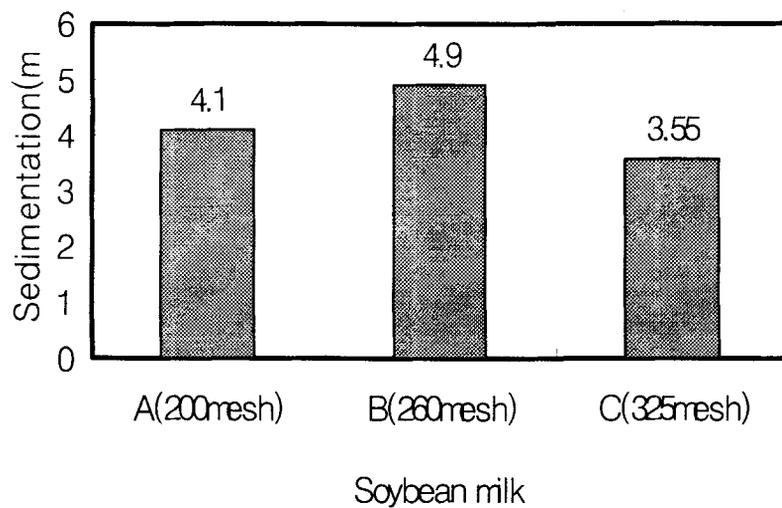
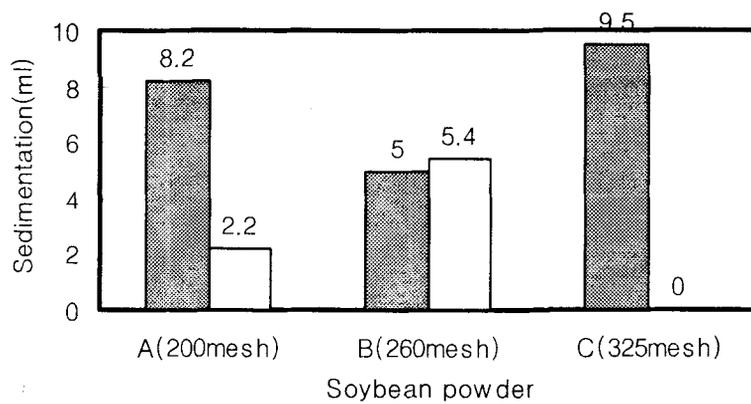


Fig. 3. Dispersion stability of microparticulated soybean powder and soybean milk

## 2. 두부 제조 조건이 전두부에 미치는 영향인자 조사

### 1) 대두미세분말 농도의 영향

대두 미세분말(MSPI, MSPII)을 중심합성계획법(central composite design, Table 1, Table 2)에 의해 일반두부 제조 방법을 적용하여 압착형 전두부를 제조한 후, 수율 및 두부의 특성인 조직감을 측정하였다(Table 9). 수율은 전두부의 무게를 g당 대두미세분말로 환산한 결과, 3.82 g~4.11 g soybean curd/MSP g으로 시료에 따라 약간의 차이가 있었다. 즉 MSPI 처리구는 MSPC 6%, 응고제 1.2%가 가장 높게 나타난 반면, MSPII 처리구는 대두미세분말 농도(MSPC; microparticulated soybean powder concentration)는 8%, 10%, 응고제 농도(CC; coagulant concentration)는 1.0%, 1.2%가 다른 시료에 비하여 높게 나타났다. Wang 등<sup>(25)</sup>은 대두 품종에 따른 두부 건물량의 수율에는 큰 차이가 없으나 두부의 수율에는 차이가 있다고 있는데, 이는 두부의 수분함량에 따른 것이라고 하였다. 본 실험의 경우도 건물량 수율은 전두부 제조시 소요된 대두미세분말을 환산한 것이므로 두부의 건물량에는 차이가 거의 없으나, 전두부가 보유하는 수분함량에 의한 것으로 여겨진다. 또 일반 두부의 물리적 특성인 탄력성은 농도간에 큰 차이가 없었으나, 단단함은 MSPI와 MSPII 모두 8% 농도에서 약간 높은 값을 보였다.

한편 미세분말 농도와 응고제의 영향을 전체적으로 조사하기 위하여 전두부의 물리적인 특성(Table 9)을 미세분말 농도( $X_1$ )와 응고제( $X_2$ )로 반응표면 회귀분석하여 비교적  $R^2$ 값이 0.7이상인 것만 표시하였다(Table 10). 그 결과 미세분말 입도에 따라 약간의 차이가 있었는데, 즉 MSPI처리구는 응집성을 제외하고 높은  $R^2$ 값을 보인 반면 MSPII 처리구는 단단함과 씹힘성이 미세분말 농도와 응고제의 영향을 받았다. Fig. 4는 전두부의 물리적 특성이면서 비교적 높은  $R^2$  값을 보인 각각의 변수가 두부의 단단함에 미치는 영향을 도시화한 것이다. 응고제 첨가량이 MSPI 처리구와 MSPII 처리구 모두 전두부의 단단한 정도에 미치는 영향 보다는 미세분말의 농도의 영향이 컸다. 즉 MSPI 처리구는 대두미세분말의 농도가 증가함에 따라 전두부의 단단한 정도가 증가하는 경향

이었으나, MSPII의 경우는 8% 이상인 경우에는 단단한 정도가 감소하였다.

Table 9. Effects of microparticulated soybean powder and coagulant concentration on the yield and textural properties of *Chundubu*(Compressed)

Sample	MSPC <sup>1)</sup> (%)	CC <sup>2)</sup> (%)	(Chundubu g/SPC g)	Textural properties				
				Springiness	Cohesiveness	Hardness(g)	Chewiness	
6		0.8	3.95±0.04 <sup>cd</sup>	0.76±0.05 <sup>a</sup>	0.59±0.03 <sup>ab</sup>	689.9±74.1 <sup>cd</sup>	306.7±43.2 <sup>cd</sup>	
		1.0	4.09±0.06 <sup>cd</sup>	0.75±0.04 <sup>ab</sup>	0.57±0.02 <sup>c</sup>	677.0±95.4 <sup>d</sup>	297.9±49.1 <sup>cd</sup>	
		1.2	4.11±0.11 <sup>a</sup>	0.71±0.04 <sup>b</sup>	0.59±0.02 <sup>ab</sup>	641.5±88.6 <sup>d</sup>	270.5±51.3 <sup>d</sup>	
MSPI		0.8	3.92±0.07 <sup>cd</sup>	0.74±0.05 <sup>ab</sup>	0.58±0.01 <sup>abc</sup>	817.4±115.8 <sup>ab</sup>	354.7±60.6 <sup>ab</sup>	
		8	1.0	3.95±0.09 <sup>cd</sup>	0.73±0.04 <sup>ab</sup>	0.58±0.01 <sup>abc</sup>	758.7±74.5 <sup>bc</sup>	325.4±38.4 <sup>bc</sup>
		1.2	4.00±0.08 <sup>abc</sup>	0.75±0.05 <sup>ab</sup>	0.59±0.02 <sup>ab</sup>	789.5±136.0 <sup>ab</sup>	351.9±82.4 <sup>ab</sup>	
10		0.8	3.87±0.04 <sup>d</sup>	0.77±0.04 <sup>a</sup>	0.58±0.01 <sup>bc</sup>	846.2±118.1 <sup>a</sup>	379.5±61.1 <sup>a</sup>	
		1.0	3.88±0.09 <sup>cd</sup>	0.74±0.09 <sup>ab</sup>	0.60±0.03 <sup>a</sup>	821.9±123.3 <sup>ab</sup>	368.1±86.8 <sup>ab</sup>	
		1.2	3.98±0.07 <sup>bcd</sup>	0.77±0.02 <sup>a</sup>	0.57±0.01 <sup>c</sup>	829.3±72.6 <sup>ab</sup>	366.3±33.6 <sup>ab</sup>	
F-value			4.60 <sup>**</sup>	2.17 <sup>*</sup>	3.33 <sup>*</sup>	8.72 <sup>***</sup>	6.62 <sup>***</sup>	
6		0.8	4.07±0.04 <sup>d</sup>	0.77±0.07 <sup>ab</sup>	0.58±0.01 <sup>ab</sup>	718.3±99.9 <sup>cd</sup>	325.1±54.4 <sup>bcd</sup>	
		1.0	3.98±0.01 <sup>ab</sup>	0.77±0.04 <sup>ab</sup>	0.59±0.01 <sup>a</sup>	708.6±93.7 <sup>cd</sup>	319.2±46.5 <sup>cd</sup>	
		1.2	4.08±0.08 <sup>d</sup>	0.76±0.04 <sup>b</sup>	0.58±0.02 <sup>ab</sup>	682.6±64.2 <sup>d</sup>	310.4±47.4 <sup>d</sup>	
MSPII		0.8	3.87±0.03 <sup>b</sup>	0.78±0.07 <sup>ab</sup>	0.59±0.01 <sup>a</sup>	811.2±95.6 <sup>ab</sup>	371.3±59.9 <sup>ab</sup>	
		8	1.0	4.09±0.05 <sup>a</sup>	0.80±0.02 <sup>a</sup>	0.58±0.02 <sup>ab</sup>	764.5±103.2 <sup>bc</sup>	353.2±48.6 <sup>bc</sup>
		1.2	4.01±0.07 <sup>d</sup>	0.77±0.02 <sup>a</sup>	0.59±0.02 <sup>ab</sup>	795.2±99.9 <sup>bc</sup>	359.9±46.9 <sup>bc</sup>	
10		0.8	3.82±0.08 <sup>c</sup>	0.79±0.04 <sup>ab</sup>	0.59±0.02 <sup>a</sup>	854.1±79.8 <sup>a</sup>	392.8±40.4 <sup>a</sup>	
		1.0	4.08±0.06 <sup>a</sup>	0.79±0.03 <sup>ab</sup>	0.57±0.01 <sup>b</sup>	760.0±92.3 <sup>bc</sup>	345.4±49.8 <sup>bcd</sup>	
		1.2	4.07±0.18 <sup>d</sup>	0.77±0.04 <sup>ab</sup>	0.58±0.01 <sup>ab</sup>	778.3±117.8 <sup>bc</sup>	351.1±60.4 <sup>bc</sup>	
F-value			5.96 <sup>***</sup>	1.50	1.28	4.75 <sup>***</sup>	3.64 <sup>***</sup>	

<sup>1)</sup> microparticulated soybean powder concentration, <sup>2)</sup> coagulant concentration

\* significance at 5%, \*\* significance at 1%, \*\*\* significance at 0.1%

Table 10. Values of regression equation calculated with microparticulated soybean powder and coagulant concentration for *Chundubu*.(compressed)

Sample	Variables	Regression equation	R <sup>2</sup>
		= 777.58 + 81.5X <sub>1</sub> - 15.53X <sub>2</sub> + 7.88X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	0.939
MSPI <sup>1)</sup>	Hardness	- 16.43X <sub>1</sub> <sup>2</sup> + 16.43X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	
	Chewiness	= 337.7 + 40.63X <sub>1</sub> - 8.69X <sub>2</sub> + 5.74X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	0.877
		- 13.32X <sub>1</sub> <sup>2</sup> + 9.43X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	
		= 0.79 + 0.085X <sub>1</sub> - 0.0055X <sub>2</sub> + 0.0005X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	0.802
		- 0.0078X <sub>1</sub> <sup>2</sup> - 0.0138X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	
	Springiness	= 771.02 + 47.15X <sub>1</sub> - 21.25X <sub>2</sub> - 10.02X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	0.771
MSPII <sup>2)</sup>	Hardness	- 39.98X <sub>1</sub> <sup>2</sup> + 28.92X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	
	Chewiness	= 353.2 + 22.41X <sub>1</sub> - 11.31X <sub>2</sub> - 6.75X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	0.827
		- 20.83X <sub>1</sub> <sup>2</sup> + 12.49X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	

<sup>1)</sup> microparticulated soybean powder(USA), <sup>2)</sup> microparticulated soybean powder(Australian)

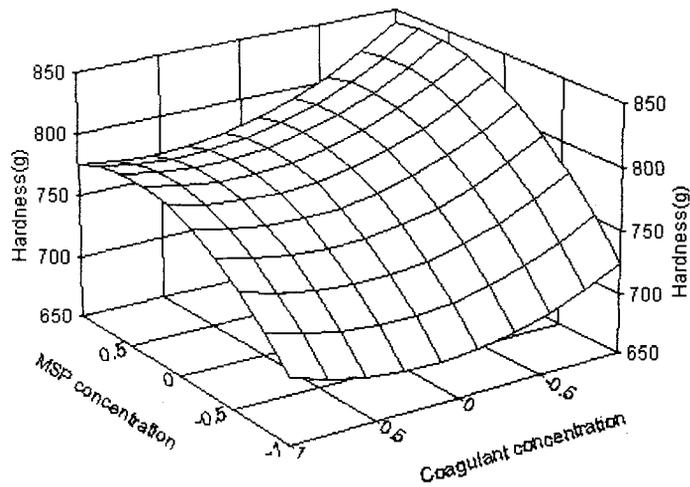
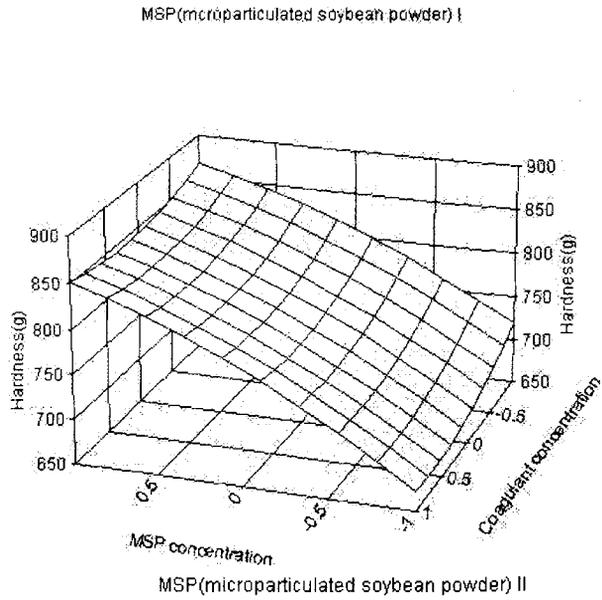


Fig. 4. Response surfaces on the hardness of *Chundubu*(compressed) according to microparticulated soybean powder and coagulant concentration.

## 2) 단일 응고제, 혼합응고제 및 가열시간의 영향

대두 미세분말 농도를 8%로 고정하고, 각각의 단일응고제를 농도별로 전두부를 제조하여 수율 및 조직감을 측정하였다. 그 결과(Table 11), 수율은 시료간에 차이가 있어 MSPI 처리구는  $\text{CaCl}_2$ 첨가구가 3.76-3.85 전두부 g/MSP g으로 낮은 수율을 보였고, 그 외의 응고제 첨가구는 3.92-4.01 전두부 g/MSP g의 비슷한 수율을 보였다. 또 MSPII 처리구는 MSPI 처리구와 달리 Ca-gluconate 응고제가 다른 응고제에 비하여 낮은 수율을 보였다. 두부의 물리적인 특성인 탄력성, 단단한 정도와 씹힘성 경우 전반적으로 MSPII 처리구가 MSPI 처리구보다 높았고, 응고제 별로 탄력성은  $\text{CaCl}_2$  첨가구와 Ca-gluconate 첨가구가 다른 응고제 보다 높게 나타났으며, 단단함은 GDL첨가구가 높은 반면 응집성은  $\text{CaSO}_4$  첨가구가 가장 높게 나타나 응고제마다 특성이 있었다. 또 응고제 첨가량 별로는  $\text{CaSO}_4$ 는 1.0%, GDL은 0.6%, Ca-gluconate 1.0%,  $\text{CaCl}_2$  0.3%에서 비교적 높은 수율, 탄력성 및 단단함을 보였다. 이는 김 등<sup>(18)</sup>의 전지대두분으로 두부를 제조할 때 각각의 응고제 소요량이 본 결과와 달리 낮게 나타났는데, 이는 두부 제조에 사용한 원료의 차이와 제조 조건에 의한 차이라고 여겨진다.

한편 혼합응고제와 가열시간이 전두부의 수율 및 조직감에 미치는 영향을 조사하기 위하여 중심합성 중심법으로 설계하여 실험을 하였다. 이때 혼합응고제의 경우는 단일응고제 중 주로 유부 제조에 주로 쓰이고 있는  $\text{CaCl}_2$ 를 제외하고,  $\text{CaSO}_4$ , GDL, Ca-gluconate를 선정하여 수율 및 물리적 특성에서 비교적 양호하게 평가되었던 응고제 소요량을 1로 하여 혼합비율별(1:0, 0.75:0.25, 0.5:0.5, 0.25:0.75, 0:1)로 응고제를 제조한 후, 이들 응고제와 가열시간이 전두부에 미치는 영향을 조사하였다(Table 12).

그 결과 수율은 MSPI 처리구와 MSPII 처리구 모두  $\text{CaSO}_4$ -GDL 혼합응고제가 비교적 높았다. 물리적 특성중 탄력성은 200mesh  $\text{CaSO}_4$ -Ca-gluconate>GDL-Ca-gluconate> $\text{CaSO}_4$ -GDL 첨가구 순이었고, MSPII는 응고제 간에 큰 차이가 없었다. 또 단단한 정도는 MSPII 처리구의 경우 응고제 간에

약간의 차이는 있으나, 최저 1441.9 g~1993.4 g의 값으로 MSPI의 1041.8 g~1459.9 g의 값과 비교할 때 MSPII의 가장 낮은 단단함과 MSPI 처리구의 최고 값과 비슷하였다.

한편 두유의 가열시간과 혼합응고제의 영향을 전체적으로 조사하기 위하여 전두부의 물리적인 특성(Table 12)을 가열시간( $X_1$ )와 혼합 응고제( $X_2$ )로 반응표면 회귀분석하여  $R^2$ 값이 0.7이상인 것만 표시하였다(Table 13). 그 결과 혼합응고제와 입도에 따라 약간 차이가 있었는데, MSPI 처리구는  $\text{CaSO}_4$ -GDL 혼합응고제가 두부의 물리적 특성이 단단함에 영향을 미쳤으며, MSPII 처리구는 GDL-Ca-gluconate 혼합 응고제가 단단함, 탄력성, 씹힘성 및 응집성에 영향을 미쳤다. Fig. 5는 비교적  $R^2$  값이 높으면서 가열시간과 혼합 응고제가 단단함에 미치는 영향을 도시화한 것이다.

MSPI 처리구의 경우 두유의 가열시간이 증가함에 따라 전두부의 강도가 증가하다가 20분 이상이 되면 다시 감소하는 경향을 보여준 반면 MSPII 처리구는 가열시간의 증가에 따라 단단한 정도가 서서히 증가하는 경향이였다. 이는 두부 제조시 열처리를 과도하게 하면 견고성이 감소된다는 보고<sup>(3)</sup>와 두유 가열시 SH group의 수가 서서히 증가하다가 최고치에 도달한 후에는 다시 감소한다는 보고<sup>(10)</sup>와 MSPI 처리구는 일치하나 MSPII 처리구는 계속 서서히 증가하는 경향을 보였다. 또 혼합 응고제의 경우는 MSPI 처리구는 GDL 첨가량이 증가할수록 단단한 정도가 증가하였고, MSPII 처리구는 Ca-gluconate 첨가량이 증가할수록 서서히 증가하는 추세였다.

이상의 결과에서 전두부 제조를 위한 미세분말의 입도는 전두부의 수율에는 큰 영향을 끼치지 않았으나, 두부의 물리적 특성인 탄력성, 단단한 정도 및 씹힘성 등의 조직감에는 영향을 상당히 끼쳤다. 즉 MSPII 처리구가 MSPI 처리구보다는 전반적으로 높은 탄력성과 단단함을 나타내었는데, 이는 입도 크기가 작은 MSPII의 경우 전두부 제조시 대두 미세분말 입자와 비교적 단단하게 결합하여 기계적인 조직감 측정시 힘을 가할 때 MSPI 보다는 그 저항성이 더 있는 것으로 여겨진다. 또 가열시간 및 혼합 응고제에 따라서 전두부의 특성인 강도 및 탄력성에 미치는 영향이 다르게 나타났는데, 이에 관한 연구도 계

속 되어야할 것으로 여겨진다.

Table 11. Effects of coagulant varieties and concentration on the yield and textural properties of *Chundubu*(compressed)

Sample	Coagulant varieties	CC <sup>1)</sup> (%)	(Chundubu g/MSP g)	Textural properties			
				Springiness	Cohesiveness	Hardness(g)	Chewiness
		0.3	3.76±0.06 <sup>d</sup>	0.76±0.06 <sup>abc</sup>	0.58±0.01 <sup>bcd</sup>	834.0±76.5 <sup>cd</sup>	364.2±50.7 <sup>bcd</sup>
	CaCl <sub>2</sub>	0.4	3.83±0.06 <sup>cd</sup>	0.75±0.03 <sup>abc</sup>	0.58±0.01 <sup>bc</sup>	803.2±76.9 <sup>cd</sup>	351.3±40.0 <sup>bcd</sup>
		0.5	3.85±0.08 <sup>bcd</sup>	0.78±0.04 <sup>ab</sup>	0.58±0.01 <sup>bc</sup>	816.5±77.6 <sup>cd</sup>	368.0±50.7 <sup>bc</sup>
		0.8	3.92±0.07 <sup>abc</sup>	0.74±0.05 <sup>bc</sup>	0.58±0.01 <sup>ab</sup>	817.4±115.8 <sup>cd</sup>	354.7±70.6 <sup>bcd</sup>
	CaSO <sub>4</sub>	1.0	3.95±0.09 <sup>bd</sup>	0.73±0.04 <sup>c</sup>	0.58±0.01 <sup>ab</sup>	758.7±74.5 <sup>de</sup>	325.4±38.4 <sup>d</sup>
		1.2	4.00±0.08 <sup>a</sup>	0.73±0.04 <sup>c</sup>	0.59±0.01 <sup>a</sup>	763.6±123.4 <sup>c</sup>	330.9±62.7 <sup>cd</sup>
MSP1 <sup>2)</sup>		0.4	3.92±0.03 <sup>abc</sup>	0.73±0.04 <sup>c</sup>	0.58±0.01 <sup>bcd</sup>	913.9±106.7 <sup>a</sup>	387.9±56.4 <sup>ab</sup>
	GDL	0.6	3.96±0.08 <sup>bd</sup>	0.75±0.03 <sup>bc</sup>	0.57±0.01 <sup>cd</sup>	990.1±72.5 <sup>a</sup>	424.3±33.6 <sup>a</sup>
		0.8	3.98±0.02 <sup>d</sup>	0.75±0.04 <sup>bc</sup>	0.57±0.01 <sup>d</sup>	975.6±106.7 <sup>ab</sup>	419.8±49.9 <sup>a</sup>
		0.8	3.95±0.05 <sup>bd</sup>	0.77±0.02 <sup>ab</sup>	0.57±0.01 <sup>cd</sup>	750.0±65.9 <sup>e</sup>	331.7±32.8
	Ca-gluconate	1.0	3.92±0.05 <sup>abc</sup>	0.79±0.03 <sup>a</sup>	0.57±0.01 <sup>cd</sup>	838.7±70.6 <sup>c</sup>	379.4±40.3 <sup>b</sup>
		1.2	4.01±0.03 <sup>a</sup>	0.77±0.05 <sup>ab</sup>	0.58±0.01 <sup>bcd</sup>	810.9±59.5 <sup>cd</sup>	362.5±39.3 <sup>bcd</sup>
	F-value		5.35 <sup>***</sup>	2.95 <sup>**</sup>	4.91 <sup>***</sup>	11.26 <sup>***</sup>	6.41 <sup>***</sup>

Sample	Coagulant varieties	CC <sup>1)</sup> (%)	Textural properties				
			( <i>Chundubu</i> g/MSP g)	Springiness	Cohesiveness	Hardness(g)	Chewiness
CaCl <sub>2</sub>		0.6	3.83±0.07 <sup>fg</sup>	0.81±0.03 <sup>cdc</sup>	0.58±0.01 <sup>a</sup>	1447.8±125.6 <sup>bc</sup>	680.7±68.7 <sup>b</sup>
		0.8	3.90±0.04 <sup>ef</sup>	0.85±0.03 <sup>a</sup>	0.58±0.01 <sup>a</sup>	1389.9±93.3 <sup>bcd</sup>	679.4±56.8 <sup>b</sup>
		1.0	4.06±0.03 <sup>abc</sup>	0.84±0.04 <sup>ab</sup>	0.58±0.01 <sup>a</sup>	1071.9±78.6 <sup>c</sup>	521.4±50.9 <sup>d</sup>
CaSO <sub>4</sub>		0.8	3.87±0.03 <sup>efg</sup>	0.78±0.06 <sup>dc</sup>	0.59±0.01 <sup>a</sup>	811.2±95.9 <sup>f</sup>	371.3±58.4 <sup>c</sup>
		1.0	4.09±0.05 <sup>a</sup>	0.79±0.02 <sup>dc</sup>	0.58±0.02 <sup>a</sup>	764.5±99.9 <sup>f</sup>	353.2±46.9 <sup>c</sup>
		1.2	4.01±0.07 <sup>bc</sup>	0.77±0.07 <sup>c</sup>	0.59±0.02 <sup>a</sup>	795.2±56.4 <sup>f</sup>	359.9±43.1 <sup>c</sup>
MSPT <sup>2)</sup> I		0.6	3.93±0.07 <sup>bc</sup>	0.79±0.05 <sup>cdc</sup>	0.58±0.01 <sup>ab</sup>	1695.3±184.2 <sup>a</sup>	769.7±110.9 <sup>a</sup>
	GDL	0.8	4.00±0.02 <sup>cd</sup>	0.80±0.04 <sup>cd</sup>	0.57±0.01 <sup>bc</sup>	1710.2±170.5 <sup>a</sup>	782.5±97.2 <sup>a</sup>
		1.0	4.07±0.02 <sup>ab</sup>	0.79±0.04 <sup>cdc</sup>	0.56±0.01 <sup>c</sup>	1348.3±137.1 <sup>d</sup>	602.8±70.3 <sup>c</sup>
Ca-gluconate		1.0	3.81±0.02 <sup>g</sup>	0.82±0.04 <sup>abc</sup>	0.58±0.01 <sup>a</sup>	1479.4±112.6 <sup>b</sup>	699.1±65.5 <sup>b</sup>
		1.2	3.85±0.03 <sup>fg</sup>	0.81±0.04 <sup>abc</sup>	0.59±0.01 <sup>a</sup>	1420.6±139.4 <sup>bcd</sup>	674.6±77.9 <sup>b</sup>
		1.4	3.85±0.06 <sup>fg</sup>	0.80±0.04 <sup>cdc</sup>	0.58±0.01 <sup>a</sup>	1379.3±71.6 <sup>cd</sup>	644.6±44.4 <sup>bc</sup>
F-value			17.57 <sup>***</sup>	4.17 <sup>***</sup>	5.45 <sup>***</sup>	123.15 <sup>***</sup>	6.41 <sup>***</sup>

<sup>1)</sup> coagulant concentration, <sup>2)</sup> microparticulated soybean powder(USA), <sup>3)</sup> microparticulated soybean powder(Australian) \*significance at 5%, \*\* significance at 1%, \*\*\*significance at 0.1%,

Table 12. Effects of mixed coagulant ratio, varieties and heating time on the yield and textural properties of *Chundubu*

Sample	Mixed coagulant	Design point	<i>Chundubu</i> g/SPC g)	Textural properties			
				Springiness	Cohesiveness	Hardness(g)	Chewiness
CaSO <sub>4</sub> -GDL		1	3.82±0.03 <sup>dk</sup>	0.78±0.03 <sup>ab</sup>	0.58±0.01 <sup>c</sup>	1107±97.6 <sup>cd</sup>	497.0±53.4 <sup>cd</sup>
		2	3.88±0.06 <sup>a</sup>	0.75±0.03 <sup>bc</sup>	0.60±0.01 <sup>ab</sup>	1030.9±57.8 <sup>c</sup>	460.2±36.5 <sup>c</sup>
		3	3.90±0.05 <sup>a</sup>	0.75±0.03 <sup>bc</sup>	0.59±0.01 <sup>ab</sup>	1064.4±75.4 <sup>cd</sup>	473.8±50.0 <sup>cd</sup>
		4	3.82±0.03 <sup>abc</sup>	0.76±0.03 <sup>abc</sup>	0.59±0.01 <sup>abcd</sup>	1120.6±48.2 <sup>bcd</sup>	504.2±31.3 <sup>bcd</sup>
		5	3.85±0.04 <sup>ab</sup>	0.77±0.04 <sup>ab</sup>	0.58±0.01 <sup>de</sup>	1143.3±105.5 <sup>bc</sup>	515.9±62.7 <sup>bc</sup>
		6	3.85±0.08 <sup>ab</sup>	0.74±0.04 <sup>c</sup>	0.59±0.01 <sup>bcd</sup>	1016.2±67.7 <sup>c</sup>	445.5±41.2 <sup>c</sup>
		7	3.74±0.05 <sup>c</sup>	0.76±0.03 <sup>abc</sup>	0.60±0.01 <sup>a</sup>	1258.7±111.2 <sup>a</sup>	573.9±59.1 <sup>a</sup>
		8	3.77±0.03 <sup>bc</sup>	0.79±0.03 <sup>a</sup>	0.59±0.01 <sup>cd</sup>	1177.0±53.5 <sup>b</sup>	536.5±35.7 <sup>b</sup>
	F-value		4.28 <sup>**</sup>	2.80 <sup>**</sup>	6.60 <sup>***</sup>	14.10 <sup>**</sup>	11.07 <sup>***</sup>
MSPI GDL-Ca-gluconate		1	3.84±0.03 <sup>a</sup>	0.76±0.03 <sup>c</sup>	0.58±0.01 <sup>ab</sup>	1082.0±95.2 <sup>d</sup>	480.9±42.4 <sup>d</sup>
		2	3.70±0.02 <sup>cd</sup>	0.78±0.02 <sup>abc</sup>	0.57±0.01 <sup>c</sup>	1170.9±64.7 <sup>c</sup>	523.3±33.9 <sup>bc</sup>
		3	3.80±0.04 <sup>ab</sup>	0.76±0.03 <sup>bc</sup>	0.58±0.01 <sup>abc</sup>	1160.2±69.2 <sup>c</sup>	511.0±29.6 <sup>cd</sup>
		4	3.65±0.08 <sup>dk</sup>	0.77±0.04 <sup>abc</sup>	0.58±0.01 <sup>ab</sup>	1079.0±84.5 <sup>d</sup>	484.4±47.6 <sup>d</sup>
		5	3.70±0.02 <sup>cd</sup>	0.78±0.03 <sup>abc</sup>	0.58±0.01 <sup>abc</sup>	1240.0±105.3 <sup>b</sup>	556.8±59.0 <sup>b</sup>
		6	3.74±0.08 <sup>c</sup>	0.77±0.04 <sup>abc</sup>	0.58±0.01 <sup>bc</sup>	1122.4±56.0 <sup>cd</sup>	499.2±34.8 <sup>cd</sup>
		7	3.60±0.03 <sup>c</sup>	0.79±0.02 <sup>a</sup>	0.59±0.01 <sup>a</sup>	1146.9±69.9 <sup>c</sup>	533.4±36.9 <sup>bc</sup>
		8	3.77±0.02 <sup>abc</sup>	0.78±0.04 <sup>ab</sup>	0.58±0.01 <sup>abc</sup>	1328.6±74.4 <sup>a</sup>	605.0±53.2 <sup>a</sup>
	F-value		12.30 <sup>***</sup>	2.16 <sup>*</sup>	2.27 <sup>**</sup>	16.02 <sup>***</sup>	13.01 <sup>***</sup>
CaSO <sub>4</sub> -Ca-gluconate		1	3.84±0.04 <sup>a</sup>	0.79±0.03 <sup>b</sup>	0.58±0.01 <sup>c</sup>	1160.9±112.6 <sup>c</sup>	535.9±58.6 <sup>cd</sup>
		2	3.70±0.02 <sup>cd</sup>	0.81±0.02 <sup>ab</sup>	0.58±0.01 <sup>cd</sup>	1061.8±109.3 <sup>d</sup>	499.1±58.9 <sup>d</sup>
		3	3.79±0.04 <sup>ab</sup>	0.80±0.03 <sup>b</sup>	0.60±0.01 <sup>a</sup>	1041.8±61.9 <sup>d</sup>	499.9±38.2 <sup>d</sup>
		4	3.64±0.08 <sup>dk</sup>	0.80±0.03 <sup>b</sup>	0.59±0.01 <sup>b</sup>	1062.4±157.3 <sup>d</sup>	497.3±77.9 <sup>d</sup>
		5	3.70±0.02 <sup>cd</sup>	0.81±0.02 <sup>ab</sup>	0.57±0.01 <sup>c</sup>	1194.4±86.6 <sup>c</sup>	550.9±46.9 <sup>c</sup>
		6	3.74±0.08 <sup>bc</sup>	0.81±0.02 <sup>ab</sup>	0.57±0.01 <sup>c</sup>	1220.2±93.9 <sup>bc</sup>	560.6±44.8 <sup>c</sup>
		7	3.60±0.03 <sup>c</sup>	0.82±0.02 <sup>a</sup>	0.57±0.01 <sup>c</sup>	1298.8±106.1 <sup>a</sup>	610.7±54.4 <sup>b</sup>
		8	3.77±0.02 <sup>abc</sup>	0.81±0.03 <sup>ab</sup>	0.57±0.01 <sup>dk</sup>	1450.9±117.8 <sup>a</sup>	671.1±69.3 <sup>a</sup>
	F-value		12.50 <sup>***</sup>	1.69	25.37 <sup>***</sup>	23.03 <sup>***</sup>	16.25 <sup>***</sup>

Sample	Mixed coagulant	Design point	(Chundubu g/SPC g)	Textural properties			
				Springiness	Cohesiveness	Hardness(g)	Chewiness
MSPII	CaSO <sub>4</sub> -GDL	1	3.83±0.03 <sup>ab</sup>	0.82±0.03 <sup>ab</sup>	0.58±0.01 <sup>a</sup>	1454.8±122.5 <sup>cd</sup>	692.9±71.1 <sup>c</sup>
		2	3.76±0.04 <sup>bc</sup>	0.83±0.03 <sup>ab</sup>	0.57±0.01 <sup>a</sup>	1642.4±112.9 <sup>b</sup>	787.2±67.6 <sup>b</sup>
		3	3.86±0.06 <sup>ca</sup>	0.81±0.04 <sup>ab</sup>	0.58±0.01 <sup>a</sup>	1485.8±85.9 <sup>cd</sup>	695.9±52.2 <sup>c</sup>
		4	3.80±0.03 <sup>abc</sup>	0.80±0.04 <sup>b</sup>	0.58±0.01 <sup>a</sup>	1544.4±133.8 <sup>c</sup>	717.1±77.6 <sup>c</sup>
		5	3.84±0.05 <sup>a</sup>	0.80±0.04 <sup>b</sup>	0.57±0.01 <sup>a</sup>	1524.3±170.8 <sup>cd</sup>	704.5±98.9 <sup>c</sup>
		6	3.87±0.02 <sup>a</sup>	0.81±0.04 <sup>ab</sup>	0.57±0.01 <sup>a</sup>	1441.9±76.1 <sup>c</sup>	670.6±54.8 <sup>c</sup>
		7	3.74±0.03 <sup>c</sup>	0.84±0.04 <sup>a</sup>	0.57±0.01 <sup>a</sup>	1685.5±143.9 <sup>b</sup>	809.5±75.6 <sup>b</sup>
		8	3.80±0.07 <sup>abc</sup>	0.84±0.03 <sup>a</sup>	0.56±0.01 <sup>b</sup>	1922.8±84.0 <sup>a</sup>	908.3±59.6 <sup>a</sup>
F-value			4.10 <sup>**</sup>	2.22 <sup>*</sup>	6.90 <sup>***</sup>	25.68 <sup>***</sup>	16.64 <sup>***</sup>
MSPII	GDL-Ca-gluconate	1	3.66±0.04 <sup>b</sup>	0.85±0.03 <sup>a</sup>	0.57±0.01 <sup>bc</sup>	1896.6±122.9 <sup>b</sup>	913.3±63.6 <sup>a</sup>
		2	3.67±0.05 <sup>b</sup>	0.85±0.02 <sup>a</sup>	0.58±0.01 <sup>ab</sup>	1659.2±136.5 <sup>bc</sup>	809.4±72.1 <sup>b</sup>
		3	3.76±0.03 <sup>a</sup>	0.83±0.03 <sup>a</sup>	0.57±0.01 <sup>bc</sup>	1738.9±93.5 <sup>c</sup>	824.9±57.4 <sup>b</sup>
		4	3.70±0.04 <sup>ab</sup>	0.85±0.03 <sup>a</sup>	0.57±0.01 <sup>ab</sup>	1706.4±140.0 <sup>c</sup>	827.8±82.7 <sup>b</sup>
		5	3.73±0.02 <sup>ab</sup>	0.83±0.03 <sup>a</sup>	0.57±0.01 <sup>ab</sup>	1689.7±87.9 <sup>c</sup>	808.8±52.2 <sup>b</sup>
		6	3.67±0.10 <sup>b</sup>	0.83±0.03 <sup>a</sup>	0.57±0.01 <sup>ab</sup>	1696.5±156.9 <sup>c</sup>	811.6±86.2 <sup>b</sup>
		7	3.70±0.01 <sup>ab</sup>	0.83±0.03 <sup>a</sup>	0.56±0.01 <sup>d</sup>	1993.4±113.8 <sup>a</sup>	932.9±64.5 <sup>a</sup>
		8	3.72±0.07 <sup>ab</sup>	0.85±0.03 <sup>a</sup>	0.58±0.01 <sup>a</sup>	1580.2±123.4 <sup>d</sup>	778.9±71.3 <sup>b</sup>
F-value			1.57	1.34	5.89 <sup>*</sup>	17.63 <sup>***</sup>	9.29 <sup>***</sup>
MSPII	CaSO <sub>4</sub> -Ca-gluconate	1	3.71±0.03 <sup>abcd</sup>	0.84±0.03 <sup>ab</sup>	0.58±0.01 <sup>bc</sup>	1565.7±123.6 <sup>bc</sup>	767.1±76.4 <sup>bc</sup>
		2	3.77±0.09 <sup>ab</sup>	0.83±0.04 <sup>ab</sup>	0.58±0.01 <sup>b</sup>	1436.6±118.4 <sup>d</sup>	697.8±78.4 <sup>d</sup>
		3	3.76±0.05 <sup>abc</sup>	0.83±0.03 <sup>ab</sup>	0.58±0.01 <sup>bbc</sup>	1510.6±111.5 <sup>bcd</sup>	732.1±70.4 <sup>bcd</sup>
		4	3.69±0.02 <sup>cd</sup>	0.83±0.04 <sup>b</sup>	0.59±0.01 <sup>a</sup>	1486.4±109.0 <sup>cd</sup>	731.9±77.7 <sup>bcd</sup>
		5	3.72±0.02 <sup>abc</sup>	0.83±0.02 <sup>ab</sup>	0.59±0.01 <sup>b</sup>	1472.4±89.5 <sup>cd</sup>	714.3±44.7 <sup>cd</sup>
		6	3.69±0.04 <sup>bcd</sup>	0.83±0.04 <sup>ab</sup>	0.58±0.01 <sup>b</sup>	1494.5±123.0 <sup>cd</sup>	727.8±79.5 <sup>bcd</sup>
		7	3.65±0.01 <sup>d</sup>	0.84±0.02 <sup>ab</sup>	0.58±0.01 <sup>b</sup>	1596.0±128.5 <sup>ab</sup>	780.9±75.8 <sup>ab</sup>
		8	3.78±0.06 <sup>a</sup>	0.86±0.03 <sup>a</sup>	0.58±0.01 <sup>c</sup>	1671.7±148.4 <sup>a</sup>	827.3±92.6 <sup>a</sup>
F-value			3.55 <sup>**</sup>	1.10	4.29 <sup>***</sup>	5.83 <sup>***</sup>	4.40 <sup>***</sup>

<sup>1)</sup> microparticulated soybean powder(USA), <sup>2)</sup> microparticulated soybean powder(Australian)

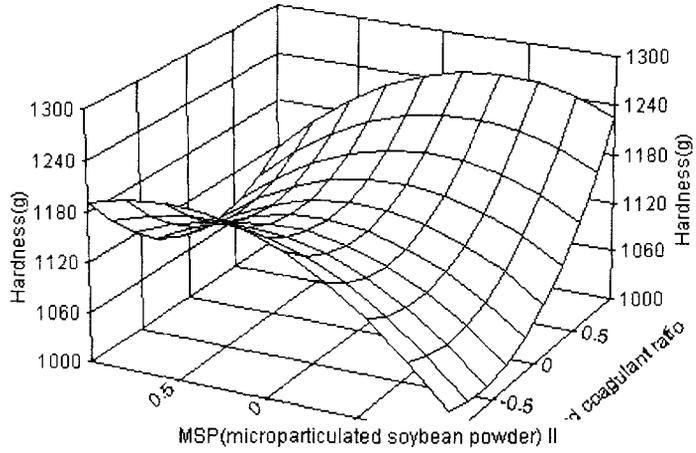
\* significance at 5%, \*\* significance at 1%, \*\*\*significance at 0.1%

Table 13. Values of regression equation calculated with heating time and mixed coagulant ratio for *Chundubu*.

Sample	Mixed coagulant	Variables	Regression equation	R <sup>2</sup>
MSPI <sup>1)</sup>	CaSO <sub>4</sub> -GDL	Hardness	$=1140.07+30.6X_1+13.94X_2-66.30X_1X_2+76.17X_1^2-75.02X_2^2$	0.941
		Chewiness	$=514.8+13.51X_1+5.98X_2-33.60X_1X_2-39.86X_1^2-39.86X_2^2$	0.951
	CaSO <sub>4</sub> - Ca-gluconate	Cohesiveness	$=0.582+0.003X_1+0.001X_2-0.008X_1X_2+0.002X_1^2-0.002X_2^2$	0.743
MSPI <sup>2)</sup>	GDL-	Springiness	$=0.847-0.009X_1-0.006X_2-0.009X_1X_2+0.006X_1^2+0.003X_2^2$	0.726
		Cohesiveness	$=0.573-0.007X_1+0.001X_2+0.035X_1X_2-0.003X_1^2-0.0003X_2^2$	0.865
	Ca-gluconate	Hardness	$=1694.36+182.7X_1-30.89X_2-102.4X_1X_2+94.77X_1^2+27.58X_2^2$	0.898
		Chewiness	$=812.09+68.16X_1-19.84X_2-53.5X_1X_2+45.45X_1^2+17.08X_2^2$	0.899
	CaSO <sub>4</sub> - Ca-gluconate	Hardness	$=1511.71-113.14X_1+2.70X_2+43.4X_1X_2+286.14X_1^2-49.362X_2^2$	0.960
Ca-gluconate	Cohesiveness	$=698.46-46.18X_1-3.56X_2+18.57X_1X_2-157.41X_1^2-17.46X_2^2$	0.962	

<sup>1)</sup> microparticulated soybean powder(USA), <sup>2)</sup>microparticulated soybean powder(Australian)

MSP(microparticulated soybean powder) I



MSP(microparticulated soybean powder) II

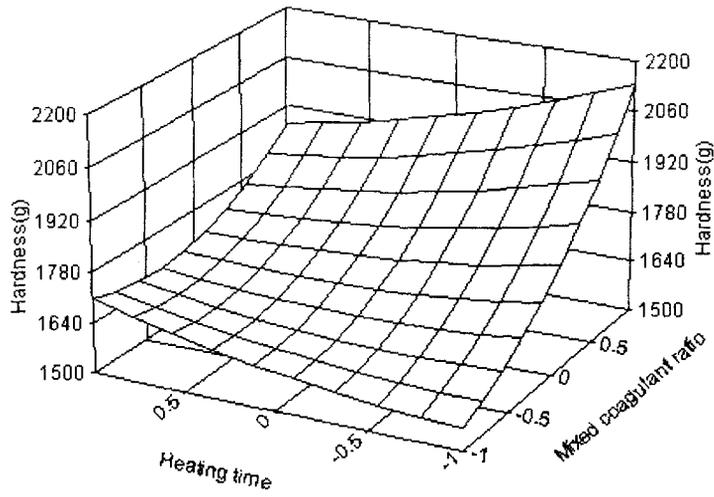


Fig. 5. Response surfaces on the hardness of *Chundubu*(compressed) according to mixed coagulant ratio and heating time.

#### 4) 최적 교반시간, 성형조건 및 첨가물에 의한 영향

교반시간의 경우 본 실험에 사용한 1L의 양은 균질기(OMNI 5000, U.S.A)로 5분 이상 교반하여도 큰 차이가 없어 5분으로 고정하였고, 성형 조건은 두부 문헌을 참고로 하여 20분간 가열한 후 응고제를 첨가 80℃ 항온기에서 응고시킨 후 2겹의 cheese cloth에 여과하고 plastic 용기(지름 6cm, 높이 6.5cm)에 누름추(지름 5cm, 높이 3.4cm, 무게 380g)로 20분간 압착하여 성형하였다.

한편 첨가물의 영향은 비교적 고온에서 안정한 gellan gum을 선정하여 0.5%로 미리 제조한 후 첨가량에 따른 전두부의 관능적 특성을 조사하였다. 그 결과 Table 14와 같이 각각의 관능적 특성에 있어서 두부의 조건인 외관과 탄력성, 단단한 정도가 가장 양호한 것은 혼합응고제 0.3%, gellan gum 0.015%가 높게 나타났다. 또한 Table 15과 Fig. 6은 첨가제 및 혼합응고제 사용량에 따른 전두부의 물리적 특성을 조사한 것으로 혼합응고제 0.3%에 첨가제 0.01%가 가장 양호한 전두부 상태를 나타내었고, 전두부에 적용 가능한 첨가제로는 carrageenan, gellan gum, sodium alginate 0.01%로 나타났다.

Table 14. Sensory properties of *Chundubu*(uncompressed) according to addition of gellan gum

Mixed coagulant (gellan gum) content(%)	Sensory properties				Overall Accep.
	Appearance	Surface	Hardness	Springiness	
0.35(0)	+++	+++++	+	+	+
0.4(0.025)	+++++	++	++++	+++	+
0.3(0.01)	+	+++	++	++	+++
0.2(0.015)	++	++	+++	++	+
0.3(0.05)	++	+	++++	++++	+
0.5(0.01)	+	+++	++	++	+

Table 15. Sensory properties of *Chundubu*(uncompressed) according to addition of various additives.

Additive varieties	Mixed coagulant(additive) content(%)					
	0.35 (0)	0.4 (0.025)	0.3 (0.01)	0.2 (0.015)	0.3 (0.05)	0.5 (0.01)
Alginate	대단히 단단함	단단함	단단함	단단함	단단함	단단함
Carrageenan	절단면 거침	작은 응고물	비단두부	묵과 유사	강한 탄성	성형상태 불량
Gellan gum	분리 현상	작은 기포	상대 양호	기포 형성	기포형성, 강한 탄성	기포 형성
Pectin	성형 불량	성형 불량	성형 불량	성형 불량	성형 불량	성형 불량
Sodium alginate	절단면 거침	기포형성, 응고	상대 양호	성형불량	작은 기포	응고,기포 형성

Fig. 7은 시판 일반두부와 동일한 방법으로 제조한 압착형 전두부와 연두부 형태의 비압착 두부를 사진으로 현상한 결과이다. 압착두부의 경우 조직감이 손두부와 같이 거친 반면 연두부형 비압착 두부의 경우는 부드럽고 매끄러운 조직감을 보였다.

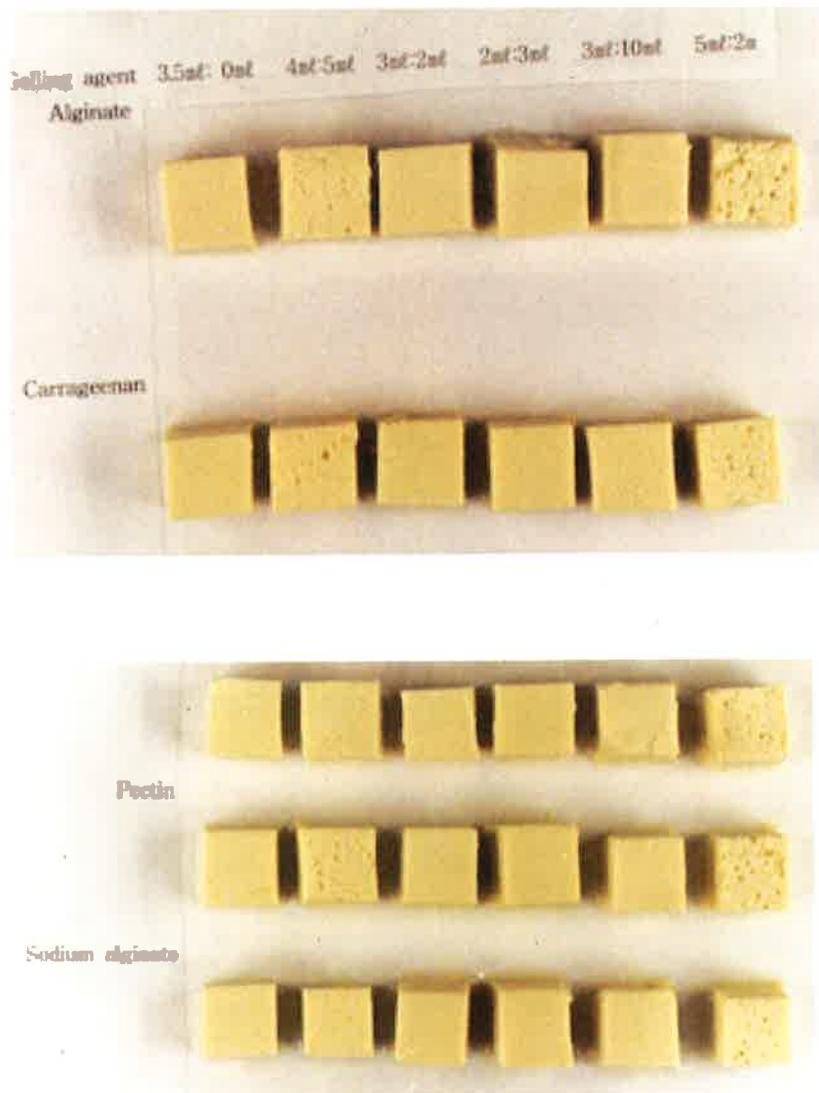


Fig. 6. *Chundubu*(uncompressed) prepared with various additives



Fig. 7. Compressed and uncompressed *Chundubu*

### 3. 부분변성을 이용한 전두부 조직감 개선 기술 탐색

#### 1) 효소처리에 의한 입도 크기 변화

전통적인 두부 제조에 사용하는 방법으로 침지된 대두를 분쇄기로 마쇄한 후 여과하지 않고 그 원액에 효소처리를 1시간 한 다음 입도 크기 변화와 그램 당 표면적 변화를 조사하였다. 그 결과(Table 16) 효소처리하지 않은 경우 두유 원액의 10%에 해당하는 평균 입도가 24.87  $\mu\text{m}$ 였던 시료가 효소 처리에 따라 2.70~5.71  $\mu\text{m}$ 까지 입도가 감소되었고, 50%에 해당하는 평균 입도 크기는 227.29  $\mu\text{m}$ 에서 208.57~220.11  $\mu\text{m}$ 로 약간 감소되었다. 전체 평균 입도의 경우 두유 원액의 240.89  $\mu\text{m}$ 에서 효소 처리에 따라 감소효과를 보였으며, 두유 그램 당 표면적도 변화가 있음을 확인하였다. 특히 큰 입자보다는 작은 입자에 대한 효소 처리 효과를 볼 수 있어서 어느 정도 입자 크기가 감소된 분말을 이용하면 입도 감소 효과가 증가될 것으로 판단되었다.

Table 16. Effects of various enzyme on the particle size and specific surface of prepared soybean milk by traditional method

Enzyme (%)	Cumulative mean diameter( $\mu\text{m}$ )			Total mean diameter( $\mu\text{m}$ )	Specific surface( $\text{cm}^2/\text{g}$ )	
	10%	50%	90%			
Control	24.87 $\pm$ 15.2 <sup>a</sup>	227.29 $\pm$ 5.4 <sup>d</sup>	447.49 $\pm$ 1.3 <sup>a</sup>	240.89 $\pm$ 3.6 <sup>a</sup>	8915.32 $\pm$ 1585.8 <sup>a</sup>	
Viscozyme	0.1	2.70 $\pm$ 0.4 <sup>b</sup>	201.66 $\pm$ 7.8 <sup>b</sup>	443.15 $\pm$ 1.6 <sup>a</sup>	223.09 $\pm$ 5.3 <sup>c</sup>	6810.16 $\pm$ 600.4 <sup>a</sup>
	0.5	2.73 $\pm$ 0.4 <sup>b</sup>	206.73 $\pm$ 4.7 <sup>bc</sup>	444.90 $\pm$ 2.1 <sup>a</sup>	226.66 $\pm$ 4.9 <sup>bc</sup>	7133.11 $\pm$ 751.7 <sup>a</sup>
	1.0	3.81 $\pm$ 1.3 <sup>b</sup>	213.49 $\pm$ 0.5 <sup>bc</sup>	446.59 $\pm$ 1.8 <sup>a</sup>	231.80 $\pm$ 1.2 <sup>abc</sup>	7657.62 $\pm$ 505.3 <sup>a</sup>
Celluclast	0.1	5.71 $\pm$ 0.4 <sup>b</sup>	220.11 $\pm$ 5.5 <sup>ab</sup>	446.77 $\pm$ 0.7 <sup>a</sup>	235.91 $\pm$ 2.3 <sup>ab</sup>	6042.61 $\pm$ 1015.7 <sup>a</sup>
	0.5	3.74 $\pm$ 0.1 <sup>b</sup>	208.57 $\pm$ 2.1 <sup>bc</sup>	444.67 $\pm$ 2.4 <sup>a</sup>	229.44 $\pm$ 2.6 <sup>bc</sup>	5965.30 $\pm$ 185.9 <sup>a</sup>
	1.0	4.22 $\pm$ 1.6 <sup>b</sup>	208.97 $\pm$ 9.4 <sup>bc</sup>	445.78 $\pm$ 2.5 <sup>a</sup>	230.54 $\pm$ 6.0 <sup>bc</sup>	5846.29 $\pm$ 451.8 <sup>a</sup>

한편 전두부의 경우 전통적인 두부와 달리 수용성 물질이외에 대두 전체를 사용하기 때문에 두부 제조시 조직감이 거칠다는 것이 문제점으로 되어 있다. 전통적인 두부의 원료인 두유에 대한 효소 처리 효과를 기초로 하여 입자 크기가 다른 대두 미세분말이 탄수화물 분해 효소의 양과 반응 시간에 따른 입도 변화를 조사하였다(Table 17, Fig. 8). 전반적으로 입도 크기가 작은 MSPII보다는 상대적으로 입도 크기가 큰 MSPI의 효소 처리 효과가 크게 나타났다. 대두 미세분말의 평균 입도는 각각 MSPI는  $56.40 \mu\text{m}$ , MSPII는  $14.40 \mu\text{m}$  였으나, 8% 용액으로 분산시켰을 때 각각  $60 \mu\text{m}$ ,  $27 \mu\text{m}$ 내외로 증가하는 경향을 보였는데, 이는 분말이 수분을 흡수하여 입도가 증가한 것으로 여겨진다. 그러나 그램 당 표면적의 경우 대두미세분말은 각각 MSPI  $10146.4 \text{ cm}^2/\text{g}$ , MSPII  $15559.9 \text{ cm}^2/\text{g}$ 에서 용액 상태에서는  $10146.4 \sim 11937.2 \text{ cm}^2/\text{g}$ 과 MSPII  $14385.6 \sim 16882.7 \text{ cm}^2/\text{g}$ 의 범위를 나타내었다. Fig. 8-a는 효소 및 효소 반응 시간에 따른 전체 평균 입도의 변화를 나타낸 것으로 분산액의 평균 입도가  $60 \mu\text{m}$ 내외였던 MSPI 경우 효소 반응시간 증가에 따라 입도 감소 경향을 보였다. 효소에 따라서는 cellulose를 선택적으로 분해하는 celluclast보다는 탄수화물 복합효소인 viscozyme의 효과가 더 크게 나타났고, 효소 처리 시간에 따라서 MSPI은 반응 2시간 이상부터는 입도 감소 효과가 거의 없이 일정하게 유지되었다. 반면에 평균 입도 크기가 작은 MSPII의 경우는 효소별 및 효소 처리 시간에 따라 큰 차이가 없었다(Fig. 8-b). Fig. 9는 효소 처리하지 않은 대두 미세분말을 대조구로 하여 효소처리한 대두미세분말액의 표면적 증가를 나타낸 것이다. 효소 처리에 의한 입도 감소 효과와 비슷하게 celluclast보다는 viscozyme 처리구가 표면적 증가 효과가 있었고, 처리 시간에 따라서는 약 2시간 이상 처리한 경우 다시 감소하는 경향을 보였다.

Table 17. Particle size and specific surface of microparticulated soybean powder according to enzyme treatment

Sample	Enzyme (%)	Cumulative mean diameter( $\mu\text{m}$ )	Enzyme treatment time(min)						
			0	30	60	90	120	180	240
Control	10%	3.51 <sup>a</sup>	3.41 <sup>a</sup>	3.44 <sup>a</sup>	3.46 <sup>a</sup>	3.38 <sup>a</sup>	3.45 <sup>a</sup>	3.39 <sup>a</sup>	3.37 <sup>a</sup>
	50%	49.70 <sup>a</sup>	49.60 <sup>a</sup>	50.36 <sup>a</sup>	50.05 <sup>a</sup>	49.2 <sup>a</sup>	50.90 <sup>a</sup>	49.64 <sup>a</sup>	49.71 <sup>a</sup>
	90%	130.21 <sup>a</sup>	129.2 <sup>a</sup>	132.5 <sup>a</sup>	130.67 <sup>a</sup>	128.62 <sup>a</sup>	132.30 <sup>a</sup>	130.09 <sup>a</sup>	129.19 <sup>a</sup>
	Mean	59.97 <sup>a</sup>	59.71 <sup>a</sup>	60.85 <sup>a</sup>	60.26 <sup>a</sup>	59.25 <sup>a</sup>	60.99 <sup>a</sup>	59.89 <sup>a</sup>	59.65 <sup>a</sup>
	Specific surface	10165.8 <sup>a</sup>	11210.4 <sup>a</sup>	10687.7 <sup>a</sup>	10233.5 <sup>a</sup>	10994.3 <sup>a</sup>	10389.6 <sup>a</sup>	10621.3 <sup>a</sup>	11002.9 <sup>a</sup>
V-0.1	10%	3.51 <sup>a</sup>	3.47 <sup>a</sup>	3.38 <sup>a</sup>	3.26 <sup>a</sup>	3.07 <sup>a</sup>	2.95 <sup>a</sup>	2.95 <sup>a</sup>	3.10 <sup>a</sup>
	50%	49.53 <sup>a</sup>	48.83 <sup>a</sup>	47.19 <sup>a</sup>	45.63 <sup>a</sup>	44.94 <sup>a</sup>	42.36 <sup>a</sup>	44.45 <sup>a</sup>	43.68 <sup>a</sup>
	90%	130.21 <sup>ab</sup>	133.42 <sup>a</sup>	131.25 <sup>ab</sup>	130.87 <sup>ab</sup>	128.54 <sup>bc</sup>	124.54 <sup>bc</sup>	126.75 <sup>bc</sup>	126.50 <sup>bc</sup>
	Mean	59.97 <sup>a</sup>	59.88 <sup>a</sup>	58.52 <sup>a</sup>	57.84 <sup>a</sup>	56.45 <sup>a</sup>	54.13 <sup>a</sup>	55.68 <sup>a</sup>	55.43 <sup>a</sup>
	Specific surface	10165.8 <sup>a</sup>	10055.8 <sup>a</sup>	10247.1 <sup>c</sup>	11522.6 <sup>bc</sup>	12661.5 <sup>ab</sup>	13134.1 <sup>a</sup>	13355.1 <sup>a</sup>	11575.2 <sup>bc</sup>
V-0.5	10%	3.53 <sup>a</sup>	3.38 <sup>a</sup>	3.37 <sup>a</sup>	3.18 <sup>a</sup>	3.07 <sup>a</sup>	3.08 <sup>a</sup>	3.05 <sup>a</sup>	3.20 <sup>a</sup>
	50%	51.27 <sup>a</sup>	51.27 <sup>a</sup>	47.14 <sup>a</sup>	47.00 <sup>a</sup>	44.53 <sup>a</sup>	44.74 <sup>a</sup>	44.45 <sup>a</sup>	43.65 <sup>a</sup>
	90%	133.51 <sup>a</sup>	134.01 <sup>a</sup>	132.24 <sup>a</sup>	135.01 <sup>a</sup>	128.00 <sup>b</sup>	128.24 <sup>b</sup>	126.41 <sup>b</sup>	127.57 <sup>b</sup>
	Mean	61.12 <sup>a</sup>	60.14 <sup>a</sup>	58.75 <sup>a</sup>	59.05 <sup>a</sup>	56.05 <sup>ab</sup>	55.33 <sup>ab</sup>	55.63 <sup>a</sup>	55.75 <sup>a</sup>
	Specific surface	10146.4 <sup>a</sup>	10789.3 <sup>a</sup>	10735.1 <sup>c</sup>	11883.1 <sup>ab</sup>	12984.4 <sup>a</sup>	12745.3 <sup>a</sup>	12441.8 <sup>a</sup>	10967.8 <sup>bc</sup>
MSPT <sup>1)</sup> V-1.0	10%	3.42 <sup>a</sup>	3.39 <sup>a</sup>	3.21 <sup>a</sup>	3.18 <sup>a</sup>	3.02 <sup>a</sup>	2.99 <sup>a</sup>	3.07 <sup>a</sup>	3.22 <sup>a</sup>
	50%	49.19 <sup>a</sup>	49.33 <sup>a</sup>	45.01 <sup>a</sup>	44.56 <sup>a</sup>	42.80 <sup>a</sup>	42.81 <sup>a</sup>	42.75 <sup>a</sup>	42.25 <sup>a</sup>
	90%	132.74 <sup>a</sup>	134.99 <sup>a</sup>	129.90 <sup>bc</sup>	128.25 <sup>b</sup>	126.05 <sup>b</sup>	125.21 <sup>b</sup>	125.41 <sup>b</sup>	124.83 <sup>bc</sup>
	Mean	59.94 <sup>a</sup>	60.48 <sup>a</sup>	57.00 <sup>ab</sup>	56.24 <sup>ab</sup>	54.74 <sup>b</sup>	54.54 <sup>b</sup>	54.62 <sup>b</sup>	54.34 <sup>b</sup>
	Specific surface	10691.1 <sup>bc</sup>	10737.6 <sup>bc</sup>	11555.3 <sup>ab</sup>	11958.8 <sup>ab</sup>	13410.3 <sup>a</sup>	13440.4 <sup>a</sup>	12477.3 <sup>ab</sup>	10862.8 <sup>bc</sup>
C-0.1	10%	3.17 <sup>a</sup>	3.18 <sup>a</sup>	3.07 <sup>a</sup>	3.12 <sup>a</sup>	3.08 <sup>a</sup>	3.01 <sup>a</sup>	3.05 <sup>a</sup>	2.95 <sup>a</sup>
	50%	53.15 <sup>a</sup>	52.35 <sup>a</sup>	50.49 <sup>a</sup>	51.08 <sup>a</sup>	49.65 <sup>a</sup>	49.51 <sup>a</sup>	50.01 <sup>a</sup>	48.35 <sup>a</sup>
	90%	137.01 <sup>a</sup>	135.00 <sup>a</sup>	134.42 <sup>a</sup>	136.15 <sup>a</sup>	134.90 <sup>a</sup>	133.84 <sup>a</sup>	134.25 <sup>a</sup>	132.89 <sup>a</sup>
	Mean	62.85 <sup>a</sup>	61.94 <sup>a</sup>	60.82 <sup>a</sup>	61.57 <sup>a</sup>	60.61 <sup>a</sup>	60.11 <sup>a</sup>	60.55 <sup>a</sup>	59.34 <sup>a</sup>
	Specific surface	11937.2 <sup>a</sup>	11320.2 <sup>a</sup>	11957.8 <sup>a</sup>	11472.6 <sup>a</sup>	11815.1 <sup>a</sup>	12208.4 <sup>a</sup>	11886.7 <sup>a</sup>	12360.0 <sup>a</sup>
C-0.5	10%	3.20 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	3.13 <sup>a</sup>	3.12 <sup>a</sup>	3.08 <sup>a</sup>	3.10 <sup>a</sup>	3.16 <sup>a</sup>	3.12 <sup>a</sup>
	50%	51.78 <sup>a</sup>	50.87 <sup>a</sup>	50.85 <sup>a</sup>	50.57 <sup>a</sup>	50.14 <sup>a</sup>	50.08 <sup>a</sup>	49.95 <sup>a</sup>	49.99 <sup>a</sup>
	90%	133.30 <sup>a</sup>	133.79 <sup>a</sup>	134.95 <sup>a</sup>	134.03 <sup>a</sup>	134.74 <sup>a</sup>	134.48 <sup>a</sup>	133.60 <sup>a</sup>	133.54 <sup>a</sup>
	Mean	61.24 <sup>a</sup>	60.79 <sup>a</sup>	61.15 <sup>a</sup>	60.74 <sup>a</sup>	60.62 <sup>a</sup>	60.61 <sup>a</sup>	60.37 <sup>a</sup>	60.41 <sup>a</sup>
	Specific surface	11117.2 <sup>a</sup>	11173.3 <sup>a</sup>	11589.6 <sup>a</sup>	11672.0 <sup>a</sup>	11785.7 <sup>a</sup>	11392.8 <sup>a</sup>	10872.7 <sup>a</sup>	11393.1 <sup>a</sup>
C-1.0	10%	3.20 <sup>a</sup>	3.39 <sup>a</sup>	3.21 <sup>a</sup>	3.18 <sup>a</sup>	3.02 <sup>a</sup>	2.99 <sup>a</sup>	3.07 <sup>a</sup>	3.22 <sup>a</sup>
	50%	51.88 <sup>a</sup>	49.33 <sup>a</sup>	45.01 <sup>ab</sup>	44.56 <sup>ab</sup>	42.80 <sup>b</sup>	42.81 <sup>b</sup>	42.74 <sup>b</sup>	42.25 <sup>b</sup>
	90%	133.20 <sup>a</sup>	134.99 <sup>a</sup>	129.90 <sup>b</sup>	128.25 <sup>b</sup>	126.05 <sup>b</sup>	125.21 <sup>b</sup>	125.41 <sup>b</sup>	124.83 <sup>b</sup>
	Mean	61.24 <sup>a</sup>	60.48 <sup>a</sup>	57.00 <sup>ab</sup>	56.24 <sup>ab</sup>	54.74 <sup>b</sup>	54.54 <sup>b</sup>	54.62 <sup>b</sup>	54.34 <sup>b</sup>
	Specific surface	11180.3 <sup>bc</sup>	10737.6 <sup>bc</sup>	11555.3 <sup>bc</sup>	11958.8 <sup>bc</sup>	13410.3 <sup>a</sup>	13440.4 <sup>a</sup>	12477.3 <sup>b</sup>	10862.8 <sup>b</sup>

Control	10%	2.55 <sup>a</sup>	2.49 <sup>a</sup>	2.96 <sup>a</sup>	2.49 <sup>a</sup>	2.46 <sup>a</sup>	2.45 <sup>a</sup>	2.43 <sup>a</sup>	2.48 <sup>a</sup>
	50%	13.3 <sup>a</sup>	12.95 <sup>a</sup>	13.26 <sup>a</sup>	13.13 <sup>a</sup>	13.13 <sup>a</sup>	13.01 <sup>a</sup>	13.14 <sup>a</sup>	13.34 <sup>a</sup>
	90%	72.86 <sup>a</sup>	70.80 <sup>a</sup>	72.93 <sup>a</sup>	71.21 <sup>a</sup>	71.06 <sup>a</sup>	70.46 <sup>a</sup>	71.81 <sup>a</sup>	73.49 <sup>a</sup>
	Mean	26.72 <sup>a</sup>	20.09 <sup>a</sup>	26.74 <sup>a</sup>	26.30 <sup>a</sup>	26.04 <sup>a</sup>	26.01 <sup>a</sup>	26.45 <sup>a</sup>	26.75 <sup>a</sup>
	Specific surface	14385.6 <sup>a</sup>	14708.1 <sup>a</sup>	14480.6 <sup>a</sup>	14456.8 <sup>a</sup>	14914.7 <sup>a</sup>	15076.8 <sup>a</sup>	15249.4 <sup>a</sup>	14183.4 <sup>a</sup>
V- 0.1	10%	2.29 <sup>a</sup>	2.66 <sup>a</sup>	2.35 <sup>a</sup>	2.37 <sup>a</sup>	2.36 <sup>a</sup>	2.34 <sup>a</sup>	2.38 <sup>a</sup>	2.27 <sup>a</sup>
	50%	13.30 <sup>a</sup>	14.17 <sup>a</sup>	12.66 <sup>a</sup>	13.04 <sup>a</sup>	12.73 <sup>a</sup>	12.68 <sup>a</sup>	12.96 <sup>a</sup>	12.78 <sup>a</sup>
	90%	72.86 <sup>a</sup>	74.10 <sup>a</sup>	71.36 <sup>a</sup>	72.78 <sup>a</sup>	71.66 <sup>a</sup>	71.50 <sup>a</sup>	72.86 <sup>a</sup>	71.32 <sup>a</sup>
	Mean	26.72 <sup>a</sup>	27.52 <sup>a</sup>	26.16 <sup>a</sup>	26.69 <sup>a</sup>	26.25 <sup>a</sup>	26.15 <sup>a</sup>	26.60 <sup>a</sup>	26.15 <sup>a</sup>
	Specific surface	15337.7 <sup>b</sup>	13087.7 <sup>b</sup>	16984.4 <sup>ab</sup>	16717.1 <sup>ab</sup>	16193.9 <sup>ab</sup>	16881.8 <sup>ab</sup>	16337.0 <sup>ab</sup>	18031.8 <sup>a</sup>
V- 0.5	10%	2.31 <sup>a</sup>	2.44 <sup>a</sup>	2.43 <sup>a</sup>	2.44 <sup>a</sup>	2.51 <sup>a</sup>	2.52 <sup>a</sup>	2.49 <sup>a</sup>	2.63 <sup>a</sup>
	50%	13.37 <sup>a</sup>	13.21 <sup>a</sup>	12.78 <sup>a</sup>	13.02 <sup>a</sup>	13.04 <sup>a</sup>	12.92 <sup>a</sup>	13.05 <sup>a</sup>	13.97 <sup>a</sup>
	90%	73.26 <sup>a</sup>	72.89 <sup>a</sup>	71.58 <sup>a</sup>	73.25 <sup>a</sup>	71.98 <sup>a</sup>	71.80 <sup>a</sup>	72.95 <sup>a</sup>	73.36 <sup>a</sup>
	Mean	26.93 <sup>a</sup>	26.77 <sup>a</sup>	26.31 <sup>a</sup>	26.83 <sup>a</sup>	26.52 <sup>a</sup>	26.43 <sup>a</sup>	26.66 <sup>a</sup>	27.23 <sup>a</sup>
	Specific surface	15325.4 <sup>ab</sup>	16310.8 <sup>a</sup>	15498.8 <sup>ab</sup>	15591.1 <sup>ab</sup>	14338.3 <sup>c</sup>	13863.1 <sup>c</sup>	14256.4 <sup>c</sup>	13072.4 <sup>c</sup>
MSPI <sup>2)</sup> V-1.0	10%	2.35 <sup>a</sup>	2.60 <sup>a</sup>	2.50 <sup>a</sup>	2.46 <sup>a</sup>	2.52 <sup>a</sup>	2.56 <sup>a</sup>	2.49 <sup>a</sup>	2.48 <sup>a</sup>
	50%	13.96 <sup>a</sup>	14.78 <sup>a</sup>	13.13 <sup>a</sup>	12.94 <sup>a</sup>	13.14 <sup>a</sup>	13.15 <sup>a</sup>	13.44 <sup>a</sup>	13.37 <sup>a</sup>
	90%	74.89 <sup>a</sup>	74.40 <sup>a</sup>	71.85 <sup>a</sup>	70.75 <sup>a</sup>	72.82 <sup>a</sup>	72.15 <sup>a</sup>	73.01 <sup>a</sup>	72.36 <sup>a</sup>
	Mean	27.57 <sup>a</sup>	27.88 <sup>a</sup>	26.57 <sup>a</sup>	26.10 <sup>a</sup>	26.78 <sup>a</sup>	26.62 <sup>a</sup>	26.90 <sup>a</sup>	26.71 <sup>a</sup>
	Specific surface	16882.7 <sup>a</sup>	15630.9 <sup>ab</sup>	14827.6 <sup>ab</sup>	15554.1 <sup>ab</sup>	14369.9 <sup>ab</sup>	13567.2 <sup>b</sup>	12477.3 <sup>c</sup>	15197.7 <sup>ab</sup>
C-0.1	10%	2.53 <sup>a</sup>	2.58 <sup>a</sup>	2.60 <sup>a</sup>	2.58 <sup>a</sup>	2.47 <sup>a</sup>	2.54 <sup>a</sup>	2.48 <sup>a</sup>	2.53 <sup>a</sup>
	50%	13.98 <sup>a</sup>	12.56 <sup>a</sup>	12.66 <sup>a</sup>	12.51 <sup>a</sup>	12.01 <sup>a</sup>	12.40 <sup>a</sup>	12.44 <sup>a</sup>	12.35 <sup>a</sup>
	90%	77.89 <sup>a</sup>	72.34 <sup>ab</sup>	72.54 <sup>ab</sup>	69.74 <sup>ab</sup>	71.37 <sup>ab</sup>	71.12 <sup>ab</sup>	71.94 <sup>ab</sup>	71.21 <sup>ab</sup>
	Mean	28.32 <sup>a</sup>	26.45 <sup>a</sup>	26.58 <sup>a</sup>	26.05 <sup>a</sup>	25.95 <sup>a</sup>	26.14 <sup>a</sup>	26.32 <sup>a</sup>	26.13 <sup>a</sup>
	Specific surface	15103.6 <sup>a</sup>	14055.6 <sup>a</sup>	13689.29 <sup>ab</sup>	13819.9 <sup>ab</sup>	15141.2 <sup>a</sup>	14320.9 <sup>ab</sup>	15531.1 <sup>a</sup>	14573.8 <sup>ab</sup>
C-0.5	10%	2.44 <sup>a</sup>	2.49 <sup>a</sup>	2.47 <sup>a</sup>	2.42 <sup>a</sup>	2.47 <sup>a</sup>	2.50 <sup>a</sup>	2.53 <sup>a</sup>	2.54 <sup>a</sup>
	50%	14.02 <sup>a</sup>	12.90 <sup>a</sup>	12.66 <sup>a</sup>	12.66 <sup>a</sup>	12.84 <sup>a</sup>	12.57 <sup>a</sup>	12.80 <sup>a</sup>	12.64 <sup>a</sup>
	90%	77.78 <sup>a</sup>	71.52 <sup>ab</sup>	70.01 <sup>ab</sup>	71.93 <sup>ab</sup>	72.98 <sup>ab</sup>	71.00 <sup>ab</sup>	72.78 <sup>ab</sup>	71.20 <sup>ab</sup>
	Mean	28.24 <sup>a</sup>	26.41 <sup>a</sup>	26.14 <sup>a</sup>	26.33 <sup>a</sup>	26.64 <sup>a</sup>	26.17 <sup>a</sup>	26.66 <sup>a</sup>	26.21 <sup>a</sup>
	Specific surface	16153.4 <sup>a</sup>	15301.1 <sup>ab</sup>	15402.1 <sup>ab</sup>	16335.7 <sup>a</sup>	15660.2 <sup>ab</sup>	14723.1 <sup>ab</sup>	14275.3 <sup>ab</sup>	13923.0 <sup>b</sup>
C-1.0	10%	2.50 <sup>a</sup>	2.65 <sup>a</sup>	2.54 <sup>a</sup>	2.53 <sup>a</sup>	2.57 <sup>a</sup>	2.58 <sup>a</sup>	2.65 <sup>a</sup>	2.61 <sup>a</sup>
	50%	13.75 <sup>a</sup>	12.78 <sup>a</sup>	12.55 <sup>a</sup>	12.57 <sup>a</sup>	12.58 <sup>a</sup>	12.65 <sup>a</sup>	12.66 <sup>a</sup>	12.91 <sup>a</sup>
	90%	75.49 <sup>a</sup>	71.54 <sup>ab</sup>	71.29 <sup>ab</sup>	72.04 <sup>ab</sup>	71.44 <sup>ab</sup>	70.16 <sup>ab</sup>	70.14 <sup>ab</sup>	72.26 <sup>ab</sup>
	Mean	27.64 <sup>a</sup>	26.42 <sup>a</sup>	26.25 <sup>a</sup>	26.40 <sup>a</sup>	26.29 <sup>a</sup>	26.23 <sup>a</sup>	26.23 <sup>a</sup>	26.68 <sup>a</sup>
	Specific surface	15435.7	12826.8 <sup>b</sup>	14286.5 <sup>b</sup>	14514.9 <sup>b</sup>	13729.8 <sup>ab</sup>	13666.2 <sup>ab</sup>	12079.9 <sup>b</sup>	13240.2 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup> Microparticulated soybean powder(U.S.A.)

<sup>2)</sup> Microparticulated soybean powder(Australia)

<sup>abc</sup> Different letters in same column mean significantly difference at (p<0.05)

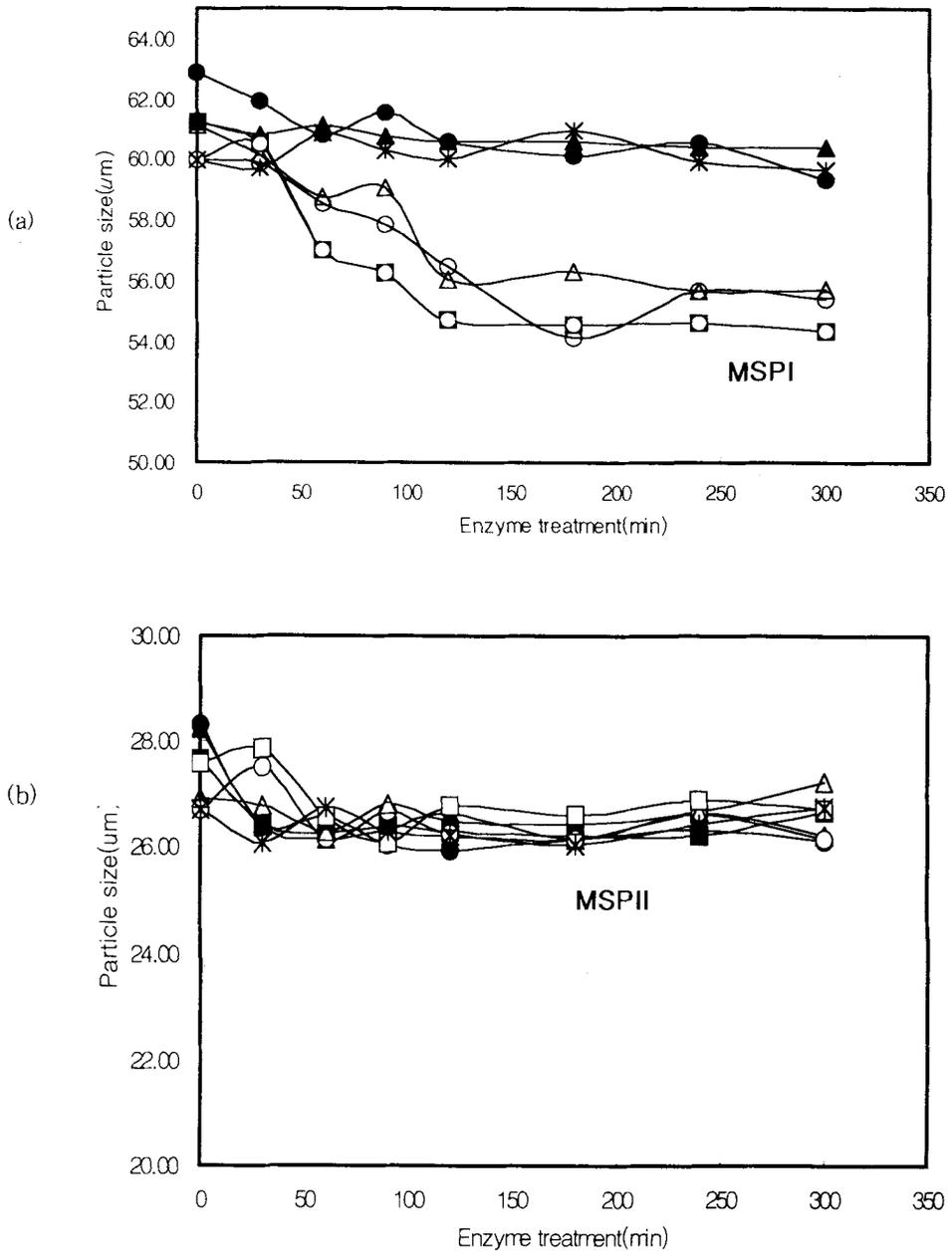


Fig. 8. Effects of enzyme treatment on the particle size of microparticulated soybean powder

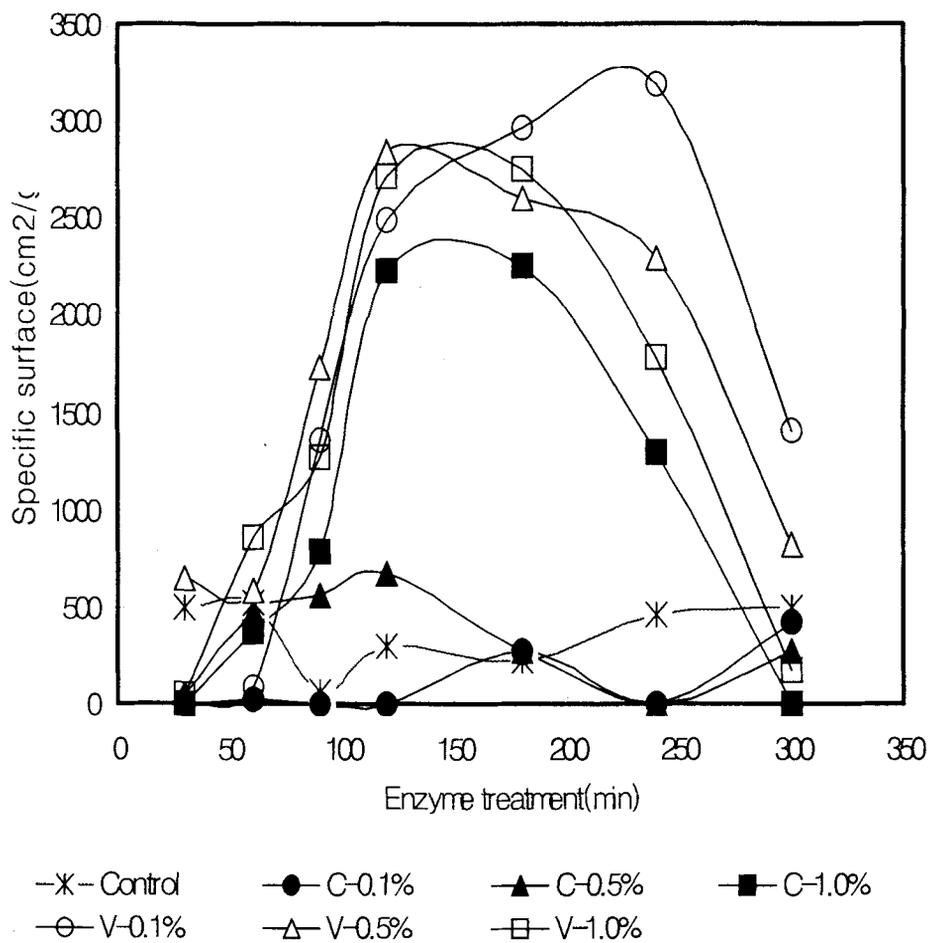


Fig. 9. Effects of enzyme treatment on specific surface of microparticulated soybean powder

## 2) 효소처리에 의한 색도 변화

전두부의 조직감의 개선을 위하여 대두미세분말의 입도를 감소시키기 위하여 효소처리를 할 경우 반응에 의하여 색도의 변화를 일으킬 수 있다. 효소처리의 경우 약 50°C의 항온기에서 약 3시간 정도 반응시키면 입자 크기 감소와 함께 갈변 현상이 있을 것으로 여겨져 효소 처리에 따른 대두미세분말액의 반응 시간별로 시료를 취하여 밝기를 나타내는 L값과, 적색-녹색을 나타내는 a값 및 황색-청색인 b값을 측정하고, 효소 반응을 시키지 않은 각 구간별 초기 대두미세분말액을 대조구로  $\Delta E$  값을 조사하였다. 그 결과(Table 18) MSPI 시료의 경우 효소처리구가 효소처리를 하지 않은 대조구에 비하여 효소 반응 전반에 걸쳐 높게 나타났고, a값은 효소처리구가 약간 낮게 나타났으며, 황색도를 나타내는 b값도 대조구에 비하여 약간 높은 값을 나타내었다. 이는 사용한 효소의 색이 진한 갈색을 갖고 있어서 대두미세분말액이 색 자체에 영향을 미친 것으로 여겨진다. 또한 MSPII 시료는 L값과 a, b값 모두 MSPI 시료와 전반적으로 유사한 경향을 나타내었으나, 효소처리구간에 큰 차이를 보이지 않았다. 효소 처리 시간에 따라서는 전반적으로 L값에는 유의적인 경향을 보이지 않았으나, a값은 효소 처리시간이 증가함에 따라 증가하고, b값은 감소하는 경향을 보였다. 식품의 갈변은 효소적인 반응과 비효소적인 반응으로 크게 나눌 수 있고, 특히 본 연구와 관련되는 부분은 비효소적 반응중 mailard 반응으로 여겨지는데, 이는 대두 미세분말의 경우 대두를 탈피한 후 미분쇄한 것으로 그 성분을 보면 mailard 반응의 전구 물질인 아미노산과 당을 함유하고 있어 색 변화를 일으키는 원인중의 하나라고 생각된다<sup>(26)</sup>.

한편 색도 변화의 경향을 보기 위하여 대조구의 L, a, b값과 효소별 및 효소 반응 시간별 대두미세분말액의 색도 차이 정도를  $\Delta E$ 로 환산하였다<sup>(27)</sup>. 그 결과(Fig. 10) MSPI의 경우 효소처리하지 않은 대조구에 비하여 효소별, 효소 반응 시간별로  $\Delta E$ 값이 1.5 이내를 나타내었으나, MSPII는 MSPI구보다 높은 3.0까지 차이를 나타내었다. 또 반응 시간별로 MSPI은 1시간까지  $\Delta E$ 값이 증가하다가 평형을 이루었으나, MSPII시료는  $\Delta E$ 값이 계속 증가하는 경향을 보이는데, 이는 입도 크기가 효소 반응 시간 동안 mailard 반응 속도에 영향을 주는 것으로 추정된다.

Table 18. The color value of microparticulated soybean powder according to enzyme treatment

Sample	Enzyme (%)	color value	Enzyme treatment(min)							
			0	30	60	90	120	180	240	300
Control	L		76.01	76.99	78.33	78.45	78.49	78.17	78.09	77.75
	a		-1.42	-0.94	-0.72	-0.62	-0.51	-0.26	-0.12	0.00
	b		9.86	9.81	10.47	10.38	10.26	9.85	9.92	9.84
	$\Delta E$		-	1.02	1.41	1.54	1.59	1.31	1.28	1.98
V- 0.1	L		71.94	72.85	72.78	72.79	73.06	73.11	73.11	72.96
	a		-1.47	-1.20	-1.11	-0.96	-0.93	-0.86	-0.86	-0.93
	b		9.97	9.47	9.08	8.82	8.81	8.76	8.76	9.25
	$\Delta E$		0.54	0.51	0.85	1.09	1.23	1.32	1.32	0.89
V- 0.5	L		72.31	73.28	73.07	73.26	73.17	72.99	72.90	73.09
	a		-1.38	-1.33	-1.21	-1.01	-0.96	-1.02	-1.01	-0.99
	b		9.73	9.01	8.66	8.82	8.86	8.57	8.80	8.98
	$\Delta E$		0.13	1.13	1.27	1.31	1.25	1.36	1.13	1.11
MSP'' V-1.0	L		72.72	73.55	73.69	73.66	73.53	73.60	73.54	72.97
	a		-1.46	-1.29	-1.10	-0.94	-0.96	-0.92	-0.91	-1.03
	b		9.47	8.94	8.77	9.08	8.77	8.73	8.97	9.08
	$\Delta E$		0.40	1.39	1.63	1.50	1.54	1.63	1.46	0.95
C-0.1	L		71.93	72.88	72.89	73.02	72.99	73.04	72.96	72.95
	a		-1.75	-1.52	-1.26	-1.18	-1.06	-0.95	-0.91	-0.86
	b		9.99	9.78	9.24	8.94	8.87	8.79	8.79	9.07
	$\Delta E$		0.63	0.47	0.71	1.03	1.10	1.23	1.20	1.03
C-0.5	L		72.05	72.77	72.72	72.77	72.95	72.84	72.72	72.77
	a		-1.72	-1.47	-1.31	-1.15	-0.97	-0.94	-0.88	-0.89
	b		10.38	9.55	9.23	8.95	8.90	8.62	8.77	8.94
	$\Delta E$		0.81	0.39	0.59	1.30	1.09	1.28	1.02	1.02
C-1.0	L		72.26	73.13	72.92	73.17	73.19	73.04	72.77	73.03
	a		-1.75	-1.62	-1.45	-1.17	-1.01	-0.93	-0.84	-0.87
	b		10.36	9.92	9.55	9.01	8.86	8.93	9.00	8.97
	$\Delta E$		0.73	0.77	0.54	1.08	1.24	1.13	1.00	1.13

	Control	L	72.87	73.07	70.38	71.71	72.13	72.06	71.91	72.17
		a	-1.39	-1.25	-1.08	-0.79	-0.43	-0.27	-0.18	-0.17
		b	10.15	9.87	9.37	9.14	9.04	9.11	9.09	9.10
		$\Delta E$	-	1.05	1.88	1.23	1.47	1.52	1.62	1.62
	V- 0.1	L	70.400	70.43	70.56	71.01	71.21	71.04	71.17	71.37
		a	-1.67	-2.04	-1.79	-1.53	-1.22	-1.11	-0.96	-0.92
		b	11.37	9.69	9.99	9.78	9.92	9.67	9.80	9.43
		$\Delta E$	0.45	1.76	1.26	1.37	1.36	1.58	1.95	1.95
	V- 0.5	L	70.43	70.79	71.56	71.44	71.67	71.50	71.58	70.26
		a	-1.81	-1.97	-1.51	-1.32	-1.16	-1.11	-0.97	-1.13
		b	11.74	10.34	10.71	10.00	9.72	9.94	9.65	9.11
		$\Delta E$	0.72	0.82	0.91	1.35	1.74	1.00	1.82	2.14
MSHI V-1.0	L	70.61	71.37	71.64	71.64	71.66	71.21	71.40	71.51	
	a	-1.98	-1.96	-1.50	-1.27	-1.20	-1.03	-0.89	-0.90	
	b	11.64	10.19	10.51	10.14	9.88	10.00	9.79	9.72	
	$\Delta E$	0.59	1.14	1.08	1.37	1.60	1.37	1.67	2.76	
C-0.1	L	70.49	70.39	70.70	69.39	62.86	64.62	70.29	68.83	
	a	-1.83	-1.75	-1.51	-1.38	-0.97	-0.97	-1.24	-1.10	
	b	11.11	10.19	9.75	9.19	8.36	8.34	9.03	9.00	
	$\Delta E$	0.51	1.38	1.78	2.73	2.54	2.96	2.60	3.23	
C-0.5	L	69.65	70.60	70.33	70.58	65.56	70.16	67.41	70.65	
	a	-2.06	-1.68	-1.55	-1.45	-1.21	-1.29	-1.08	-1.25	
	b	11.05	9.97	9.49	9.24	8.90	9.40	8.60	8.70	
	$\Delta E$	1.27	1.56	2.08	2.30	2.85	2.25	2.49	2.85	
C-1.0	L	68.45	70.40	70.45	70.54	70.45	70.76	70.54	70.46	
	a	-2.05	-1.90	-1.74	-1.47	-1.35	-1.22	-1.22	-1.18	
	b	11.06	10.07	9.68	9.37	9.12	9.15	9.02	8.89	
	$\Delta E$	2.40	1.51	1.86	2.17	2.44	2.41	2.55	2.69	

<sup>1)</sup> Microparticulated soybean powder(U.S.A.)

<sup>2)</sup> Microparticulated soybean powder(Australia)

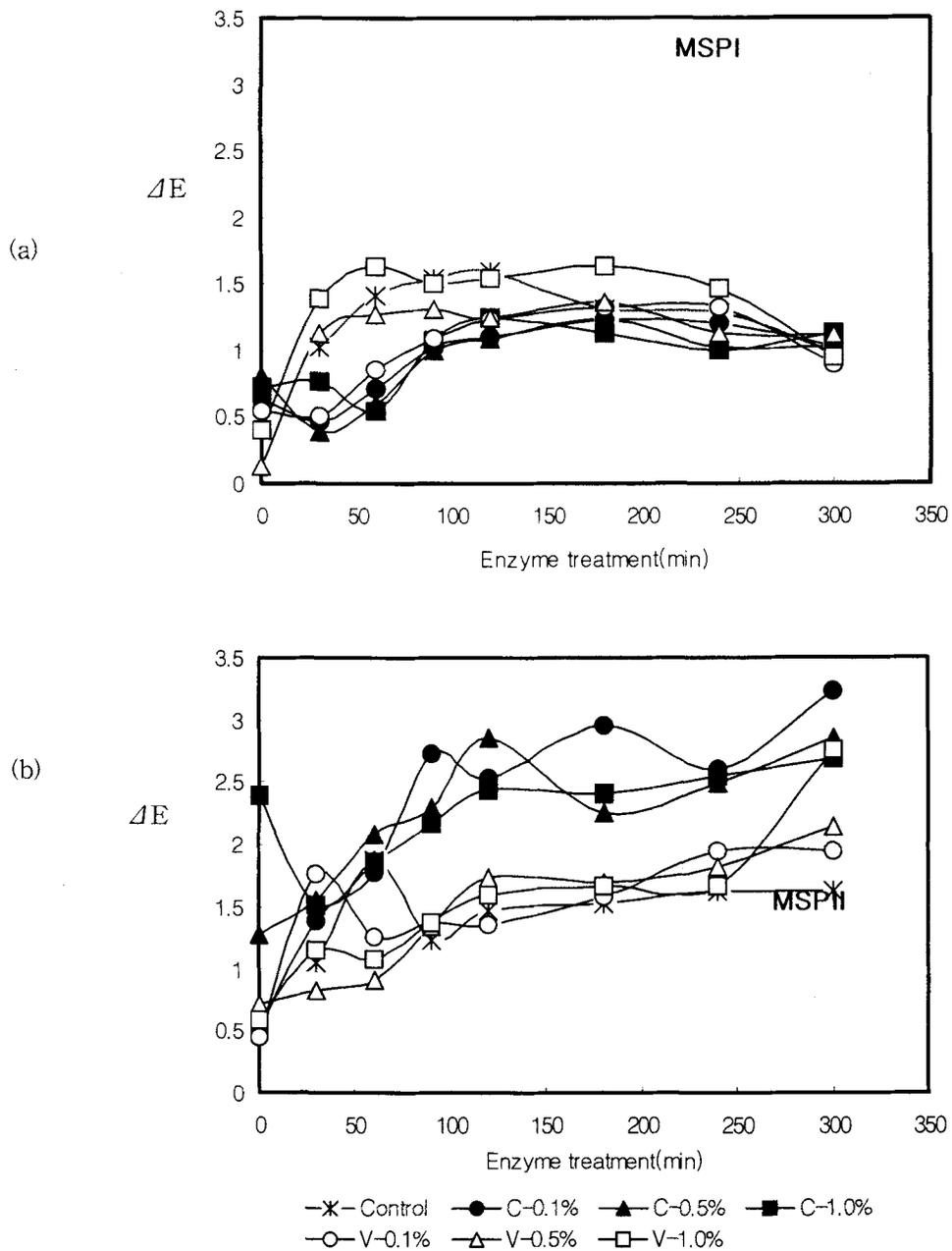


Fig. 10. Effects of enzyme treatment on the  $\Delta E$  of microparticulated soybean powder

### 3) 점탄성 측정

효소처리 하지 않은 대두미세분말액과 효소처리시간에 따른 대두미세분말액의 점탄성을 측정하였다. 점탄성은 변형(strain)을  $\sin$  함수로 두고 이에 대응하는 응력(stress)을 측정하는 것으로 이들 리올로지 특성을 탄성과 점성으로 나누어 결정하는 방법이다<sup>(28)</sup>. Fig. 11은 대두미세분말액의 저장 탄성율( $G'$ )과 손실 탄성율( $G''$ ) 및  $\tan \delta$ 와 dynamic(complex) viscosity(eta)값을 도시한 결과이다. 효소 처리에 관계없이 대두미세분말액은 온도가 증가함에 따라 탄성을 나타내는 저장 탄성율(storage modulus,  $G'$ )와 점성을 나타내는 손실 탄성율(loss modulus,  $G''$ )이 증가하였는데  $50^{\circ}\text{C}$ 이하에서는  $G''$ 가  $G'$ 보다 약간 높다가  $50^{\circ}\text{C}$ 이상에서는  $G''$ 가  $G'$ 보다 낮았다. 분자간 견고한 결합구조를 보유하는 경우는 탄성요인이 더 커서  $G'$ 이  $G''$ 보다 높게 나타나는데<sup>(29)</sup>, 대두미세분말의 경우 온도가 증가함에 따라 점성을 나타내는  $G''$ 보다 탄성을 나타내는  $G'$ 이 높게 나타났다. 또 dynamic viscosity를 나타내는  $\eta$ 값은 온도가 증가함에 따라 급격하게 증가하였는데, 이는 본 연구에 사용된 대두미세분말의 경우 단백질, 탄수화물 등 점도를 증가시키는 성분이 온도가 증가함에 따라 sol 상태로 농후하게 되면서 점성 특성보다 탄성 특성을 보인 것으로 여겨진다. Fig. 12는 효소처리하지 않은 대조구와 효소처리를 대두미세분말의 저장 탄성율( $G'$ )과 손실 탄성율( $G''$ )을 좌표로 나타낸 결과이다. 효소처리하지 않은 대조구에 비하여 효소처리한 경우 시료에 따라 차이는 있으나,  $50^{\circ}\text{C}$ 이하에서  $G'$ 과  $G''$  모두 약간 증가하는 경향을 보이는데, 즉 효소 처리에 의해 탄성 및 점성 변화를 예측할 수 있었다. 본 연구에 사용한 대두미세분말의 경우 단백질, 지방, 탄수화물 등이 복합적으로 포함된 시료로 조건에 따라 점성과 탄성에 영향을 줄 것으로 여겨지고, 이것은 곧 대두미세분말을 이용한 전두부 공정에도 큰 영향을 미치는 것으로 여겨지므로 이에 관한 계속적인 연구가 필요하다.

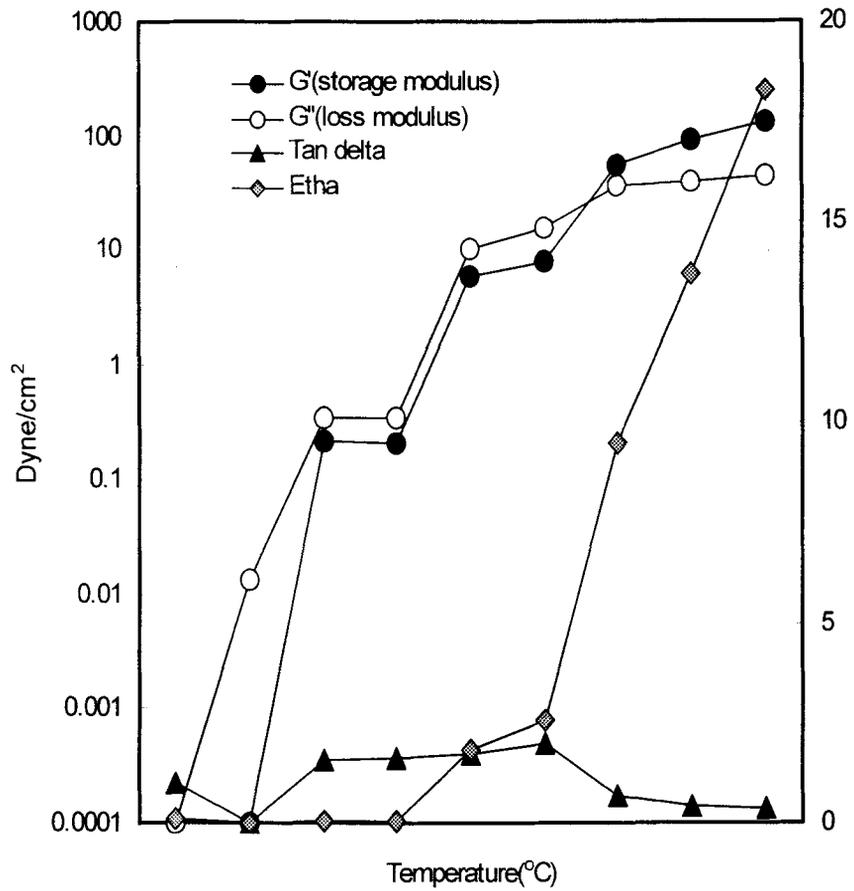


Fig. 11. Effects of temperature on the storage( $G'$ ), loss( $G''$ ) modulus, Tan delta and etha of microparticulated soybean powder milk

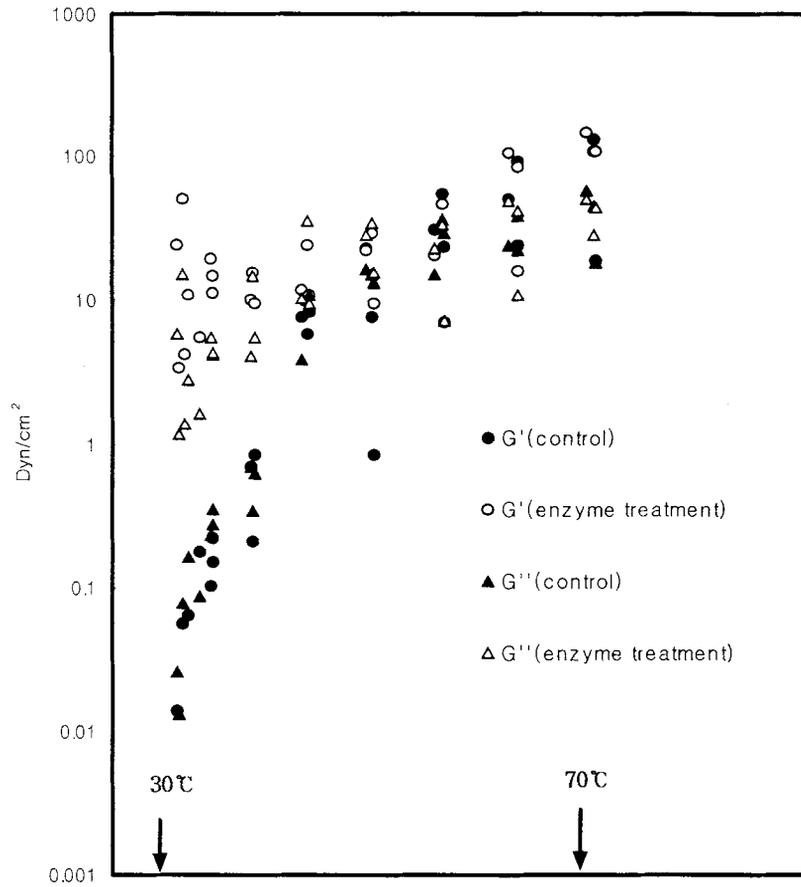


Fig. 12. Effects of temperature on the storage( $G'$ ) modulus, loss( $G''$ ) modulus of microparticulated soybean powder milk

#### 4. 대두의 미분쇄 공정의 최적화

##### (1) 대두 미세분말 분쇄 기술 개발 및 보완 실험

전두부의 원료인 대두미세분말은 대부분 미국이나 일본 등지에서 수입한 것이 대부분이어서 국내산 대두를 이용한 전두부 개발을 위하여 국내에서 미세분말을 제조하여야 한다. 현재 국내에 설치된 대두미세분말 분쇄기는 외국에서 수입한 것이 대부분이고, 그 분쇄기도 극히 미미한 실정이다. 본 연구에서는 미세분말 분쇄기가 국내에서도 가능성 여부와 국내산으로 제조한 미세분말의 전두부 적성<sup>○</sup>르 알아보기 위하여 국내에 있는 2가지 방식으로 대두를 분쇄하였다. Fig 13은 국내에서 제작된 공기<sup>○</sup> 의한 미분쇄기이고 Fig. 14는 습식법으로 colloid mill과 cutting mill을 혼합하여 대두를 미세하기 분쇄하는 기계이다.

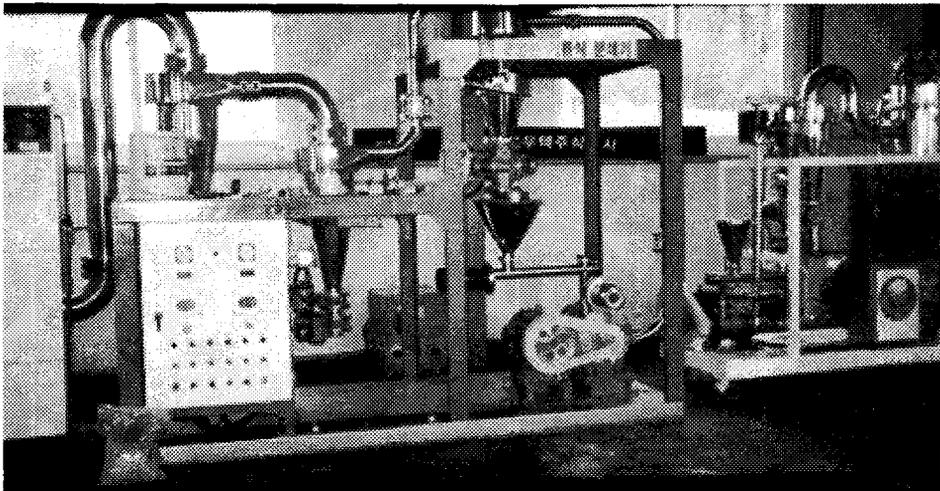


Fig. 13. 국내에서 제작된 미세분말 건식분쇄기

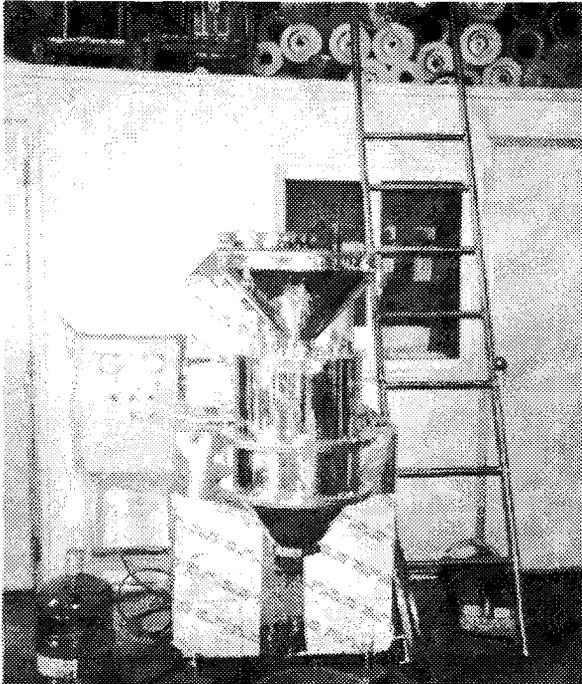
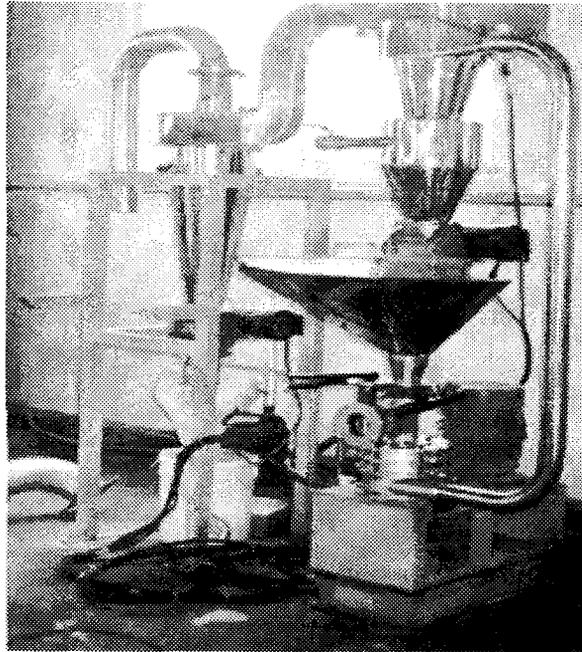


Fig. 14. 대두 미세분말을 제조하기 습식분쇄기

국내에서 건식법으로 제조된 미세분말의 입도를 측정한 결과 평균 입도 크기가 33.56 $\mu\text{m}$  국외에서 제조된 미세분말과 비교하여 MSPII (microparticulated soybean powder II)인 14.42 $\mu\text{m}$ , MSPI 56.38 $\mu\text{m}$ 의 중간 크기로 국내에서도 미세분말의 생산 가능성이 있었다(Table 19). 반면에 습식법에 의한 두유액의 입도 크기는 현재 두부 제조 업체에서 사용하고 있는 colloid mill 이나 mixer로 분쇄할 경우 평균 입도가 240~245 $\mu\text{m}$ 였으나, colloid mill과 cutting mill을 혼합하여 제작된 speed mill로 분쇄할 경우 165 $\mu\text{m}$ -198 $\mu\text{m}$ 로 기존 분쇄 방법보다는 입자크기가 감소함을 알 수 있었다.

Table 19. Particle size of prepared soybean powder with various mill

Sample	Diameter( $\mu\text{m}$ )				Specific Surface( $\text{cm}^2/\text{g}$ )
	10%	50%	90%	Mean	
Impact mill	5.29	22.96	81.95	33.56	6402.11
Speed mill	55.29 $\pm$ 0.62	158.27 $\pm$ 0.42	420.46 $\pm$ 1.73	198.38 $\pm$ 1.20	5310.72 $\pm$ 137.61
Domestic (colloid+cutting)	43.08 $\pm$ 6.72	133.16 $\pm$ 2.94	389.04 $\pm$ 4.66	164.77 $\pm$ 4.68	4718.07 $\pm$ 871.81
Colloid mill	53.93 $\pm$ 3.15	231.81 $\pm$ 6.86	448.21 $\pm$ 1.67	245.56 $\pm$ 2.67	5344.85 $\pm$ 598.00
Mixer	248.7 $\pm$ 15.21	227.29 $\pm$ 5.37	447.49 $\pm$ 1.25	240.89 $\pm$ 3.61	8915.32 $\pm$ 585.82
Import	MSPI	5.16	31.30	112.15	56.38
	MSPII	2.92	12.01	28.50	14.42

한편 분쇄 방법에 따라 제조된 대두미세분말 및 두유액으로 전두부를 제조한 결과(Table 20), 수출의 경우 수입한 대두미세분말로 제조된 전두부가 3.8g/SPCg에 비하여 국내에서 제조된 분말로 제조된 전두부에 비하여 수출이

2.9g/SPC g으로 낮게 나타났다. 또 두부의 특성인 견고성의 경우 MSPI, MSPII의 1120~1500g에 비하여 600g으로 상당히 낮게 나타났으나, 대조구인 일반두부와 비교하면 크게 차이가 없었다. 즉 국내에서 제조한 대두 미세분말의 경우 외국산에 비하여 물리적인 충격에 의하여 대두분말의 보수력이 떨어지는 것으로 여겨지나 견고성에 있어서 시판되고 있는 두부에 비하여는 큰 차이가 없었다.

Table 20. Effect of various microparticulated powder on the yield and textural properties of *Chundubu*(Compressed)

Sample	Yield (g/SPC g)	Textural properties			
		Springiness	Cohesiveness	Hardness(g)	Chewiness
MSPI	3.82±0.03	0.76±0.03	0.59±0.01	1120.6±48.6	504.2±31.3
MSPII	3.80±0.03	0.80±0.04	0.58±0.01	1544.4±133.8	717.1±77.6
DMSP	2.89±0.01	0.74±0.04	0.57±0.01	600.64±64.40	253.2±36.0
Control	2.37±0.01	0.78±0.04	0.58±0.01	635.19±93.86	290.5±52.0

MSPI: microparticulated soybean powder(USA),

MSPII: microparticulated soybean powder(Australian)

DMSP: domestic microparticulated soybean powder(Impact mill)

## 2) 분쇄 방법에 따른 대두분말의 입도, 전두부 수율 및 텍스처

비교적 전두부용 대두미세분말로 가능성이 있는 국내에서 제조된 대두 미세분말을 회수되는 순서 따라 입도 및 색도를 측정하고 전두부를 제조한 후 조직감을 측정하였다(Table 21~Table 23). 그 결과 평균 입도의 경우 입도와 표면적은 회수 순서가 늦어질수록 입도가 커졌으며 색도의 경우 passed

cyclone의 경우가 가장 낮은 L 값을 보였다. 또 전두부 제조시 수율의 경우 회수 순서가 낮아질수록 약간 증가하는 경향이었는데, 입도 크기가 클수록 수율이 약간 증가하였다. 또 조직감의 경우 두부의 특성인 견고성이 약간 떨어졌으나, 시판되고 있는 두부의 물성과 비교하여 큰 차이가 없으므로 개선의 여지가 있다고 여겨진다. 이상의 결과로 보아 국내에서 제작된 분쇄기로도 전두부의 원료인 대두 미세분말을 생산할 수는 있으나, 수율이나 물리적 특성 면에서 수입된 대두 미세분말에 비하여 차이가 있어서 분쇄 부분에 관한 연구가 지속되어야 할 것으로 여겨진다.

Table 21. Particle size according to recovered microparticulated soybean powder

Sample	Mean particle size( $\mu\text{m}$ )			
	10%	50%	90%	mean
0	$5.75 \pm 0.11$	$23.79 \pm 0.20$	$74.74 \pm 0.39$	$32.06 \pm 0.16$
1	$6.28 \pm 0.20$	$32.62 \pm 0.86$	$112.91 \pm 0.21$	$47.51 \pm 0.57$
2	$6.24 \pm 0.65$	$32.58 \pm 4.38$	$113.42 \pm 2.39$	$47.35 \pm 3.46$
3	$5.94 \pm 0.08$	$30.63 \pm 0.06$	$110.65 \pm 0.02$	$45.37 \pm 0.04$
4	$6.57 \pm 0.10$	$33.48 \pm 0.96$	$111.95 \pm 0.44$	$47.65 \pm 0.86$

Table 22. Color value according to recovered microparticulated soybean powder

Sample	Color value			
	L* value	a* value	b* value	Chroma
0	85.90±0.12	-1.08±0.61	17.30±0.19	14.27±4.08
1	87.32±0.13	-0.34±0.09	24.38±0.35	24.39±0.35
2	86.47±0.15	-0.05±0.08	24.99±0.13	24.99±0.13
3	86.33±0.11	-0.18±0.12	24.44±0.54	24.44±0.54
4	87.00±0.26	-0.18±0.08	24.25±0.19	24.25±0.19

Table 23. Yield and textural properties of *Chundubu*(Compressed) according to recovered microparticulated soybean powder

Yield	Textural properties				
	Springiness	Cohesiveness	Hardness(g)	Chewiness	
0	3.68±0.06	0.720±0.03	0.566±0.00	384.571±24.6	157.186±13.3
1	3.89±0.06	0.757±0.03	0.588±0.01	520.164±61.0	232.575±34.7
2	3.84±0.09	0.734±0.03	0.595±0.00	545.538±55.9	239.263±34.2
3	3.98±0.01	0.793±0.02	0.590±0.00	595.088±37.2	278.842±23.2
4	3.94±0.04	0.763±0.02	0.592±0.01	543.957±49.7	246.378±30.4

## 5. 전두부용 미세분말의 전처리 조건 확립

### 1) 두유의 분산조건, 가열시간, 응고제 첨가 비율 조사

1차년도 연구 결과를 기초로 하여 전두부 원료인 대두 미세분말 8%를 5분간 균질화한 후 소포제 0.05%를 첨가하고 100℃에서 10~30분간 가열한 결과 20분이상 가열할 경우 두부의 특성인 단단한 정도, 씹힘성 등이 감소하여 100℃에서 20분을 최적조건으로 결정하였다.

### 2) 시판 두부와 전두부와의 비교 시험

본 연구과제의 목표인 일반두부와 유사한 전두부 상품화 기술개발을 위하여 참여기업인 강릉초당두부의 두부 제조 방법의 독특함을 살려 응고제로 해수를 사용하여 전두부를 제조하였다. 일반 전두부(압착형)의 경우 해수로 제조한 강릉 초당두부를 제공받아 비교하였다. 그 결과(Table 24) 두부 특유의 조직감인 단단한 정도는 평균 769.3g에 비하여 전두부는 800g 이상이고 압착횟수가 증가할수록 강도가 더 높게 나타났다. 탄력성의 경우는 0.773-0.822, 응집성은 0.59-0.60, 씹힘성은 396.1-460으로 일반 두부보다 탄력성을 제외하고 약간 높은 값을 보였다. 일반 두부의 조직특성과 유사한 해수두부 압착횟수는 단단한 정도를 기준으로 10회로 정하였다.

일반 압착두부의 경우 물에 일정시간 침지한 후 포장하는 것을 감안하여 해수로 제조한 전두부의 침지 시간에 따른 염도를 조사하였다(Table 25). 침지 시간이 증가함에 따라 염도를 측정된 결과 시판되고 있는 해수로 제조한 일반두부의 염도인 1.1%에 미치는 침지 시간은 2시간 이상이면 도달하였다. 또 조직감의 경우는 침지시간이 증가함에 따라 단단한 정도와 탄력성 및 씹힘성이 증가하였다.

Table 24. Effect of compression times on the textural properties of *Chundubu*(compressed)

Sample	Compression Times	Textural properties			
		Springiness	Cohesiveness	Hardness(g)	Chewiness
<i>Chundubu</i>	10	0.77 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.60 ± 0.01 <sup>a</sup>	815.4 ± 85.9 <sup>ab</sup>	396.1 ± 62.8 <sup>b</sup>
	15	0.82 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.59 ± 0.01 <sup>a</sup>	881.0 ± 37.9 <sup>a</sup>	460.5 ± 42.2 <sup>a</sup>
	20	0.77 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.59 ± 0.01 <sup>b</sup>	836.1 ± 39.9 <sup>ab</sup>	379.4 ± 30.6 <sup>b</sup>
Commercial tofu	mean ± SD	0.82 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.55 ± 0.01 <sup>c</sup>	769.2 ± 79.3 <sup>b</sup>	345.5 ± 41.1 <sup>b</sup>

Table 25. Effect of soaking times on the salt content and texture properties of *Chundubu*(compressed)

Soaking time (hrs)	Salt content(%)	Texture properties			
		Springiness	Cohesiveness	Hardness(g)	Chewiness
0	1.907 <sup>a</sup>	0.752 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.522 ± 0.01 <sup>a</sup>	391.475 ± 4 <sup>b</sup>	153.888 ± 20 <sup>b</sup>
2	1.112 <sup>b</sup>	0.763 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.364 ± 0.02 <sup>b</sup>	357.567 ± 8 <sup>ab</sup>	133.092 ± 35 <sup>b</sup>
4	0.971 <sup>c</sup>	0.763 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.466 ± 0.01 <sup>b</sup>	475.125 ± 78 <sup>ab</sup>	169.295 ± 30 <sup>b</sup>
24	0.761 <sup>d</sup>	0.823 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.505 ± 0.01 <sup>a</sup>	555.733 ± 97 <sup>a</sup>	230.384 ± 38 <sup>a</sup>

### 3) 관능검사 및 조직감 측정

일반 압착형 전두부와 비압착(연두부형) 전두부를 제조한 후 시판하고 있는 제품과 비교하여 MSPI두부는 조직감과 맛에서 모두 부정적 반응이었던 반면 MSPII두부는 시판두부에 비하여 신맛이 상당히 강함에도 불구하고 더 진

하고 고소한 냄새와 맛을 느꼈다(Table 26). Table 27은 응고제를 달리하여 MSPI(200 mesh)로 전두부를 제조한 후 관능검사를 실시한 결과이다. 이때 평가된 항목은 두부의 묘사분석을 한 문헌을 참고로 하여 항목을 설정한 후 냄새, 색, 텍스처, 맛, 기호도의 순으로 평가하였다. 고소한 냄새의 경우 판매되고 있는 일반두부에 비하여 해수로 제조한 전두부가 높은 점수로 평가하였고, 콩비린 냄새와 이취의 경우 시료간에 약간의 차이는 있었으나 통계적으로 유의적인 차이는 없었다. 색은 일반두부가 7.10으로 해수 및 응고제를 사용한 전두부의 4.6~5.40에 비하여 높았고, 스푼으로 잘랐을 때의 절단면은 일반두부보다 약간 높은 점수를 보인 반면 균질성에 있어서는 전두부가 상당히 낮은 점수로 평가되었다. 스푼으로 누를 때의 견고성, 탄력성과 부서짐성은 일반 두부가 가장 높은 점수였고, 실제 입술에서 느끼는 견고성, 탄력성 및 응집성은 낮은 점수를 씹힘성은 더 높은 점수를 보였다. 맛의 경우 고소한 맛과 콩비린 맛은 시료간에 차이가 없었고, 쓴맛은 시판되고 있는 일반두부가 가장 높게 평가된 반면 짙은 맛과 단맛은 전두부가 일반두부보다 높았다. 즉 대두미세분말을 이용하여 제조한 전두부의 경우 응고제에 따라 약간의 차이는 있었으나, 일반두부보다 고소한 냄새, 짙은 맛과 단맛은 강한 반면 조직감의 경우는 상당히 부드럽게 평가되었다. 전체적인 기호도의 경우 일반두부와 해수와 응고제를 혼합하여 제조한 전두부가 5점 내외의 점수로 평가되어 전두부 제조시 해수와 응고제를 혼합하여 제조하면 전두부 특유의 맛과 텍스처를 많이 개선할 수 있음을 알 수 있었다.

Table 26. Descriptive analysis of *Chundubu(compressed)* and commercial tofu

	MSPI	MSPII	Commercial dubu
조직감	퍽퍽, 단단, 으깨짐, 거칠다	약간 퍽퍽, 탄성	좋다
맛	너무시다, 역하다,	시다 고소, 맛이 진하다	싱겁다
기호도	아주 싫다	약간 싫다	좋다

한편 대두미세분말을 이용하여 연두부형 전두부를 제조하여 관능검사를 실시한 결과(Table 28) 고소한 냄새의 경우 일반두부형 전두부와 동일하게 시판되고 있는 두부보다 높게 평가하였고, 콩비린내와 이취의 경우도 Table 27과 동일하게 평가되었다. 색은 시판 연두부가 높은 점수를 얻었고, 절단면은 해수와 응고제로 제조한 연두부형 전두부가 시판 연두부에 비하여 높게 평가한 반면 균질성은 시판 연두부가 더 높았다. 스푼으로 누를때의 견고성과 부서지는 정도는 시료간에 큰 차이가 없었으나 탄력성은 시판 연두부가 높았다. 씹을때의 견고성, 응집성, 씹힘성도 시료간에 큰 차이가 없었고, 맛의 경우 고소한 맛은 시판 연두부보다 크다고 평가하였고, 콩비린맛, 쓴맛 및 단맛은 큰 차이가 없었다. 이외에 전두부의 뽀은맛은 응고제와 해수를 혼합하여 제조한 두부가 높게 평가하였다. 즉 연두부형으로 제조한 전두부의 경우 시판되고 있는 연두부에 비하여 조직감, 색, 탄력성에 차이가 있었고, 전체적인 기호도 평가에 있어서는 해수로 제조한 두부와 일반 제품과 유의적인 차이가 없어 연두부형 전두부의 경우 제품으로서의 가능성을 확인하였다. Table 29와 30은 비압착형 전두부의 조직감, 색도를 측정된 결과이다.

Table 27. Sensory evaluation of *Chundubu*(compressed) according to various coagulant

	Coagulant		Soft-dubu
	Sea water	GDL-CaSO <sub>4</sub>	
고소한 냄새(Roasted nutty)	5.80±1.58 <sup>ab</sup>	6.40±1.64 <sup>a</sup>	5.15±1.76 <sup>b</sup>
콩비린내(Beany)	3.35±1.60 <sup>a</sup>	3.90±1.77 <sup>a</sup>	3.75±2.10 <sup>a</sup>
이취(Off-flavor)	2.55±1.76 <sup>a</sup>	2.75±2.00 <sup>a</sup>	2.80±2.02 <sup>a</sup>
색 (Color)	3.70±1.42 <sup>b</sup>	3.50±1.57 <sup>b</sup>	6.35±1.69 <sup>a</sup>
절단면의 상태(Cutted surface)	6.10±1.48 <sup>b</sup>	7.40±2.26 <sup>a</sup>	4.35±1.66 <sup>c</sup>
균질성 (Homogenousness)	4.40±1.43 <sup>b</sup>	3.40±1.76 <sup>b</sup>	6.10±1.71 <sup>a</sup>
스푼으로 누를때 견고성 (Hardness)	6.05±1.57 <sup>a</sup>	6.30±2.13 <sup>a</sup>	5.85±1.81 <sup>a</sup>
스푼으로 누를때 탄력성 (Springiness)	4.10±1.37 <sup>b</sup>	3.60±1.98 <sup>b</sup>	6.45±1.36 <sup>a</sup>
스푼으로 누를때 부서지는 정도	5.40±1.90 <sup>a</sup>	5.45±2.28 <sup>a</sup>	5.65±1.69 <sup>a</sup>
견고성 (Hardness)	4.75±1.59 <sup>a</sup>	5.25±1.86 <sup>a</sup>	5.25±1.83 <sup>a</sup>
탄력성 (Springiness)	3.45±1.36 <sup>b</sup>	2.85±1.66 <sup>b</sup>	5.40±1.85 <sup>a</sup>
응집성 (Cohesiveness)	4.85±1.23 <sup>a</sup>	4.60±2.30 <sup>a</sup>	4.90±1.83 <sup>a</sup>
씹힘성 (Chewiness)	4.85±1.81 <sup>a</sup>	5.15±2.35 <sup>a</sup>	5.25±1.83 <sup>a</sup>
고소한 맛 (Roasted)	6.25±1.88 <sup>a</sup>	5.55±2.06 <sup>a</sup>	4.15±1.98 <sup>b</sup>
콩비린 맛 (Beany)	3.05±1.64 <sup>a</sup>	3.80±1.79 <sup>a</sup>	3.65±2.13 <sup>a</sup>
쓴 맛 (Bitter)	3.10±1.97 <sup>a</sup>	4.05±2.16 <sup>a</sup>	3.00±2.03 <sup>a</sup>
떫은 맛(Astringent)	3.15±1.87 <sup>b</sup>	5.05±1.93 <sup>a</sup>	2.90±1.71 <sup>b</sup>
단 맛 (Sweety)	3.85±2.01 <sup>a</sup>	2.90±1.33 <sup>ab</sup>	2.70±1.63 <sup>b</sup>
전체적 기호도(Acceptability)	4.95±2.06 <sup>a</sup>	3.75±1.55 <sup>b</sup>	5.70±1.63 <sup>a</sup>

Table 28. Sensory evaluation of *Chundubu*(uncompressed) according to various coagulant

	Coagulant			Commercial dubu
	Sea water	Mixed	GDL-CaSO <sub>4</sub>	
고소한 냄새(Roasted nutty)	6.30 ± 1.78 <sup>a</sup>	5.65 ± 1.73 <sup>a</sup>	5.65 ± 1.90 <sup>a</sup>	3.35 ± 1.69 <sup>b</sup>
콩비린내(Beany)	3.75 ± 1.94 <sup>a</sup>	3.70 ± 2.05 <sup>a</sup>	4.55 ± 2.29 <sup>a</sup>	4.15 ± 2.18 <sup>a</sup>
이취(Off-flavor)	2.70 ± 1.98 <sup>a</sup>	2.75 ± 2.15 <sup>a</sup>	2.75 ± 1.80 <sup>a</sup>	3.50 ± 2.33 <sup>a</sup>
색 (Color)	4.60 ± 1.67 <sup>b</sup>	4.80 ± 1.54 <sup>b</sup>	5.05 ± 1.82 <sup>b</sup>	7.10 ± 1.89 <sup>a</sup>
절단면의 상태(Cutted surface)	5.45 ± 2.33 <sup>a</sup>	4.25 ± 1.65 <sup>ab</sup>	5.40 ± 1.82 <sup>a</sup>	3.50 ± 3.14 <sup>b</sup>
균질성 (Homogenousness)	5.35 ± 1.95 <sup>b</sup>	4.95 ± 1.70 <sup>b</sup>	4.40 ± 2.04 <sup>b</sup>	7.30 ± 2.36 <sup>a</sup>
스푼으로 누를때 견고성 (Hardness)	3.90 ± 2.45 <sup>b</sup>	4.00 ± 1.78 <sup>b</sup>	5.00 ± 2.45 <sup>ab</sup>	6.10 ± 1.48 <sup>a</sup>
스푼으로 누를때 탄력성 (Springiness)	3.20 ± 1.67 <sup>b</sup>	4.15 ± 1.63 <sup>b</sup>	4.30 ± 2.39 <sup>b</sup>	6.70 ± 1.89 <sup>a</sup>
스푼으로 누를때 부서지는 정도	3.15 ± 2.01 <sup>b</sup>	3.75 ± 1.77 <sup>b</sup>	4.35 ± 2.32 <sup>b</sup>	5.95 ± 1.61 <sup>a</sup>
견고성 (Hardness)	2.85 ± 1.76 <sup>b</sup>	3.10 ± 0.97 <sup>b</sup>	3.65 ± 1.84 <sup>b</sup>	5.70 ± 1.98 <sup>a</sup>
탄력성 (Springiness)	2.05 ± 0.89 <sup>c</sup>	3.00 ± 1.17 <sup>b</sup>	3.05 ± 1.73 <sup>b</sup>	6.35 ± 1.60 <sup>a</sup>
응집성 (Cohesiveness)	2.95 ± 1.70 <sup>b</sup>	3.85 ± 2.08 <sup>ab</sup>	4.00 ± 2.15 <sup>ab</sup>	4.95 ± 2.06 <sup>a</sup>
씹힘성 (Chewiness)	3.50 ± 2.31 <sup>a</sup>	3.85 ± 2.28 <sup>a</sup>	4.10 ± 2.15 <sup>a</sup>	5.05 ± 2.35 <sup>a</sup>
고소한 맛 (Roasted)	5.35 ± 1.84 <sup>a</sup>	5.30 ± 1.81 <sup>a</sup>	4.80 ± 1.74 <sup>a</sup>	4.55 ± 1.82 <sup>a</sup>
콩비린 맛 (Beany)	4.45 ± 1.93 <sup>a</sup>	3.90 ± 1.74 <sup>a</sup>	5.00 ± 2.13 <sup>a</sup>	3.95 ± 2.28 <sup>a</sup>
쓴 맛 (Bitter)	3.90 ± 2.13 <sup>ab</sup>	2.75 ± 1.74 <sup>bc</sup>	4.10 ± 2.31 <sup>a</sup>	2.30 ± 1.56 <sup>c</sup>
떫은 맛(Astringent)	4.55 ± 2.04 <sup>a</sup>	4.20 ± 2.17 <sup>ab</sup>	4.90 ± 2.63 <sup>a</sup>	2.85 ± 1.84 <sup>b</sup>
단 맛 (Sweety)	3.95 ± 2.11 <sup>a</sup>	3.20 ± 1.61 <sup>ab</sup>	2.90 ± 1.80 <sup>ab</sup>	2.60 ± 0.99 <sup>b</sup>
전체적 기호도(Acceptability)	3.70 ± 1.87 <sup>b</sup>	4.95 ± 2.19 <sup>a</sup>	3.20 ± 1.40 <sup>b</sup>	5.45 ± 2.33 <sup>a</sup>

Table 29. Yield and textural properties of prepared *chundubu* according to coagulant

Sample	Texture				
	Yield	Springiness	Cohesiveness	Hardness	Chewiness
MSPI	3.82±0.03	0.76±0.03 <sup>b</sup>	0.59±0.01 <sup>b</sup>	1120.6±48.2 <sup>b</sup>	504.2±31.3 <sup>b</sup>
MSPII	3.80±0.03	0.80±0.04 <sup>a</sup>	0.58±0.01 <sup>c</sup>	1544.4±133.8 <sup>a</sup>	717.1±77.6 <sup>a</sup>
Sea water	4.13±0.09 <sup>a</sup>	0.75±0.03 <sup>a</sup>	0.58±0.01 <sup>b</sup>	786.27±69.62 <sup>a</sup>	338.57±33.16 <sup>a</sup>
1% CaSO <sub>4</sub>	3.95±0.09 <sup>b</sup>	0.73±0.04 <sup>a</sup>	0.58±0.01 <sup>b</sup>	758.71±74.53 <sup>a</sup>	325.38±38.38 <sup>a</sup>
Commercial		0.75±0.06 <sup>a</sup>	0.60±0.01 <sup>a</sup>	275.57±57.62 <sup>b</sup>	124.96±34.72 <sup>b</sup>

Table 30. Color value of prepared *chundubu* according to coagulant

Sample	Color			
	L* value	a* value	b* value	chroma
MSPI	80.23±0.23 <sup>b</sup>	-0.02±0.01 <sup>b</sup>	14.30±0.11 <sup>b</sup>	14.30±0.11 <sup>b</sup>
MSPII	82.11±0.07 <sup>a</sup>	-0.02±0.04 <sup>b</sup>	15.78±0.08 <sup>a</sup>	15.78±0.03 <sup>a</sup>
Sea water	80.58±0.84 <sup>ab</sup>	-0.45±0.06 <sup>c</sup>	14.82±0.50 <sup>a</sup>	14.83±0.50 <sup>a</sup>
1% CaSO <sub>4</sub>	79.96±1.25 <sup>b</sup>	-0.37±0.03 <sup>b</sup>	14.79±0.25 <sup>a</sup>	14.80±0.25 <sup>a</sup>
Commercial	81.81±0.01 <sup>a</sup>	0.05±0.01 <sup>a</sup>	13.36±0.01 <sup>b</sup>	13.36±0.01 <sup>b</sup>

#### 4) 천연첨가물의 영향

전두부 첨가물의 영향은 1차년도 연구 결과 gelling agent의 첨가시 큰 효과가 없어서 천연 gelling agent인 난백을 첨가하여 그 영향을 조사하였다. 그 결과 Table 31과 같이 MSPI, MSPII로 제조한 연두부는 난백 첨가량이 증가함에 따라 견고성, 탄력성 등이 증가되는 경향이었고, 색도의 경우 밝기를 나타내는 L값이 난백 첨가량이 증가함에 따라 높게 나타났다(Table 32).

Table 31. Effect of white egg on the textural properties of *Chundubu(uncompressed)*

Sample	Con. (%)	Textural properties			
		Springiness	Cohesiveness	Hardness(g)	Chewiness
Whiteegg	1.0	0.44 ± 0.04 <sup>lg</sup>	0.53 ± 0.02 <sup>d</sup>	74.23 ± 7.12 <sup>h</sup>	17.31 ± 3.85 <sup>t</sup>
MSPI	0	0.35 ± 0.03 <sup>h</sup>	0.43 ± 0.02 <sup>g</sup>	66.90 ± 5.39 <sup>h</sup>	10.10 ± 1.99 <sup>g</sup>
	1.0	0.42 ± 0.04 <sup>g</sup>	0.48 ± 0.02 <sup>t</sup>	83.09 ± 9.26 <sup>g</sup>	16.46 ± 3.80 <sup>t</sup>
	2.0	0.47 ± 0.03 <sup>t</sup>	0.51 ± 0.02 <sup>c</sup>	96.96 ± 9.38 <sup>t</sup>	23.24 ± 4.10 <sup>c</sup>
	3.0	0.52 ± 0.04 <sup>dc</sup>	0.55 ± 0.02 <sup>bc</sup>	119.72 ± 12.29 <sup>dc</sup>	35.03 ± 6.13 <sup>c</sup>
	4.0	0.55 ± 0.06 <sup>xc</sup>	0.55 ± 0.01 <sup>ab</sup>	131.04 ± 18.31 <sup>bc</sup>	41.86 ± 7.72 <sup>b</sup>
MSPII	0	0.50 ± 0.04 <sup>c</sup>	0.49 ± 0.01 <sup>t</sup>	111.79 ± 12.19 <sup>e</sup>	27.70 ± 5.68 <sup>d</sup>
	2.0	0.54 ± 0.02 <sup>cd</sup>	0.51 ± 0.01 <sup>c</sup>	213.86 ± 6.09 <sup>cd</sup>	16.46 ± 3.12 <sup>c</sup>
	4.0	0.58 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.54 ± 0.01 <sup>cd</sup>	138.17 ± 8.47 <sup>b</sup>	42.66 ± 4.69 <sup>b</sup>
	6.0	0.63 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.56 ± 0.00 <sup>ab</sup>	166.65 ± 9.96 <sup>a</sup>	58.72 ± 5.50 <sup>a</sup>
	8.0	0.64 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.56 ± 0.01 <sup>a</sup>	170.87 ± 7.08 <sup>a</sup>	61.27 ± 4.64 <sup>a</sup>
F-value		71.38 <sup>***</sup>	63.73 <sup>***</sup>	138.38 <sup>***</sup>	133.57 <sup>***</sup>

Table 32. Effect of white egg on the textural properties of *Chundubu* (uncompressed)

Sample	Con. (%)	Color value			
		L* value	a* value	b* value	Chroma
Whiteegg	1.0	82.77 ± 0.45 <sup>b</sup>	-1.01 ± 0.02 <sup>g</sup>	14.70 ± 0.03 <sup>b</sup>	14.16 ± 0.03 <sup>b</sup>
MSPI	0	80.26 ± 0.08 <sup>ct</sup>	-0.34 ± 0.02 <sup>a</sup>	11.74 ± 0.01 <sup>c</sup>	11.74 ± 0.01 <sup>c</sup>
	1.0	80.15 ± 0.25 <sup>ct</sup>	-0.26 ± 0.02 <sup>b</sup>	12.32 ± 0.05 <sup>g</sup>	12.32 ± 0.05 <sup>g</sup>
	2.0	80.45 ± 0.50 <sup>ct</sup>	-0.42 ± 0.01 <sup>c</sup>	11.52 ± 0.09 <sup>h</sup>	11.52 ± 0.09 <sup>h</sup>
	3.0	80.62 ± 0.02 <sup>dc</sup>	-0.50 ± 0.03 <sup>d</sup>	11.00 ± 0.26 <sup>i</sup>	11.01 ± 0.26 <sup>i</sup>
	4.0	81.09 ± 0.22 <sup>d</sup>	-0.56 ± 0.00 <sup>c</sup>	10.68 ± 0.02 <sup>j</sup>	10.70 ± 0.02 <sup>j</sup>
MSPII	0	78.03 ± 0.08 <sup>h</sup>	-0.36 ± 0.01 <sup>b</sup>	15.69 ± 0.02 <sup>a</sup>	15.70 ± 0.02 <sup>a</sup>
	2.0	79.51 ± 0.02 <sup>g</sup>	-0.82 ± 0.01 <sup>t</sup>	14.31 ± 0.01 <sup>c</sup>	14.33 ± 0.01 <sup>c</sup>
	4.0	80.01 ± 0.02 <sup>tg</sup>	-1.12 ± 0.02 <sup>h</sup>	12.85 ± 0.02 <sup>d</sup>	12.90 ± 0.02 <sup>d</sup>
	6.0	81.69 ± 0.05 <sup>c</sup>	-1.52 ± 0.01 <sup>t</sup>	11.97 ± 0.01 <sup>t</sup>	12.06 ± 0.01 <sup>t</sup>
	8.0	83.80 ± 0.22 <sup>a</sup>	-1.66 ± 0.00 <sup>j</sup>	11.04 ± 0.01 <sup>t</sup>	11.16 ± 0.01 <sup>t</sup>
F-value		85.35	1870.68	663.26	656.53

## 5) 단백질 분해효소가 대두미세분말에 미치는 영향 조사

탄수화물 분해효소인 viscozyme, celluclast와 (주)태평양에서 공급받은 cellulase이외의 단백질 분해 효소가 대두 미세분말에 미치는 영향을 조사하였다.

그 결과(Table 33) 단백질 분해 효소의 경우 대두를 24시간 침지한 후 막서로 분쇄하여 제조한 두유액에 1%씩 첨가하여 최적 온도에서 1시간 효소 처리한 결과 입도 감소 효과는 두유 원액의 경우 평균 입도가 153.2 $\mu$ m에 비하여 125.3 $\mu$ m로 Peascalase가 가장 크게 나타났다.

단백질 분해 효소의 경우 탄수화물 분해 효소와 달리 효소 반응 시간이 증가함에 따라 단백질 변성이 일어나 응고되는 현상을 보여 단백질 효소 처리에 의한 대두 미세분말 액의 입도 감소 효과는 기대하기 어려울 것으로 판단되었다.

Table 33. Effect of various proteinase on the particle size of soybean milk

Enzyme	Mean Particle size( $\mu$ m)				
	10%	50%	90%	mean diameter	Specific surface
Soybean milk	8.25 $\pm$ 0.3 <sup>c</sup>	125.2 $\pm$ 0.9 <sup>bc</sup>	383.1 $\pm$ 2.7 <sup>ab</sup>	153.2 $\pm$ 0.2 <sup>cd</sup>	6989.1 $\pm$ 70.8 <sup>dc</sup>
ECONASE CE	6.31 $\pm$ 1.2 <sup>c</sup>	127.3 $\pm$ 2.6 <sup>ab</sup>	382.3 $\pm$ 4.2 <sup>ab</sup>	154.7 $\pm$ 3.7 <sup>bc</sup>	8187.9 $\pm$ 550.9 <sup>b</sup>
ECONASE CE blending	30.18 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	128.2 $\pm$ 0.8 <sup>ab</sup>	380.0 $\pm$ 4.0 <sup>b</sup>	156.5 $\pm$ 1.8 <sup>abc</sup>	6314.2 $\pm$ 80.7 <sup>t</sup>
Maxazyme NNP	4.36 $\pm$ 0.1 <sup>tr</sup>	121.9 $\pm$ 0.9 <sup>d</sup>	379.1 $\pm$ 3.7 <sup>b</sup>	146.6 $\pm$ 1.9 <sup>c</sup>	7767.4 $\pm$ 178.9 <sup>bc</sup>
PANAZYME 77A	7.51 $\pm$ 0.7 <sup>cd</sup>	129.6 $\pm$ 1.3 <sup>a</sup>	386.9 $\pm$ 0.5 <sup>ab</sup>	158.5 $\pm$ 1.4 <sup>ab</sup>	7841.1 $\pm$ 152.2 <sup>bc</sup>
Promod 279P	3.49 $\pm$ 0.1 <sup>tr</sup>	123.0 $\pm$ 2.9 <sup>cd</sup>	379.1 $\pm$ 5.4 <sup>b</sup>	148.3 $\pm$ 3.8 <sup>dc</sup>	9389.3 $\pm$ 129.7 <sup>a</sup>
Peascalase	5.36 $\pm$ 0.1 <sup>ct</sup>	101.6 $\pm$ 0.2 <sup>c</sup>	358.8 $\pm$ 6.1 <sup>c</sup>	125.3 $\pm$ 1.5 <sup>t</sup>	5807.6 $\pm$ 85.5 <sup>g</sup>

## 6. 국내산 두류를 이용한 전두부 제조 조건 조사

분쇄과정 전 전처리과정으로 탈피를 위하여 한국식품개발연구원에 있는 Hammer mill을 이용하여 조분쇄하여 대두피를 제거한 후 입자 크기별로 분쇄하여 전두부용 분말을 제조하였다. 또 업체에 의뢰하여 탈피 및 분쇄과정을 거쳐 입자 크기별로 전두부 가공적성을 조사하였다. 국내산 대두(백태)는 농협 하나로 마트에서 2001년 3월 구입하여  $-20^{\circ}\text{C}$  냉동고에 보관하면서 시료로 사용하였다. 대두를 비지를 발생시키지 않는 전두부 조건과 같이 하여 물성을 측정하여 대두미세분말로 만든 전두부와 비교하였다. 그 결과 흑태, 쥐눈이콩 및 백태 품종의 대두를 미분쇄하여 제조한 압착형 전두부의 경우 대두미세분말로 제조한 압착형 전두부와 유사하게 나타났다 (Table 34).

한편 시판되고 있는 두부의 경우 제조 업체나 제조 시기에 따라 상당히 달라 전두부를 대표할 조직감의 기준을 설정하기 위하여 국내산 대두 및 수입산 대두로 제조한 압착형 일반 두부의 조직감을 측정한 결과 (Table 35), 조직감의 범위가 크게 나타났다. 즉 두부 조직감의 특성인 탄력성의 경우 166.3g에서 689.35g까지 그 범위가 다양하게 나타나서, 제조 회사별 고유의 조직감을 가지고 사진으로 현상한 결과 그 양상을 잘 볼 수 있다.

Table 34. Textural properties of prepared *Chundubu* by various soybean powder

	Textural properties				
	Yield	Springiness	Cohesiveness	Hardness(g)	Chewiness
Baktae	$3.34 \pm 0.06^{ab}$	$0.771 \pm 0.06^a$	$0.588 \pm 0.01^a$	$763.133 \pm 73^a$	$346.984 \pm 49.5^c$
흑태	$3.63 \pm 0.02^b$	$0.746 \pm 0.02^a$	$0.595 \pm 0.01^b$	$583.988 \pm 54^b$	$259.323 \pm 26.9^b$
쥐눈이콩	$3.75 \pm 0.01^a$	$0.802 \pm 0.05^a$	$0.591 \pm 0.01^a$	$721.375 \pm 104^a$	$343.641 \pm 64.8^a$
F-value	93.22	3.14	1.29	9.88**	7.63*

여 백

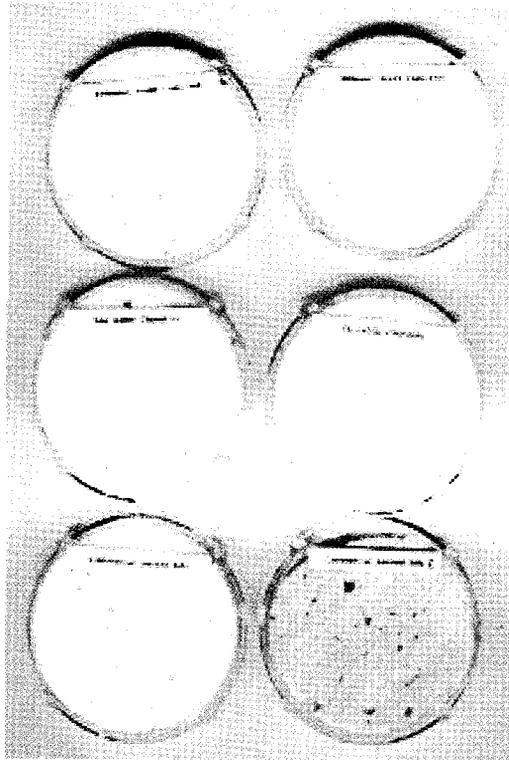


Fig. 5. Picture of various commercial tofu

## 7. 전두부의 시제품 생산 및 보완 실험

전두부의 경우 실험실 규모(5L) 및 pilot plant 규모(10-20L)의 시제품 생산을 거쳐 참여업체인 강릉초당두부(소재지 : 강릉시 강문동)에서 국내산 두부 제조 라인을 이용하여 최소 단위 100-200L(kg)의 시제품을 생산하였다. 이 때 시제품 생산에 이용한 전두부 공정은 비압착형 두부 제조 방법을 이용하여 실시하였다. 그 결과 실험실과 pilot plant 규모로 생산한 전두부의 조직감에 비하여 단단한 정도가 매우 낮고 형태 유지가 어려워 보완 실험이 요구되었다.

Table 37은 비압착형 전두부 제조를 위하여 시제품 생산시 문제가 제기되었던 단단한 정도를 개선시키기 위하여 전통적인 두부 제조에 사용하는 두유원액과 대두미세분말액을 혼합한 시료와 비교적 전두부의 조직감을 개선시켰던 gelling agent를 첨가하여 전두부를 제조한 후 조직감을 측정된 결과이다. 두유액과 미세분말액이 혼합시켜 제조한 전두부의 경우 단단한 정도가 194.7g이었고, 대두미세분말만으로 제조한 비압착형 전두부의 경우 61.80g으로 낮게 나타났다. gelling agent를 첨가할 경우 단단한 정도가 상당히 높아짐을 알 수 있었다. 시판되고 있는 일반 두부와 비교할 경우(Table 36), 가장 낮은 단단함을 나타내는 두부의 경우 165g 내외로 보완 실험을 통해서 제조된 비압착형 전두부의 경우 조직감에 있어서 상당히 개선됨을 알 수 있었다.

한편 색도의 경우 혼합 두유로 제조한 전두부나 gelling agent를 첨가한 전두부와 관계없이 비슷한 값을 나타내었다. 즉 밝기를 나타내는 L\*값은 82내외였고, 적색도를 나타내는 a\*값은 0.1였으며, 황색도를 나타내는 b\*값은 12내외를 나타내 시료간에 큰 차이가 없었고, L\*, a\*, b\*값으로 계산되어 산출된  $\Delta E$ 값의 경우도 20-21의 범위를 나타내어 육안으로는 차이가 거의 없음을 알 수 있었다(Table 3).

Table 37. Effects of gelling agent and mixed soybean milk on the textural properties

Sample	Textural properties				
	Springiness	Cohesiveness	Hardness(g)	Chewiness	
Mixed soymilk	0.819±0.01	0.589±0.01	194.7±7.9	93.83±3.9	
<i>Chundubu</i> (uncompressed)	0.752±0.06	0.603±0.01	61.80±8.1	28.21±5.8	
Gelling agent	0.1%	0.911±0.05	0.594±0.02	163.59±16.3	88.65±12.3
	0.15%	0.878±0.07	0.581±0.01	165.91±27.3	85.47±19.8
	0.2%	0.859±0.09	0.589±0.01	150.81±21.7	78.22±17.8

Table 38. Effects of gelling agent and mixed soybean milk on the textural properties

Sample	Color value				
	L*	a*	b*	ΔE	
Mixed soymilk	83.09	0.13	12.87	21.59	
<i>Chundubu</i> (uncompressed)	82.23	-0.74	13.31	20.83	
Gelling agent	0.1%	82.28	0.01	12.34	21.11
	0.15%	82.45	-0.16	11.99	21.42
	0.2%	82.72	-0.16	12.01	21.64

## 8. 전두부의 물리화학적 특성 및 저장성 조사

Pilot 규모로 생산된 전두부의 저장기간 및 품질 특성의 변화를 조사하기 위하여 30℃ 및 0℃에서 저장중 pH, 총산도, 흡광도 및 미생물군의 변화를 조사하였다.

Table 39는 응고제를 달리하여 제조된 전두부와 시판되고 있는 두부의 일반 성분을 조사한 것이다. 대두미세분말로 제조한 전두부(비압착형)와 두유만으로 제조된 시제품의 수분 함량에 있어서는 거의 비슷하였고, 건물량으로 환산한 단백질 함량도 35% 내외로 큰 차이가 나지 않았다. 반면에 회분은 시판되고 있는 두부 5.36%에 비하여 8.54~11.17%로 높게 나타났는데, 이는 대조구는 수용성 물질로만 사용했기 때문에 회분함량이 낮은 반면 전두부는 대두에서 이진된 회분과 응고제 함량에 따른 것이라고 여겨진다.

Table 39. Effects of various coagulants on the proximate composition of *Chundubu*(uncompressed)

Component	Content(%)			
	A(해수)	B(혼합응고제)	C(혼합응고제)	D(시제품)
Moisture <sup>1)</sup>	89.96	90.26	89.35	89.77
Ash <sup>2)</sup>	9.02	8.54	11.17	5.36
Protein <sup>2)</sup>	33.54	35.01	33.29	35.01
Lipid <sup>2)</sup>	16.78	17.92	18.59	23.70
Carbohydrate <sup>2)</sup>	40.66	38.53	36.95	35.93

<sup>1)</sup> wet basis, <sup>2)</sup> dry basis

한편 제조된 응고제별 전두부와 시판품을 0℃ 냉장온도와 30℃ 항온기에 저장하면서 pH와 산도의 변화를 측정하였다. pH의 경우(Fig. 16) 냉장온도에서는 6일까지 두부 제조 직후의 초기 pH 6.0내외에서 크게 벗어나지 않았고, 총산도에 있어서도 제조 초기와 비슷하게 유지되었으나 시판품의 경우 저장 6일에 초기 산도보다 약간 증가하는 경향을 보였다(Fig. 17). 또 30℃에서 저장한 경우는 시료에 관계없이 저장 1일 이후부터 급격히 pH는 낮아지고 총산도 역시 급격하게 증가하였다. 또 시판품이 실험실에서 제조된 전두부에 비하여 그 변화 속도가 약간 빨랐는데, 이는 시판품의 경우 유통에 의한 시간 경과에 따른 결과로 보여진다.

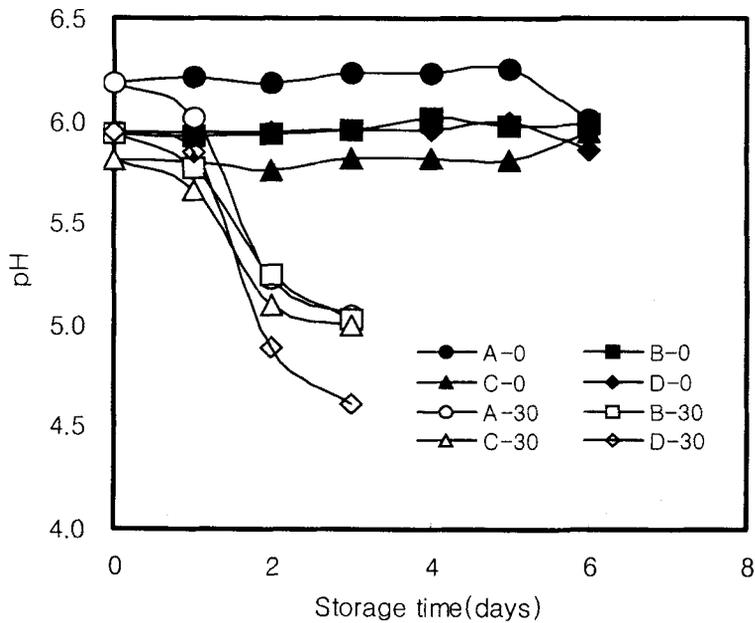


Fig.16. Changes in pH of Chundubu(uncompressed) during storage at 0℃ and 30℃ (A:해수, B:혼합응고제, C:CaSO<sub>4</sub>, D:시판품)

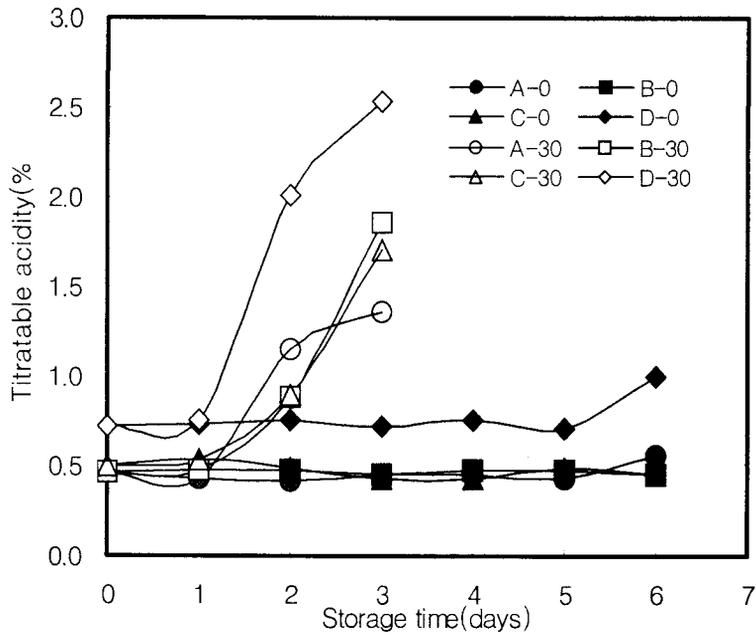


Fig. 17. Changes in pH and titratable acidity of *Chundubu* during storage at 0°C and 30°C.

(A:해수, B:혼합응고제, C:CaSO<sub>4</sub>, D:시판품)

Fig. 18은 저장 기간별 두부액의 흡광도와 호기성 미생물을 측정하 결과도 pH와 총산도 결과와 유사하게 시판품이 실험실내에서 제조된 전두부에 비하여 높은 값을 나타냈고, 저장온도의 경우도 냉장온도에서는 두부액의 흡광도도 크게 증가하지 않았고, 호기성 미생물도 검출되지 않았으나, 30°C 저장 시료는 흡광도도 증가되고 호기성 미생물도 검출되었다.

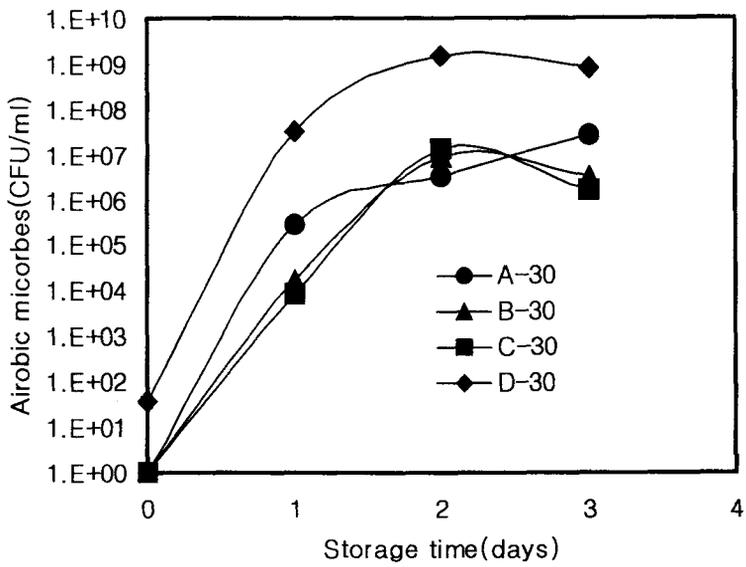
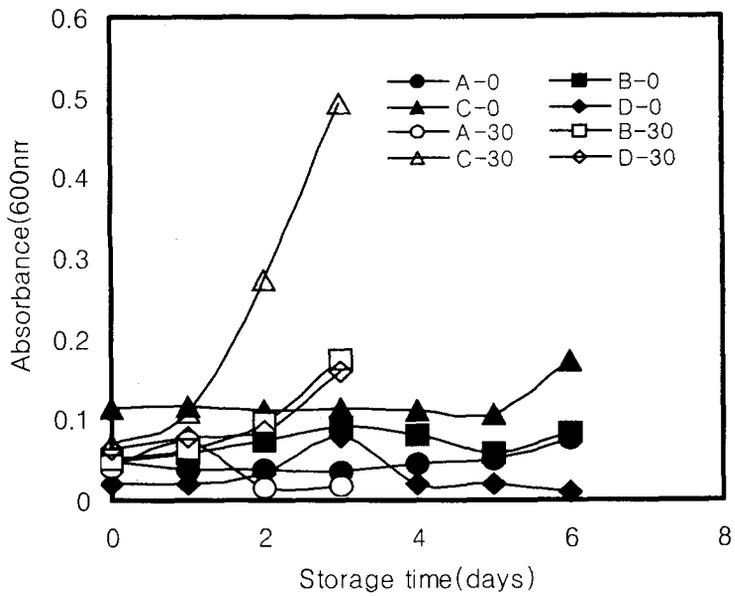


Fig. 18. Changes in absorbance of liquid and airobic microbe of *Chundubu* during storage at 0°C and 30°C.

(A:해수, B:혼합응고제, C:CaSO<sub>4</sub>, D:시판품)

한편 두부 저장중의 조직감을 측정된 결과(Table 40), 30℃ 저장구는 저장 1일이 지나면 물성이 쉽게 변화하여 0℃ 저장 시료만 취하여 측정하였다. 그 결과 0℃ 저장구는 pH나 총산도 변화에 마찬가지로 저장 6일까지 큰 차이가 없었으나, 시료에 따라서 탄력성이나, 단단한 정도의 차이가 있었는데, 이는 저장중의 변화이기 보다는 두부 시료간의 차이라 여겨진다. Table 41은 0℃ 저장 중 전두부의 색도 변화를 조사한 것이다. 밝기를 나타내는 L\*값, 적색도를 나타내는 a\*값과 황색도를 나타내는 b\*값 모두 저장 6일까지 큰 차이가 없었으나, 시판 두부의 경우는 황색도인 b\*값이 초기의 13.22에서 16내외로 약간 증가하였다. L\*, a\*, b\*값으로 계산된  $\Delta E$ 값의 경우도 20내외로 시료간 차이가 거의 없었다.

또 Fig. 19는 저장중 전두부에서 발생하는 이수량을 측정된 것으로 저장기간이 증가할수록 약간 증가하였다. 특히 황산칼슘만 응고제로 사용한 전두부의 경우가 다른 응고제를 사용한 전두부보다 이수량이 약간 많게 나타났다.

즉 응고제에 따라서도 전두부의 조직감에 상당한 영향을 끼침을 알 수 있으므로, 전두부 제조에 맞는 응고제 선택이 중요하다고 여겨진다.

Fig. 20은 참여업체인 강릉 초당두부에서 제조한 450g의 포장두부 형태로 제조된 시제품을 사진으로 현상한 결과이다.

Table 40. Changes in textural properties of *Chundubu*(uncompressed) during storage periods at 0°C

Sample	Storage period (days)	Textural properties			
		Springiness	Cohesiveness	Hardness(g)	Chewiness
A	0	0.668±0.07	0.580±0.06	30.01±5.5	10.88±1.5
B		0.765±0.08	0.610±0.05	43.36±3.8	20.57±5.4
C		0.752±0.06	0.603±0.01	61.80±8.1	28.21±5.8
D		0.808±0.11	0.623±0.02	42.00±3.9	21.20±4.3
A	1	0.782±0.07	0.647±0.02	31.66±3.36	16.15±3.26
B		0.701±0.04	0.573±0.03	31.43±1.43	12.66±1.70
C		0.754±0.04	0.604±0.03	52.28±3.50	23.73±1.80
D		0.811±0.01	0.614±0.01	51.49±1.05	22.77±1.68
A	2	0.687±0.05	0.595±0.04	30.93±5.07	12.46±2.97
B		0.770±0.05	0.601±0.02	47.90±7.02	22.19±3.80
C		0.841±0.04	0.596±0.03	78.35±4.65	32.74±4.71
D		0.820±0.08	0.598±0.03	54.45±6.15	27.01±6.40
A	3	0.495±0.14	0.422±0.04	18.58±6.83	6.54±3.75
B		0.672±0.11	0.655±0.08	34.40±7.81	15.09±4.27
C		0.694±0.13	0.596±0.06	40.72±8.19	17.24±6.05
D		0.711±0.03	0.618±0.05	38.98±6.65	16.98±2.44
A	4	0.427±0.17	0.535±0.01	26.70±1.13	6.35±4.46
B		0.751±0.05	0.628±0.05	38.30±4.25	18.13±3.36
C		0.593±0.16	0.501±0.07	38.06±10.06	16.57±7.18
D		0.830±0.05	0.622±0.02	56.82±3.56	29.35±3.17
A	5	0.596±0.09	0.590±0.07	27.23±4.88	9.59±2.66
B		0.804±0.01	0.628±0.03	45.58±5.16	22.86±1.43
C		0.827±0.06	0.622±0.01	59.52±10.1	30.91±7.33
D		0.802±0.06	0.614±0.04	48.56±2.39	23.98±3.45

(A:해수, B:혼합응고제, C:CaSO<sub>4</sub>, D:시판품)

Table 41. Changes in color value of *Chundubu* during storage periods at 0°C

Sample	Storage period (days)	Color value			
		L*	a*	b*	$\Delta E$
A	0	80.55	-0.86	13.22	19.93
B		81.77	-0.74	13.31	20.83
C		81.55	-0.76	13.22	20.64
D		81.55	-0.76	13.22	20.64
A	1	79.37	-0.93	13.69	18.94
B		81.94	-0.84	14.35	20.81
C		82.13	-0.78	13.81	21.03
D		83.54	-0.95	16.71	21.93
A	2	72.81	-0.38	12.38	14.56
B		81.24	-0.51	13.29	20.28
C		81.92	-0.56	13.04	20.92
D		83.38	-0.74	15.43	21.79
A	3	80.54	-0.76	13.61	19.78
B		81.99	-0.57	13.67	20.84
C		82.05	-0.64	13.00	21.08
D		83.54	-1.03	16.62	21.97
A	4	80.50	-0.71	13.93	19.65
B		81.50	-0.54	14.23	20.30
C		81.59	-0.61	13.54	20.56
D		83.75	-0.89	16.70	22.07
A	5	81.22	-0.57	13.63	20.21
B		80.96	-0.68	13.48	20.10
C		82.22	-0.68	12.93	21.25
D		83.60	-0.66	15.49	21.93

(A:해수, B:혼합응고제, C:CaSO<sub>4</sub>, D:시판품)

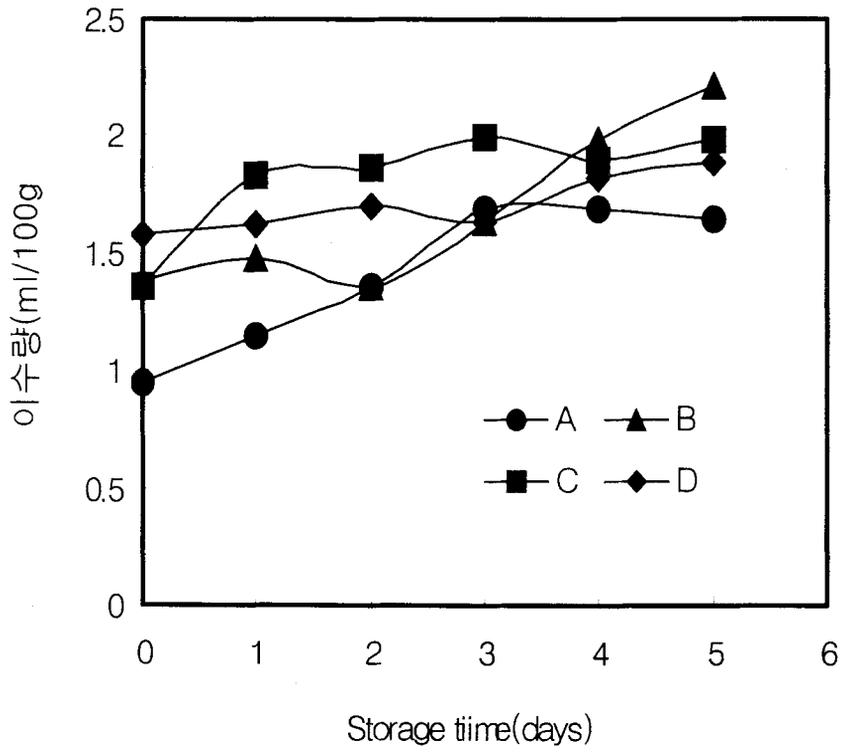


Fig. 19. Changes in syneresis of *Chundubu(uncompressed)* during storage periods at 0°C

(A:해수, B:혼합용고제, C:CaSO<sub>4</sub>, D:시판품)

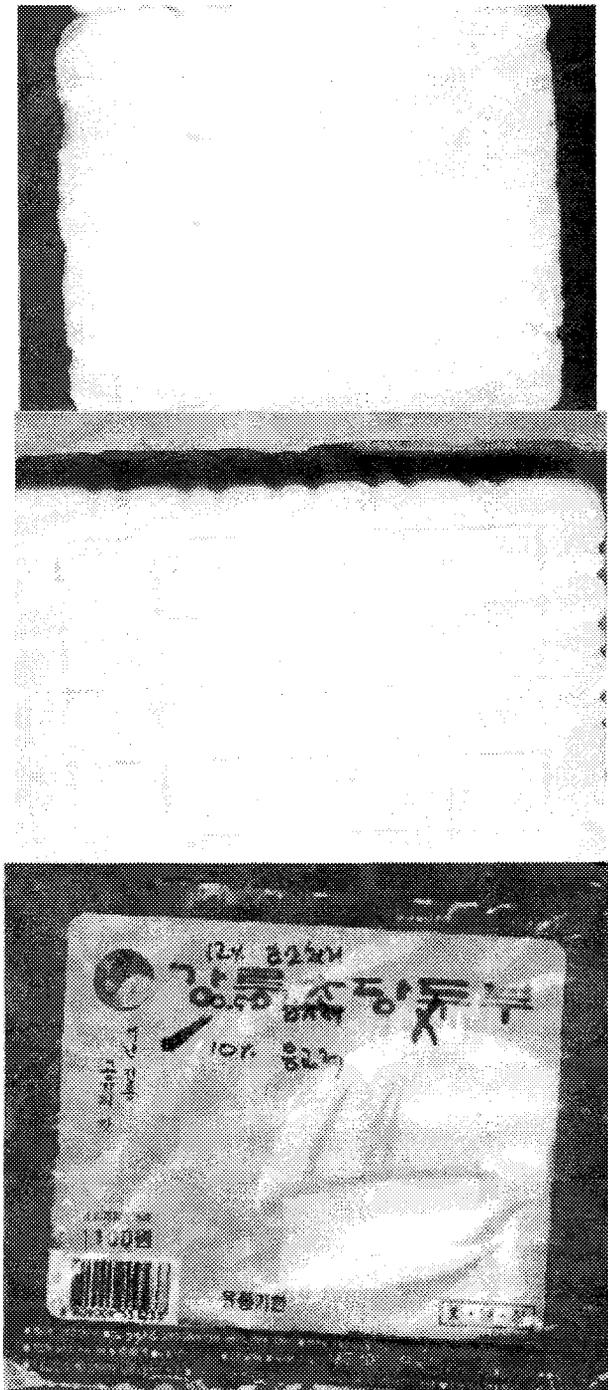


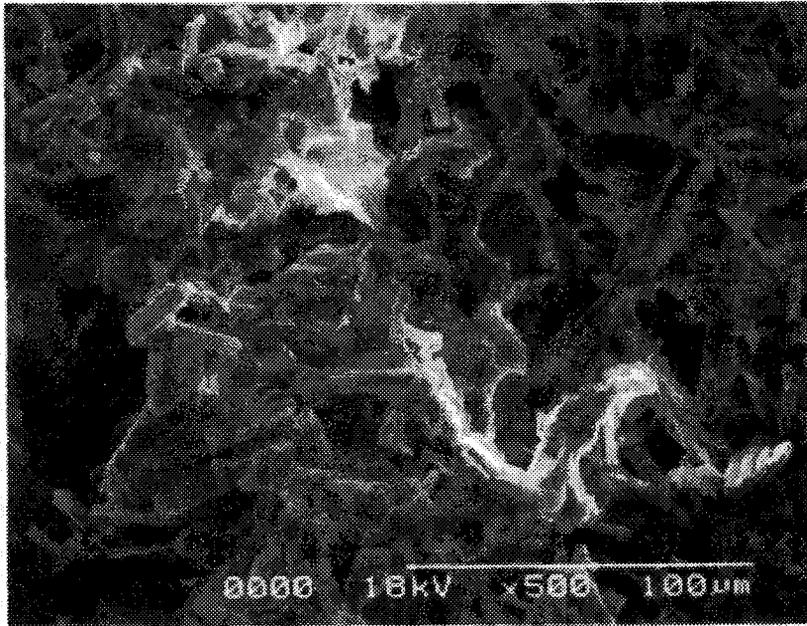
Fig. 20. Picture of *Chundubu*(uncompressed) prepared in tofu factory

## 5) 주사전자현미경에 의한 조직감 측정

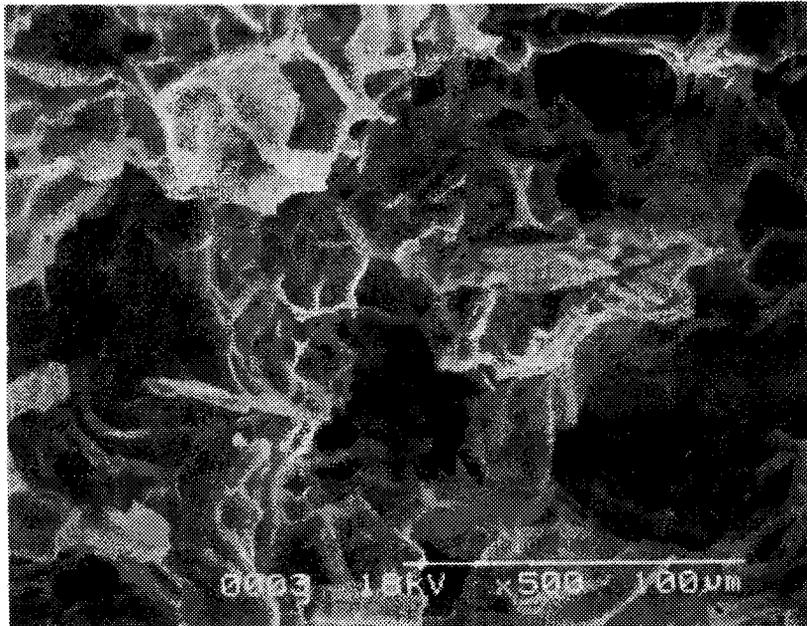
전두부의 원료인 대두 미세분말을 효소 처리한 것과 하지 않은 시료로 나누어 전두부를 제조한 후의 주사 전자 현미경에 의해 두부 망상 조직을 조사하였다. 그 결과, Fig. 21-a는 효소 처리하지 않은 대두미세분말액으로 압착형 전두부를 제조한 것이고, Fig. 21-b는 효소 처리한 대두미세분말액으로 전두부를 제조한 것이다. 효소 처리하지 않은 전두부는 조직은 조밀하고, 견고하면서도 날카롭게 망을 구성하는 반면에 효소 처리한 전두부는 날카로운 면이 부드럽게 되는 것을 볼 수 있다. Fig. 22는 비압착형 전두부를 제조한 후 500배와 1000배로 확대시킨 주사전자 현미경 사진으로 압착형 전두부보다(Fig. 20)는 부드럽게 결합되어 있음을 알 수 있었다.

한편 Fig. 23은 비압착형 전두부의 조직감을 개선시키기 위하여 젤화제를 첨가하여 전두부를 제조한 것을 현상한 것으로 압착형이나 비압착형 전두부에 비하여 공간이 없이 크게 분포되어 있었다.

이상의 주사전자 현미경 사진 결과 효소 처리 효과와 비압착 및 압착 전두부에 따른 조직감의 차이와 조직감 개선을 위한 젤화제 첨가에 있어서도 현저한 차이가 있음을 확인할 수 있다.



(a)



(b)

Fig. 21. Morphology of *Chundubu*(compressed) according to enzyme treatment

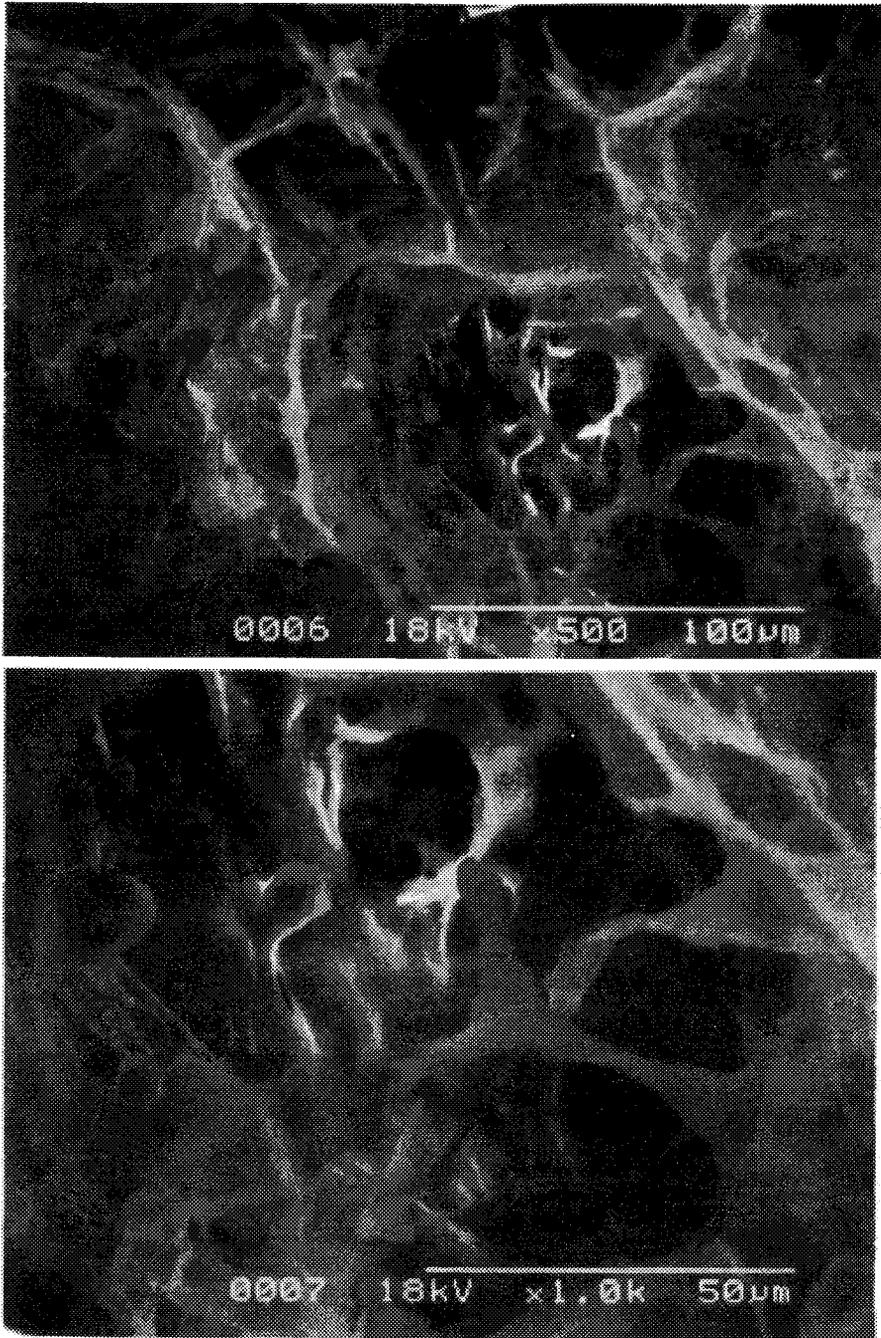


Fig. 22. Morphology of *Chundubu*(uncompressed)

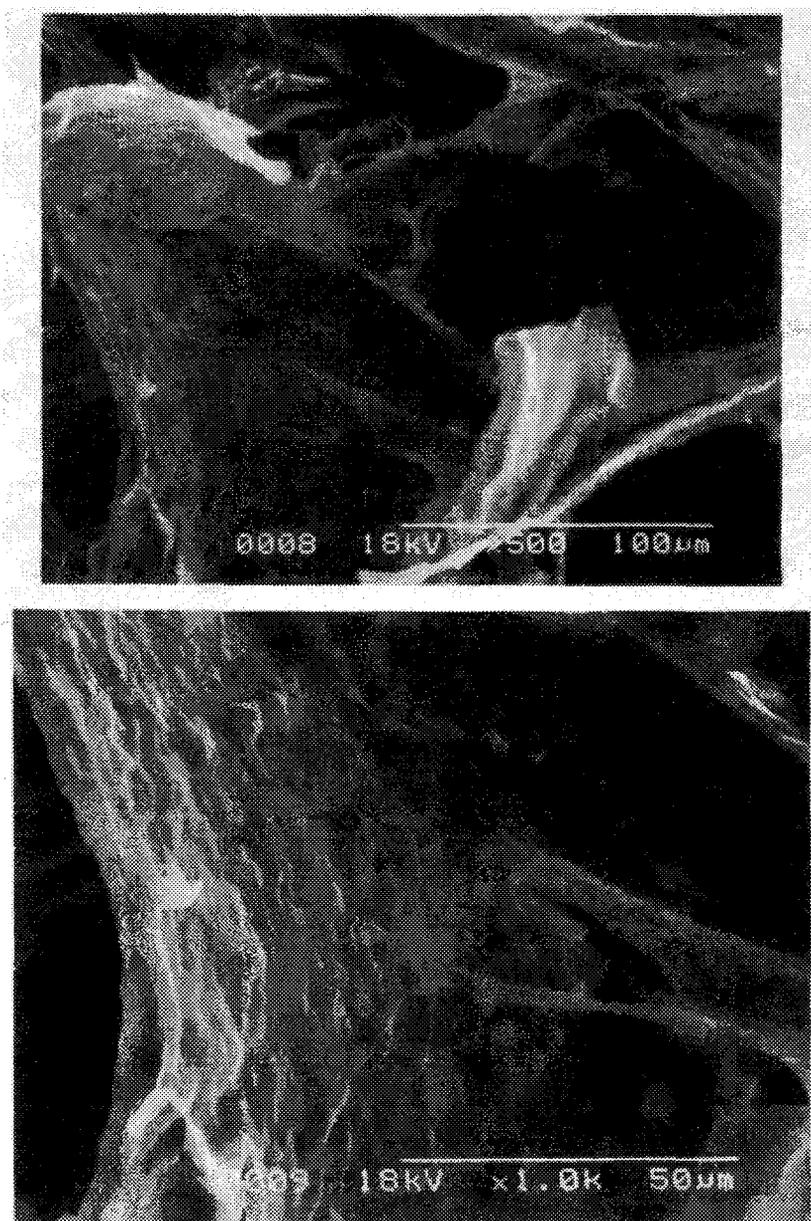


Fig. 23. Morphology of Chundubu(uncompressed) according to addition of gelling agent

## 6) GC/MSD에 의한 전두부의 향기 성분 분석

전통적인 방법에 의해서 제조하는 일반 두부의 원료와 전두부의 원료인 대두미세분말의 향기 성분을 분석하였다.

Fig. 24-a는 전두부의 원료인 대두미세분말액의 크로마토그램이고, Fig. 24-b는 일반 두부 제조에 사용하는 두유액의 크로마토그램이다. 전체적인 크로마토그램의 양상은 비슷하게 나타났으나, 일반 두유액보다 대두미세분말액의 크로마토그램이 복잡하고, 양적으로도 높게 나타났다. 향기 성분에 있어서도 차이가 있었는데, 공통적으로 나타나는 성분으로는 2-furancarboxaldehyde, benzacetaldehyde, phenylaldehyde 등이 있었는데, 기존 두부에 익숙해져 있는 소비자에게 전두부의 상품화를 위해서는 현재 시판되고 있는 두부와 전두부의 향미 성분을 어느 정도 밝혀 이를 감소시키거나 제거시키는 연구도 병행되어야 한다고 사료된다. 그러므로 전두부의 독특한 향기 성분에 대한 연구도 계속 되어야 한다고 여겨진다.

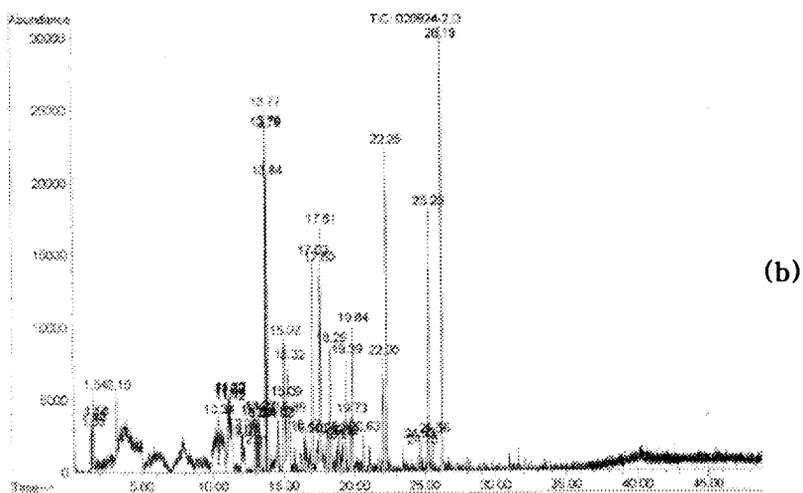
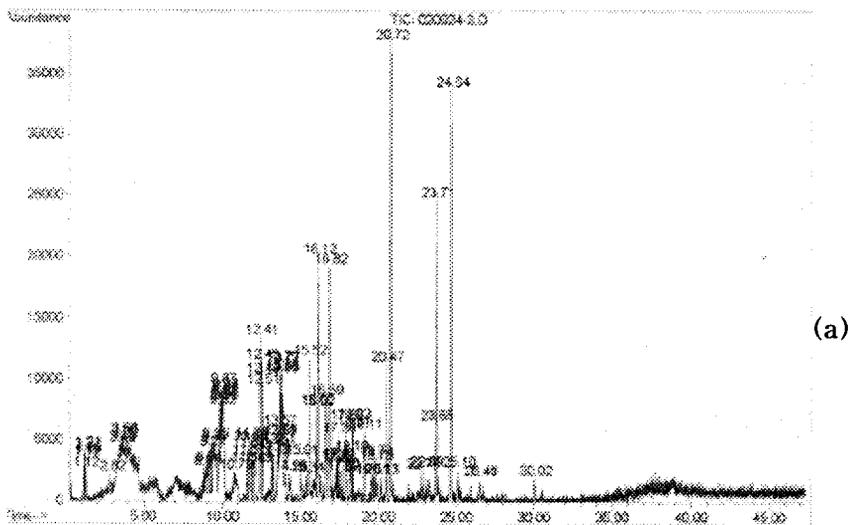


Fig. 24. Chromatogram of *Chundubu*(microparticulated soybean milk) and tofu(soymilk prepared traditional method) by GC/MSD

## 9. 최적 전두부 제조 공정도

본 연구의 최종 목표인 비지의 발생이 없으면서 일반 두부의 조직감을 갖는 전두부 상품화 기술 개발을 위하여 전두부의 조직감 개선을 위한 대두 분말 처리조건 규명, 대두 미세분말을 이용한 전두부 제조 및 품질 향상에 관한 연구를 통하여 Fig. 25와 Fig 26와 같이 최적 전두부 제조 공정도를 만들었다. 크게 두가지 방법으로 압착하여 제조하는 일반 두부와 비압착 방법에 의하여 제조하는 방법으로 공장 규모와 설비 및 소비자 요구에 따라 다른 방법으로 전두부를 제조할 수 있다.

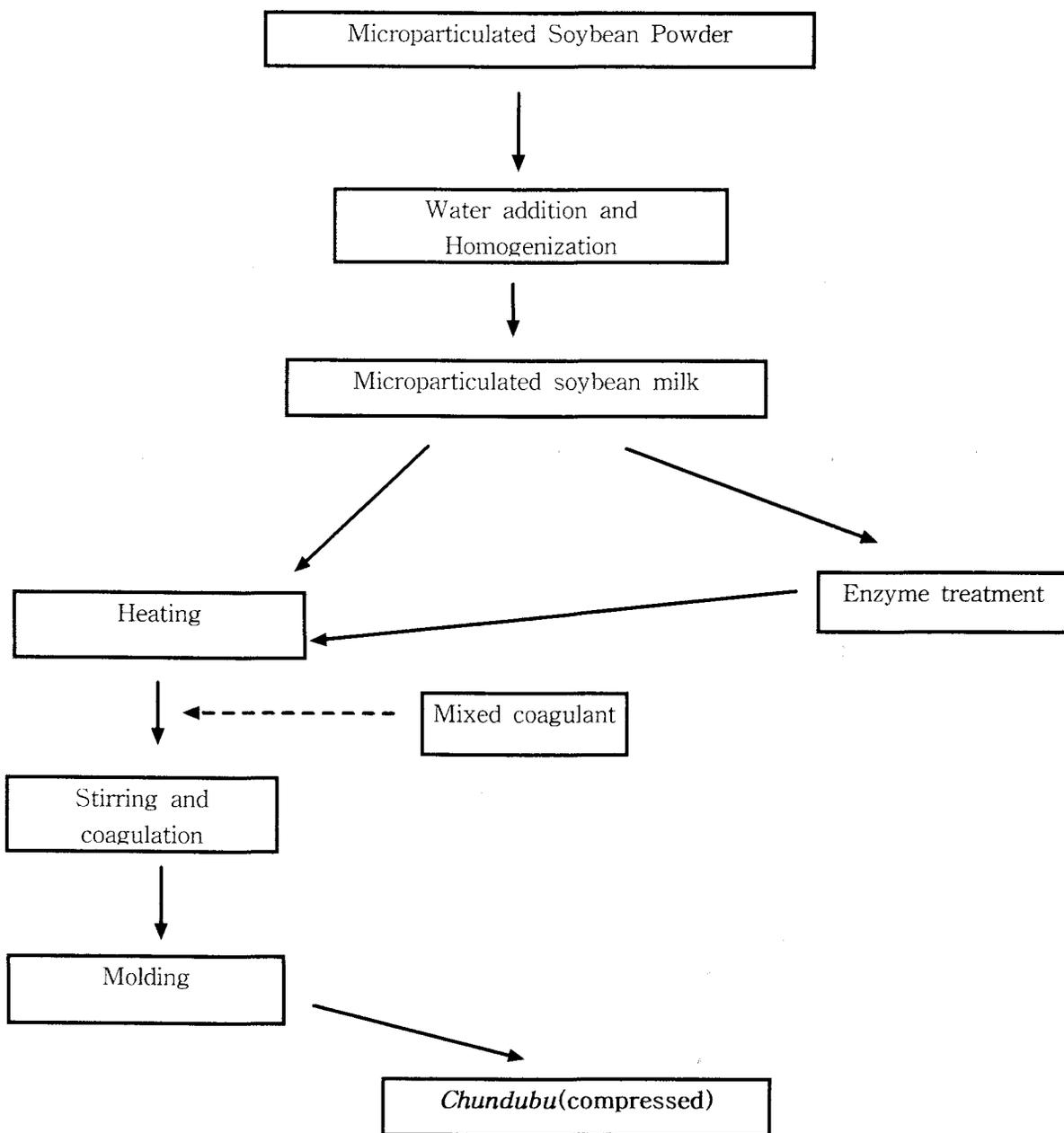


Fig. 25. Processing sheet of *Chundubu*(compressed)

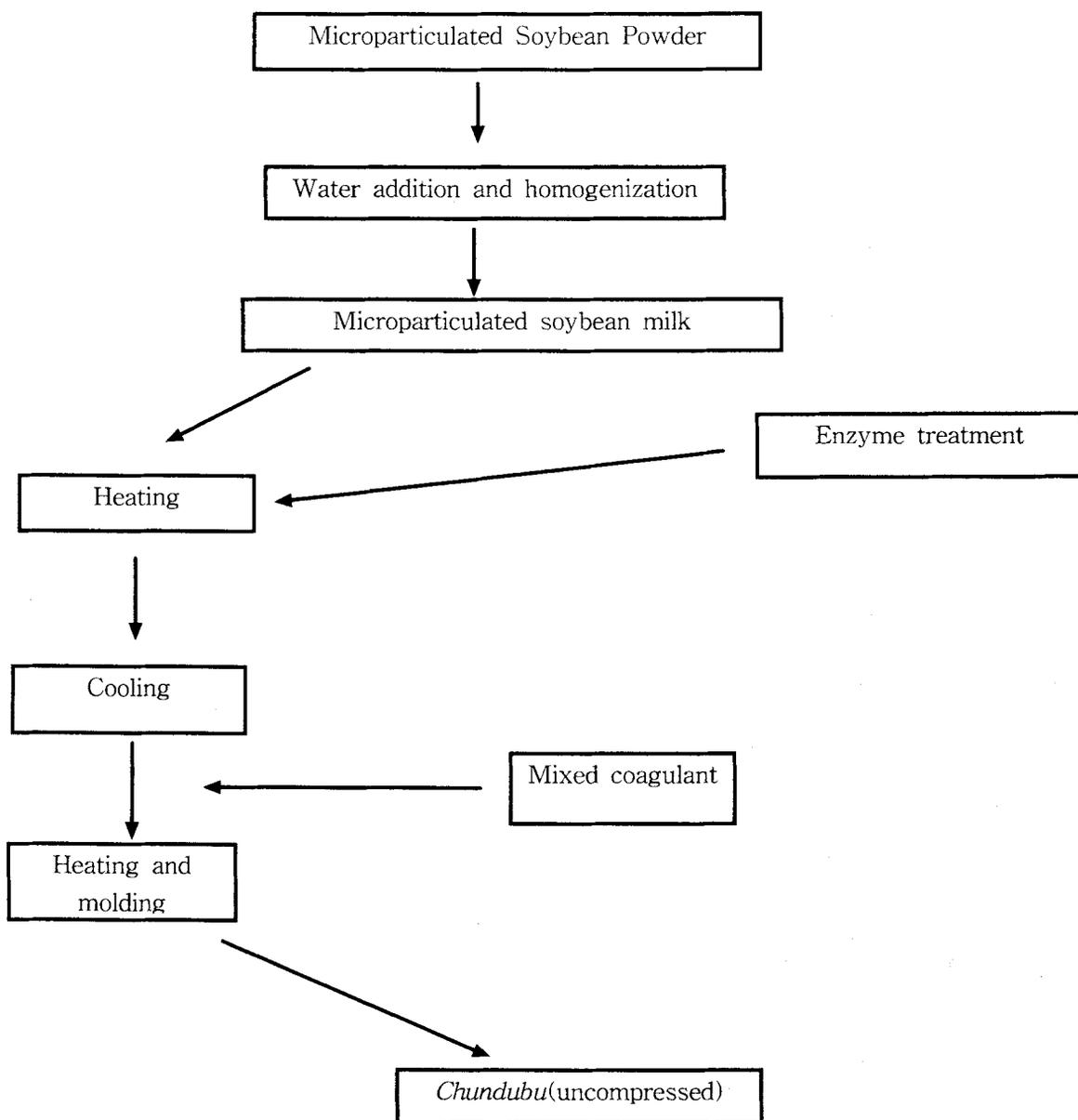


Fig. 26. Processing sheet of *Chundubu*(uncompressed)

## 10. 전두부의 유용성분의 효율성 조사

대두는 단백질 40%, 지방 20% 및 비타민 B군 이외에 이소플라본, 사포닌, 올리고당 등 여러 가지 유용성 성분들을 함유하고 있다. 대두는 두부, 식용류, 간장, 청국장 등의 식용 원료로 사용될 뿐만 아니라 황대두를 소화불량, 임신중독증에 사용하며, 흑대두를 이뇨, 해독, 자양강장의 목적으로 약용으로도 사용된다<sup>51)</sup>. 식품의 역할이 과거에는 적절한 영양섭취를 통한 건강유지에 중점을 두었던 것에서, 현재는 최상의 건강을 도모하고, 만성퇴행성 질환의 위험성을 낮추는 쪽으로 변화되고 있다. 이러한 과정에서 대두는 만성 퇴행성 질환을 예방하고 그 위험을 줄일 수 있는 중요한 기능성 식품소재로 인식되고 있다.

대두는 분자내 여러 개의 페놀성 수산기를 가지며 A, B, C환의 기본 골격을 가진 폴리페놀의 일종인 이소플라본의 주요 급원으로, 배축부에 많이 함유되어 있다. 이소플라본은 또한 여성호르몬인 에스트로젠과 닮은 구조와 작용을 나타내기 때문에 “파이토 에스트로젠”이라고도 불리고 있다. 동물 및 세포 모델을 이용한 여러 연구결과, 이소플라본은 여성호르몬과 비슷한 작용 이외에 암예방, 콜밀도의 저하 억제, 항산화, 콜레스테롤 저하 등의 생리활성을 나타내는 것으로 알려졌다<sup>53, 54)</sup>. 대두에 함유되어 있는 이소플라본으로는 daidzein, genistein, glycitein의 세가지 비당체, 이들의 글루코스 결합체인 daidzin, genistin, glycitin, 아세틸기를 함유하고 있는 배당체 6''-O-acetyldaidzin, 6''-O-acetylgenistin, 6''-O-acetylglycitin과 말로닐기를 함유하고 있는 배당체 6''-O-malonyldaidzin, 6''-O-malonylgenistin, 6''-O-malonylglycitin의 12가지가 알려져 있다<sup>56)</sup>.

조리 및 가공처리는 대두의 이소플라본 함량 및 분포상에 영향을 주는 것으로 보고되고 있다. 대두 이소플라본 중에서 온도에 가장 많은 영향을 받는 것은 말로닐 형태의 유도체로 열에 의해 분해되거나 탈카르복실화(decarboxylation) 되는 것으로 알려져 있다. Wang과 Murphy<sup>57)</sup>는 외피를 제거한 대두박에서 지질을 제거한 다음 갈아서 100 mesh체를 통과시킨 최소한의 가공처리를 거친 대두분 시료에서는 6''-O-malonyldaidzin과 6''-O-malonylgenistin이 주요한

이소플라본이었으나 texturized vegetable protein이나 soy isolate 등으로 가공 처리를 거친 시료에서는 genistin과 daidzin이 주요한 이소플라본이라고 하였다. 발효과정에 의해서는  $\beta$ -glycosidase와 같은 효소의 영향으로 이소플라본 글루코스 결합이 가수분해되어 비발효식품보다 비당체의 함량이 높은 것으로 보고되었다. 한편, 오<sup>58)</sup>에 의하면, 일상적인 조리 방법중 대두의 이소플라본 구성에 가장 큰 영향을 미치는 것은 가열처리로, 습식 가열처리는 말로닐 글루코스 결합체가 글루코스 결합체로 되는 것을 촉진시키는데 반해, 건식가열은 말로닐 글루코스 결합체의 아세틸 글루코스 결합체로의 탈탄산 반응을 촉진시킨다고 하였다. 두부는 대두의 마쇄, 증자, 여과, 응고, 탈수, 성형 등의 처리공정을 거치는 대표적인 대두 가공식품이다. 이소플라본의 이용측면에서 살펴볼 때 두부는 대두 마쇄물을 증자한 다음 여과한 두유를 응고시켜서 제조하기 때문에 이소플라본의 상당량이 두부순물로 전이될 뿐 아니라 비지에도 잔존하는 것으로 알려져 있다. 이에 반해 전두부는 대두 마쇄물 또는 대두분을 여과하지 않고 응고시켜 제조하기 때문에 대두 이소플라본의 이용효율이 증진될 것이다. 또한 일반 두부와 비교할 때 전두부에 있어서 이소플라본 비당체 및 배당체의 구성 및 분포도도 달라질 것으로 예상된다. 이소플라본 비당체 및 배당체의 구성 및 분포도는 이소플라본의 생체이용성 및 약물동력학(pharmacokinetics)에 있어 상당한 영향을 미칠 것이다. 특히 대두 및 대두 가공식품이 생산, 분배되어 최종 소비자 각각에 의해 섭취되는 과정에서 이소플라본 구성의 변화는 소화, 흡수 속도에 영향을 미칠 것이며, 나아가 생체내에서의 작용에도 변화를 가져올 수 있으리라 생각된다.

이에 본 연구에서는 전두부 제조에 있어서 중요한 공정인 효소처리 공정에 있어서 대두분의 입자 크기별, 효소처리 시간별 제조된 전두부의 이소플라본 함량 변화를 살펴보았다. 또한 12가지 대두 이소플라본의 물리화학적 특성치와 암 예방 관련 효소활성의 지표 활성으로 인식되고 있는 cytochrome P450 1 저해 활성과 quinone reductase 유도 활성을 조사하여 물리화학적 특성치와 활성과의 관계 및 구조활성관계를 살펴봄으로써 가공이나 조리에 의해 유도된 이소플라본의 함량 및 분포상 변화에 따라 생체이용성 또는 생체내에서의 활성 변화를

예측할 수 있는 기초자료로 이용하고자 하였다.

## 1) 대두올리고당

사람의 장내에는 100여종의 세균이 서로 공생 또는 길항관계를 유지하면서 상주하고 있는데, 이중 비피더스균은 대장내에서 유산 및 초산을 생성하여 장내의 pH를 산성으로 유지시켜 부패성 세균의 증식을 억제시키며 장기능 조절, 변비의 완화 및 면역력을 증진시키고 대장암 등의 성인병을 예방하는 역할을 한다고 알려져 있다. 이러한 기능을 가지고 있는 비피더스균을 장내균총에서 우세균으로 유지시키기 위한 방법으로는 경구적으로 비피더스균을 투여하는 방법과 비피더스균 증식 촉진물질을 장기 복용하여 장내 미생물 균총을 좋은 방향으로 바꾸는 방법이 있는데, 경구 투여 방법보다는 미생물 균총을 바꾸는 연구와 개발이 더 많이 시도되어 왔다.

올리고당 종류에는 프락토올리고당, 갈락토올리고당, 이소말토 올리고당, 락툴로스 및 대두 올리고당 등이 있는데, 이중 대두 올리고당은 대두에 함유되어 있는 스타키오스, 라피노스, 수크로스 등이 주성분으로 효소 제조에 의한 것이 아니라 대두 자체에 있는 당으로 올리고당 중 유일하게 FDA의 GRAS 승인을 받은 것이다.

그러므로 본 실험에 사용한 대두미세분말은 탈지대두단백이나 대두유 제조시 다량 배출되는 대두 whey나 대두 침출액이 아닌 원료 자체로 그 함량이 상당히 많아서 대두 미세분말을 원료로 한 전두부에는 상당한 양의 대두 올리고당이 있을 것으로 판단된다. Table 41은 입자 크기별 대두미세분말의 올단당류 및 올리고당을 분석한 결과로 전두부 공정중에 있는 효소 처리 시간에 따라서 올리고당 함량의 거의 변화가 없음을 확인할 수 있었다(Fig 27).

Table 41. Effect of enzyme treatment on the soy-oligosaccharide

	Enzyme treatment (min)	Sugar content(%)					Total
		Fructose	Glucose	Sucrose	Raffinose	Stachyose	
MSPI	0	1.81	1.48	2.46	1.35	2.00	9.10
	30	1.90	1.58	2.35	1.31	1.95	9.08
	60	1.94	1.70	2.32	1.29	1.93	9.17
	120	2.01	1.75	2.26	1.27	1.84	9.12
	180	2.05	1.89	2.21	1.27	1.86	9.27
	240	2.07	1.90	2.19	1.29	1.87	9.28
	300	2.08	1.86	2.18	1.28	1.87	9.28
MSPII	0	1.39	1.26	2.92	1.39	2.33	9.30
	30	1.41	1.33	2.28	1.14	2.21	8.36
	60	1.46	1.45	2.61	1.54	2.23	9.29
	120	1.55	1.62	2.55	1.33	2.30	9.34
	180	1.53	1.51	2.55	1.30	2.25	9.14
	240	1.60	1.68	2.60	1.37	2.15	9.40
	300	1.65	1.68	2.50	1.33	2.00	9.17

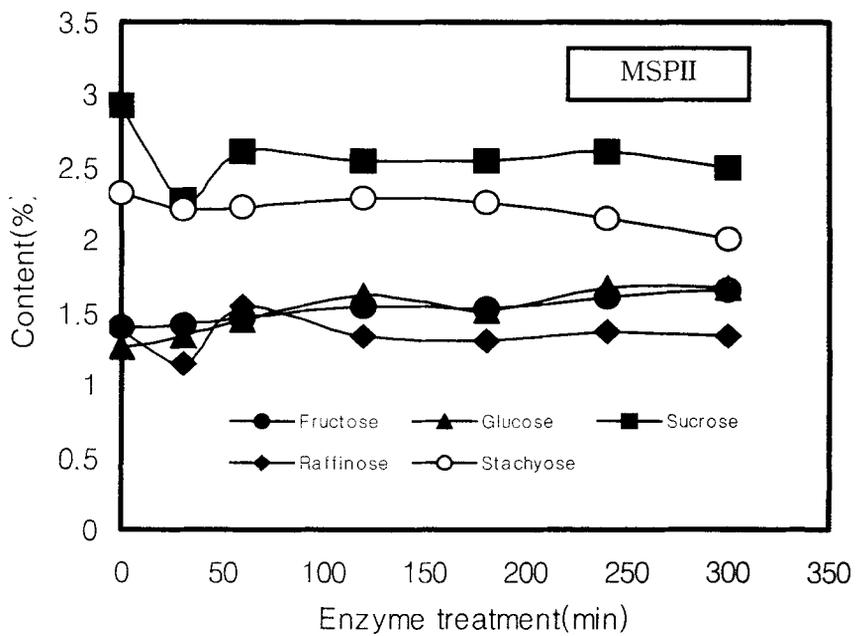
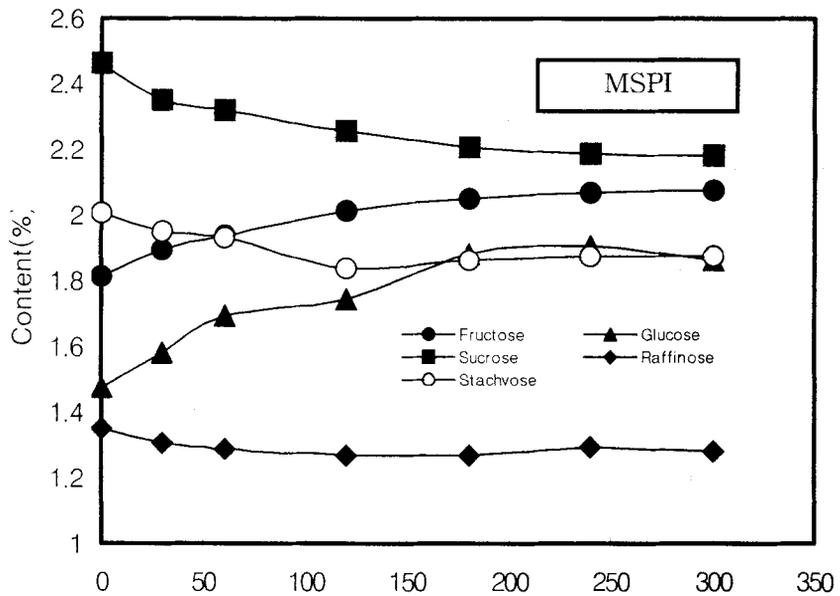


Fig. 27. Changes in the oligosaccharide content according to enzyme treatment time

## 2) 두부제품중 이소플라본의 정량

두부시료중 12종 이소플라본을 HPLC로 분석한 결과, daidzin과 glycitin, 6"-O-malonyldaidzin과 6"-O-malonylglycitin 및 6"-O-acetylgenistin과 glystein의 경우 각각의 피크로 분리하기가 어려웠다. 이는 본 연구에서 사용한 HPLC 시스템이 분석용이 아닌 분취용이기 때문인 것으로 생각되며, 이들의 경우 하나의 피크를 두가지 이소플라본의 양으로 나타내었다.

전두부 제조에 있어서 중요한 공정인 효소처리 공정에 있어서 대두분의 MSPI(200mesh), MSPII(325mesh) 입자 크기별, 0~5시간 범위의 효소처리 시간별 제조된 전두부의 이소플라본 함량 변화를 살펴본 결과는 Fig. 28과 같다. 효소처리 시간별로 325메쉬 대두분으로 제조한 전두부의 총 이소플라본 함량은 초기 309  $\mu\text{g/g}$ 에서 5시간 이후 288  $\mu\text{g/g}$ 으로 초기 대비 약 7% 정도 감소하였다. 200메쉬 대두분으로 제조한 전두부의 경우는 초기 140  $\mu\text{g/g}$ 에서 93  $\mu\text{g/g}$ 으로 약 34% 정도 감소하는 것으로 나타났다.

일반적으로 대두 이소플라본은 동일품종의 경우에도 재배위치나 재배년도에 따라 함량이 46~195 mg/g 정도로 차이가 나타난다고 보고되고 있다<sup>56)</sup>. 따라서 본 연구에서 MSPI(200 mesh)와 MSPII(325 mesh) 대두분으로 제조한 전두부의 초기 이소플라본 함량이 다르게 나타난 것은 품종, 입자크기에 의한 추출율의 차이, 가공조건에 의한 차이 등에서 비롯될 수 있다고 추측된다. 한편, 효소처리 시간이 증가할수록 MSPI(200 mesh)로 제조한 전두부의 총 이소플라본 함량의 손실폭이 크게 나타난 점에 대해서는 본 실험의 결과만으로 그 원인을 정확하게 파악하기는 어려우며, 향후 추가적인 실험이 요구된다고 본다.

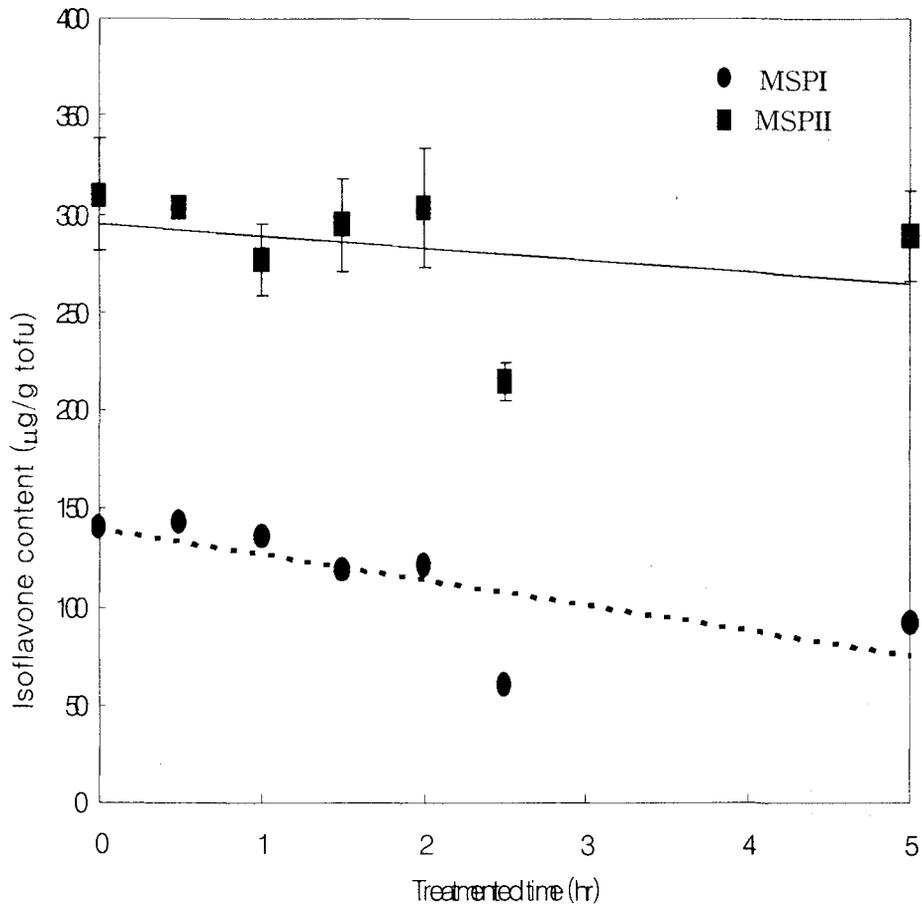


Fig. 28. Effect of enzyme treatment on the total isoflavones contents during *Chundubu* preparation with the different size of soybean flour

Fig. 29는 MSPII(325mesh) 대두분으로 전두부를 제조할 때 효소처리 시간에 따른 각 이소플라본 함량의 변화를 나타낸 것이다. 대두에 함유된 것으로 알려진 12가지 이소플라본 중에서 6'' -O-malonylgenistin, genistein, 6''

-O-malonyldaidzin과 6'' -O-malonylglycitin, daidzin, daidzein, genistin, daidzin과 glycitin. 6'' -O-acetyldaidzin, 6'' -O-acetylgenistin이 검출되었다. 총 이소플라본을 기준으로 각 이소플라본의 구성비율을 살펴보면, 6'' -O-malonylgenistin이 총 이소플라본중 약 40%~45 내외로 가장 많았고, genistein과 genistin이 각각 약 15~20%를 차지하는 것으로 나타났다. 한편, 효소처리 시간이 증가함에 따라 가장 영향을 많이 받는 이소플라본은 6'' -O-malonylgenistin으로 효소처리 5시간 후에는 초기함량의 약 26% 정도가 감소되는 것으로 나타났다. 그러나 다른 이소플라본은 효소처리 시간에 따른 변화가 거의 관찰되지 않았다.

Fig. 30은 입자 크기가 다른 대두분으로 제조한 전두부와 일반 두부의 이소플라본 함량 및 이소플라본의 종류에 따른 분포를 살펴본 것이다. 이들 두부 제품의 총 이소플라본 함량은 MSPII(325 mesh) 대두분으로 제조한 전두부  $309.4 \pm 28.68$ , MSPI(200mesh)대두분으로 제조한 전두부  $217.8 \pm 2.25$ , P사에서 제조한 일반 두부의 경우  $186.1 \pm 9.34$ , MSPI(200 mesh) 대두분으로 제조한 전두부  $140.9 \pm 2.88$ 의 순으로 나타났다. 한편, 총 이소플라본을 기준으로 각 이소플라본의 구성비율을 살펴보면 글루코스 결합체(배당체) 또는 말로닐과 아세틸기가 결합된 배당체의 비율은 크게 차이가 없었다. 반면, daidzein과 genistein과 같은 비당체(aglycone)의 비율은 일반두부에 비해 전두부의 경우 약 2~5배 높은 것으로 나타났다.

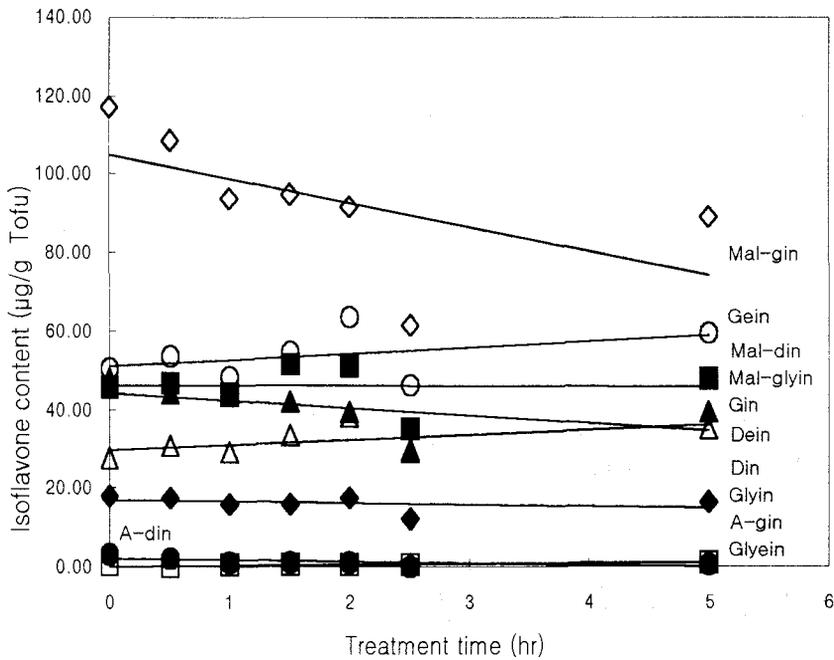


Fig. 29. Changes in isoflavone contents during enzyme treatment in *Chundubu* preparation

Mal-gin(◇-◇): 6'' -O-malonylgenistin, Gein(○-○): Genistein, Mal-Din + Mal-Glyin(■-■): 6'' -O-Malonyldaidzin + 6'' -O-Malonylglycitin, Gin(▲-▲): Genistin, Dein(△-△): Daidzein, Din + Glyin(◆-◆): Daidzin + Glycitin, A-gin + Glyein(□-□): 6'' -O-acetylgenistin + Glycitein, A-din(●-●): 6'' -O-acetyldaidzin

이상의 결과를 종합적으로 살펴볼 때, 325메쉬 대두분으로 제조한 전두부는 일반두부 보다 총 이소플라본 함량이 높았으나 200메쉬 대두분으로 제조한 전두부는 오히려 일반 두부 보다 낮았다. 이는 대두의 품종, 입자크기에 의한 추출율, 가공조건 등에 의한 차이에서 기인된 결과로 보여진다. 따라서 동일한 품

종이나 동일 조건에서 가공되지 않은 원료로 제조된 두부 제품중 이소플라본 함량을 분석한 본 연구의 결과만으로 전두부와 일반두부의 이소플라본 함량의 차이를 살펴볼 수는 없다고 판단된다. 또한 이소플라본의 흡수 측면에서 살펴볼 때, 이소플라본의 체내 흡수시 당결합이 분해된 다음 흡수되는 것으로 알려져 있으므로 비당체의 비율이 높은 전두부가 도움이 될 수도 있음이 시사되었다.

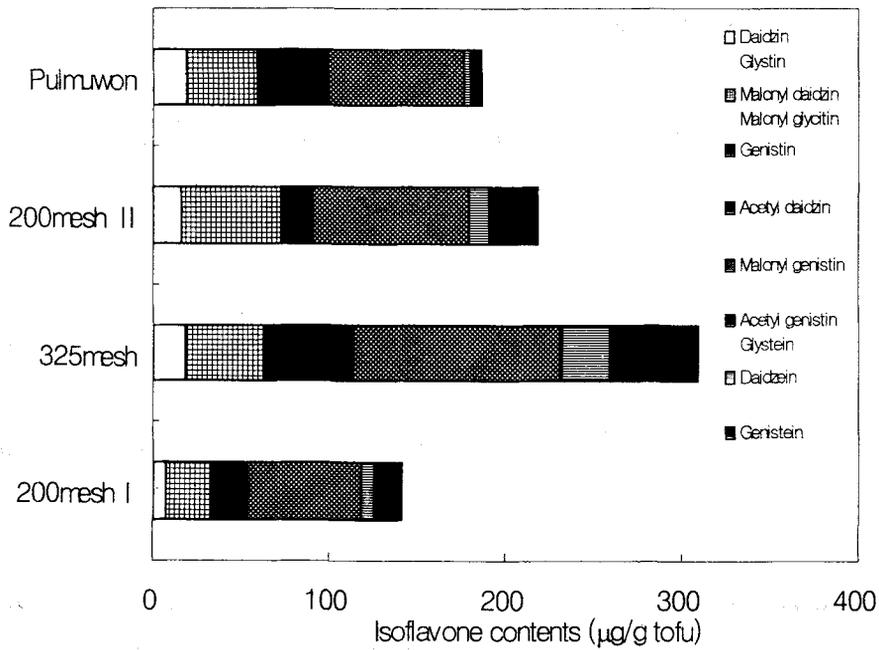


Fig. 30. Isoflavone content and composition in tofu(P) and *Chundubu*(200mesh I, II and 325 mesh) made with different size of soybean flour.

### 3) 암예방 관련효소 활성화 미치는 대두이소플라본의 구조-활성관계

#### ① 이소플라본의 물리화학적 특성 조사

대두에 함유되어 있는 알려진 12가지 이소플라본 daidzein, genistein, glycitein, daidzin, genistin, glycitin, 6''-*O*-acetyldaidzin, 6''-*O*-acetylgenistin, 6''-*O*-acetylglycitin, 6''-*O*-malonyldaidzin, 6''-*O*-malonylgenistin, 6''-*O*-malonylglycitin의 분자특성치를 살펴본 결과는 Table 42와 같다.

즉, 이소플라본 분자의 소수성(hydrophobicity)은 비당체가 가장 높았고, 아세틸기를 함유하고 있는 배당체, 말로닐기를 함유하고 있는 배당체, 배당체의 순으로 나타났다. 반면, 12종 이소플라본 분자의 물에 대한 용해도는 완전히 일치하지는 않았지만 대체로 소수성과 반대의 경향을 보였다.

한편, 12종 이소플라본 중에서 Caco-2 cell 세포막 투과 예측 모델을 사용하여 세포막 투과도를 산출한 결과 7.0 이상의 높은 투과도<sup>10)</sup>를 보인 것은 daidzein, glycitein, acetyl genistin, acetyl glycitin이었다. 또한 인간의 장내 흡수 정도를 나타내는 HIA는 0~20%의 수치범위는 잘 흡수되지 않은 물질, 20~70%의 범위는 적당히 흡수가 되는 물질, 70~100%는 흡수가 잘 되는 물질을 의미한다. 12종 이소플라본 중에서 비당체의 HIA 수치가 가장 높았고, 말로닐기를 함유하는 배당체는 5~11% 범위로 나타나 흡수가 잘 되지 않음이 시사되었다. 배당체와 아세틸기를 함유하는 배당체에 있어서는 genistin과 acetyl genistin을 제외하고는 70~75% 범위로 나타났다. 분자의 극성표면적(polar surface area, PSA)은 비당체가 가장 낮았고, 배당체, 아세틸기를 함유한 배당체, 말로닐기를 함유한 배당체의 순으로 높게 나타났으며, 극성표면적의 수치가 클수록 HIA의 수치가 낮은 경향을 보였다. 물질의 상대적인 전기음성도를 나타내는 Balaban index는 비당체가 가장 높게 나타났고, 배당체, 아세틸기를 함유한 배당체, 말로닐기를 함유한 배당체의 순으로 나타났다.

## ② Cytochrome P450 1 저해활성 조사

일반적으로 발암물질을 포함한 외인성 물질(xenobiotics)들의 대사는 여러 효소들에 의해 진행되며 phase I과 phase II 반응으로 구분하고 있다. Phase I 반응은 산화, 환원 등의 반응에 의해 수용성이 증가하고 phase II 반응의 기질이 될 수 있도록 한다. Phase II 반응은 glucuronide, glutathione 및 sulfate 등의 생체내 물질과 포접(conjugation)되는 반응으로써 이 반응에 의해 외인성 물질이 체외로 배설된다. 그러나 이러한 대사과정 중에 많은 전구발암물질들이 반응성이 높은 궁극적인 발암원으로 활성화되어 암화를 초래하게 된다. 현재 많은 식품성분들은 여러 종류의 발암원에 의해 유발되는 암을 예방하는 것으로 알려져 있다. 이러한 효과는 주로 발암원의 phase I 대사를 조절함으로써 암화를 초래하는 세포 거대분자와의 결합을 억제하거나, 반응성이 증가된 발암원을 생체내 물질과 포접화합물을 만들어 체외로 배설시키는 phase II 대사 효소계(해독화효소계)에 영향을 주기 때문인 것으로 알려져 있다<sup>11, 12)</sup>. 특히 대두 이소플라본은 여러 시험관내, 동물 모델 및 역학연구를 통해 암 예방 활성이 있는 것으로 보고되었고, 제시되고 있는 작용기전 중의 하나가 phase I 및 II 효소계의 활성을 조절하여 발암원의 체내대사에 영향을 주는데 기인된 것으로 보고되고 있다. 그러나 genistein과 daidzein과 같은 특정 이소플라본에 대해서만 연구가 집중되었고, 12종 이소플라본의 구조와 관련하여 활성을 검토한 연구결과는 거의 없다.

따라서 본 연구에서 12종 대두이소플라본을 대상으로 HepG2 세포주를 이용하여 plate 상에서 바로 대표적인 phase I 대사효소인 cytochrome P450 1의 지표활성으로 B[a]P 유도 EROD 저해활성을 측정하고 이소플라본 구조와 관련하여 검토하였다. 그 결과는 Table 43에 나타낸 바와 같다.

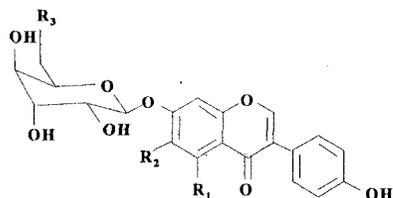
12종 이소플라본의 EROD 활성은 크게 daidzein, genistein, glycitein과 같은 비당체가 가장 높았고, 다음이 배당체, 아세틸기를 함유하고 있는 배당체, 말로닐기를 함유하고 있는 배당체의 순으로 나타났다. 비당체, 배당체, 아세틸기를 함유하고 있는 배당체, 말로닐기를 함유하고 있는 배당체의 각 군 내에서는 genistein의 활성이 가장 높았고, 다음이 daidzein, glycitein의 순으로 나타나는

경향이였다. 각각의 이소플라본에 의한 B[a]P 유도 EROD 저해 활성은 이소플라본 농도 증가에 따라 활성도 증가하는 농도-의존성을 보였다. 이와 같은 결과를 살펴볼 때, 세가지 비당체에 당이나 당에 아세틸기 또는 말로닐기의 결합 유무는 EROD 저해활성에 negative 요인으로 작용함을 알 수 있었다. 또한 12종 이소플라본의 EROD 저해 활성은 이소플라본 분자의 소수성(hydrophobicity), HIA, 상대적 전기음성도와 비례하여 나타났고 이소플라본 분자의 극성표면적과는 반비례하여 나타나는 경향이였다.

Table 42. Molecular(structural, physicochemical and absorption prediction) properties of soy isoflavones

Soy isoflavones	MW	Structural			Physicochemical		Absorption prediction		PSA(Å) <sup>f</sup>	Balaban index <sup>g</sup>
		R1	Substituent <sup>a</sup>		R3	Clog P <sup>b</sup>	ASlogS <sup>c</sup> (mg/L)	Cell permeability <sup>d</sup>		
Daidzein	254.24	H	H	-	1.849	48.18	16.36	85.8	66.8	1.97
Genistein	270.24	OH	H	-	1.522	1530.03	5.23	79.5	87.0	2.01
Glycitein	284.27	H	OCH <sub>3</sub>	-	2.081	322.45	5.86	80.5	76.0	1.97
Daidzin	416.38	H	H	H	0.069	745.28	1.20	70.6	145.9	1.47
Genistin	432.38	OH	H	H	-0.257	1840.5	5.24	51.3	166.1	1.51
Glycitin	446.40	H	OCH <sub>3</sub>	H	-0.482	1558.7	8.22	70.0	166.1	1.55
Acetyl daidzin	458.42	H	H	COCH <sub>3</sub>	0.457	368.39	6.92	74.6	152.0	1.43
Acetyl genistin	474.42	OH	H	COCH <sub>3</sub>	0.130	906.66	19.44	45.2	172.2	1.47
Acetyl glycitin	488.45	H	OCH <sub>3</sub>	COCH <sub>3</sub>	0.415	640.28	22.62	71.0	161.2	1.50
Malonyl daidzin	502.43	H	H	COCH <sub>2</sub> COOH	0.076	1435.84	-	10.9	189.3	1.38
Malonyl genistin	518.43	OH	H	COCH <sub>2</sub> COOH	-0.250	83.63	-	≈0	209.5	1.42
Malonyl glycitin	532.46	H	OCH <sub>3</sub>	COCH <sub>2</sub> COOH	0.035	2482.13	-	4.7	198.5	1.45

<sup>a</sup>Chemical basic structure



<sup>b</sup>Calculated logarithm of octanol/water partition coefficient, <sup>c</sup>Calculated logarithm of water solubility, <sup>d</sup>Caco-2 cell permeability, <sup>e</sup>Human intestinal absorption using the database(BEILSTEINE, DIPPR, MRCK, HOPOC, HSDB, PhysProp, PreADME, TRCTHERMO), <sup>f</sup>Topological polar surface area, <sup>g</sup>The relative electronegativity

Table 43. Effect of soy isoflavones on benzo[a]pyrene-induced ethoxyresorufin-*O*-deethylase activity in human liver derived cells: Structure activity relationship(SAR)

Soy isoflavones	Molecular formula	Substituent			Concn. ( $\mu$ M)	EROD activity <sup>a</sup> (nM resorufin/mg protein/min)	Inhibition of EROD activity
		R1	R2	R3			
Daidzein	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>	II	II	-	0	70.0±7.5	-
					1	74.6±7.3	0
					10	77.7±7.8	0
					50	33.4±4.4	52.3
					100	19.1±2.4	73.0
Genistein	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>	OH	II	-	0	59.5±6.7	-
					1	64.2±8.3	0
					10	62.7±9.0	0
					50	3.4±0.8	94.3
					100	0.5±0.5	99.2
Glycitein	C <sub>16</sub> H <sub>12</sub> O <sub>5</sub>	II	OCCH <sub>3</sub>	-	0	70.1±8.0	-
					1	70.3±9.9	0
					10	74.0±11.3	0
					50	47.9±4.0	31.7
					100	37.0±5.1	47.2
Daidzin	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>9</sub>	II	II	II	0	52.2±8.8	-
					1	54.4±9.9	0
					10	52.7±7.0	0
					50	21.3±4.5	59.2
					100	11.2±7.8	78.5
Genistin	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>10</sub>	OH	II	II	0	57.7±8.6	-
					1	66.3±8.8	0
					10	62.9±13.8	0
					50	6.8±0.8	88.2
					100	11.2±7.8	78.5
Acetyl daidzin	C <sub>23</sub> H <sub>22</sub> O <sub>10</sub>	II	II	COCH <sub>3</sub>	0	52.6±15.5	-
					1	40.3±15.6	23.4
					10	42.5±20.6	19.2
					50	35.2±14.3	33
					100	11.2±7.8	78.5
Acetyl genistin	C <sub>23</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	OH	II	COCH <sub>3</sub>	0	68.3±9.6	-
					1	79.1±16.4	0
					10	48.7±11.7	28.7
					50	8.4±3.5	87.7
					100	11.2±7.8	78.5
Acetyl glycitin	C <sub>23</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	II	OCCH <sub>3</sub>	COCH <sub>3</sub>	0	82.1±10.3	-
					1	81.9±9.5	0
					10	79.7±10.7	2.9
					50	77.0±8.5	6.2
					100	11.2±7.8	78.5
Malonyl daidzin	C <sub>23</sub> H <sub>22</sub> O <sub>12</sub>	II	II	COCH <sub>2</sub> COOH	0	76.7±8.9	-
					1	-	-
					10	88.3±8.8	0
					50	83.9±8.2	0
					100	11.2±7.8	78.5
Malonyl genistin	C <sub>23</sub> H <sub>22</sub> O <sub>13</sub>	OH	II	COCH <sub>2</sub> COOH	0	74.4±11.3	-
					1	76.5±8.3	0
					10	72.9±9.1	2
					50	70.4±6.8	5.4
					100	11.2±7.8	78.5
Malonyl glycitin	C <sub>25</sub> H <sub>24</sub> O <sub>13</sub>	II	OCCH <sub>3</sub>	COCH <sub>2</sub> COOH	0	77.0±6.4	-
					1	80.0±7.8	0
					10	83.0±11.0	0
					50	73.0±4.4	5.2
					100	11.2±7.8	78.5

<sup>a</sup> The calculated dose of benzo[a]pyrene-induced ethoxyresorufin-*O*-deethylase activity in HepG2 cells relative to 0.1% dimethylsulfoxide treated control cultures from observed values of more than three independent experiments. EROD activity of each treatment was normalized to protein content.

### ③ QR 활성 조사

많은 암예방 또는 항암 물질이 제 2상계 효소계를 활성화시킨다는 사실에 근거하여 암예방 성분의 검색 또는 활성을 측정함에 있어서 quinone reductase(QR) 효소활성을 측정하고 있다. 이러한 QR 유도활성을 검색수단으로 측정함에 의해 브로콜리의 암 예방 성분으로 알려진 sulphoraphane를 분리하고 동정하는데 성공한 것으로 보고되고 있다<sup>64)</sup>.

12종 대두 이소플라본을 대상으로 HepG2 세포주를 이용하여 대표적인 phase II 대사효소인 QR 유도 활성을 측정하고 이소플라본 구조와 관련하여 검토하였다. 그 결과는 Table 44에 나타낸 바와 같다.

QR 유도 활성도 B[a]P 유도 EROD 저해활성과 마찬가지로 크게 daidzein, genistein, glycitein과 같은 비당체가 가장 높았고, 다음이 아세틸기를 함유하고 있는 배당체이었으며, 배당체와 말로닐기를 함유하고 있는 배당체의 경우 거의 활성이 나타나지 않았다. 비당체, 배당체, 아세틸기를 함유하고 있는 배당체, 말로닐기를 함유하고 있는 배당체의 각 군 내에서는 genistein의 활성이 가장 높은 경향이였다. 이와 같은 결과를 살펴볼 때, 인간 유래 HepG2 간세포 모델에서 측정한 QR 유도 활성은 Hepa 1c1c7과 같은 설치류 유래 간세포 모델과 비교할 때 전반적으로 미약한 수준이었다. 이소플라본 구조-활성 관계에서는 세 가지 비당체에 당이나 말로닐기의 결합 유무는 QR 유도 활성에서도 negative 요인으로 작용하는 것으로 보여진다. 반면, QR 유도 활성에서는 B[a]P 유도 EROD 저해활성과는 달리 당에 아세틸기의 결합 유무는 QR 활성에 positive 요인으로 작용하는 것으로 추측된다. QR 유도 활성에서도 전체적으로 이소플라본 분자의 소수성(hydrophobicity), HIA, 상대적 전기음성도와 비례하여 나타났고 이소플라본 분자의 극성표면적과는 반비례하여 나타나는 경향이였다.

이상의 결과를 종합해 보면, 이소플라본 분석치의 경우, 전두부와 일반 두부에 있어서 배당체 또는 말로닐과 아세틸기가 붙은 글루코스 결합체의 비율은 크게 차이가 없었던 반면 daidzein과 genistein과 같은 비당체의 비율이 전두부가 일반두부에 비해 약 2~5배 높았다. 한편, 12종 대두 이소플라본의 암예방

활성의 지표로 측정한 B[a]P 유도 EROD 저해활성이나 QR 유도 활성을 측정한 결과에서는 genistein, daidzein과 같은 비당체의 활성이 가장 높았다. 또한 이러한 활성들은 소수성, HIA, 상대적 전기음성도, 극성표면적과 같은 분자적 특성과 관련성이 높은 것으로 조사되었다. 따라서 이소플라본 함량이 높은 동시에 비당체의 비율이 높은 전두부는 일반두부에 비해 이소플라본의 생리활성, 생체이용성 및 약물동력학(pharmacokinetics) 측면에서 장점이 있을 것으로 사료된다.

Table 44. Effect of soy isoflavones on the induction of quinone reductase(QR) activity human liver derived cells: Structure activity relationship(SAR)

Soy isoflavones	Molecular formular	Substituent			Concn. ( $\mu$ M)	QR Activity (nM/mg protein/min)	Sample/Control
		R1	R2	R3			
Daidzein	$C_{15}H_{10}O_4$	H	H	-	0	906 ± 72.2	-
					1	982 ± 100.5	1.08
					10	918 ± 37.6	1.01
					50	937 ± 82.9	1.03
Genistein	$C_{15}H_{10}O_5$	OH	H	-	0	992 ± 116.1	-
					1	904 ± 68.3	0.91
					10	1003 ± 105.1	1.01
					50	1249 ± 96.1	1.26
Glycitein	$C_{16}H_{12}O_5$	H	OCH <sub>3</sub>	-	0	1008 ± 86.3	-
					1	1051 ± 149.4	1.04
					10	945 ± 67.9	0.94
					50	1019 ± 115.9	1.01
Daidzin	$C_{21}H_{20}O_5$	H	H	H	0	934 ± 57.6	-
					1	748 ± 62.3	0.75
					10	768 ± 62.7	0.77
					50	814 ± 56.9	0.82
Genistin	$C_{21}H_{20}O_6$	OH	H	H	0	1075 ± 127.2	-
					1	963 ± 91.4	0.90
					10	1038 ± 125.0	0.97
					50	1306 ± 121.6	1.22
Glycitin	$C_{21}H_{22}O_6$	H	OCH <sub>3</sub>	H	0	942 ± 151.9	-
					1	1016 ± 87.9	1.08
					10	1074 ± 333.1	1.14
					50	943 ± 28.1	1.00
Acetyl daidzin	$C_{23}H_{22}O_6$	H	H	COCH <sub>3</sub>	0	951.9 ± 47.3	-
					1	1071 ± 44.6	1.12
					10	976 ± 112.8	1.03
					50	1150 ± 139.9	1.21
Acetyl genistin	$C_{23}H_{22}O_7$	OH	H	COCH <sub>3</sub>	0	1057 ± 37.9	-
					1	1050 ± 170.8	0.99
					10	1058 ± 170.6	1.00
					50	1216 ± 83.9	1.15
Acetyl glycitin	$C_{23}H_{22}O_7$	H	OCH <sub>3</sub>	COCH <sub>3</sub>	0	933 ± 141.5	-
					1	878 ± 70.3	0.88
					10	894 ± 190.8	0.90
					50	1058 ± 53.5	1.06
Malonyl daidzin	$C_{23}H_{22}O_7$	H	H	COCH <sub>2</sub> COOH	0	1040 ± 333.7	-
					1	1059 ± 51.8	1.02
					10	1141 ± 99.3	1.10
					50	1010 ± 138.9	0.97
Malonyl genistin	$C_{23}H_{22}O_8$	OH	H	COCH <sub>2</sub> COOH	0	971 ± 17.7	-
					1	1073 ± 50.9	1.11
					10	1097 ± 32.8	1.13
					50	1217 ± 46.1	1.25
Malonyl glycitin	$C_{23}H_{22}O_8$	H	OCH <sub>3</sub>	COCH <sub>2</sub> COOH	0	1000 ± 80.3	-
					1	925 ± 112.2	0.93
					10	1087 ± 134.7	1.09
					50	1082 ± 64.3	1.08

## 11. 전두부의 다양화

국민 소득 증가와 함께 소비자들은 안정성에 대해 관심을 갖게 되자 전통적인 방법인 가용성 단백질을 물과 함께 가열 추출한 후 응고시킨 다음 압착 성형시킨 일반 두부보다 일부 소비자들은 위생적으로 만들어진 포장두부와 브랜드가 있는 제품이 더 안전하다고 생각하여 선택하는 경우도 더 많아지고 있다. 최근 두부는 대두가 알, 심장질환, 꿀다공증, 신장 질환 등에서 탁월한 예방 효과가 있다는 것이 발표되면서 대중 식품으로 확산되고 있다. 이렇게 각광을 받고 있는 두부의 경우 국내에서는 일반두부가 90% 정도를 차지하고 있고, 그 외에 포장 순두부, 연두부, 유부 등이 거의 국내시장을 점유하고 있다. 우리와 비슷하게 두부를 섭취하여 온 일본 및 중국 등에서는 우리와 비슷하게 일반두부가 주종을 이루고 있으나, 국내와 달리 두부를 소재로 하는 제 2차 가공품이 많이 발달되어 있다.

즉 두부소시지, 두부 크로켓, 두부햄, 두부스테이크, 두부 아이스크림, 두부 젤리 등이 일본에서 쉽게 찾아볼 수 있고, 두부를 얇게 하여 여기에 여러 조미액을 졸여 만든 두건(豆乾)과 미생물을 접종시킨 후 발효시킨 발효 두부 등이 있다. 현재 우리나라의 경우 90% 이상이 일반 두부가 차지하고 있으나, 소비자 층의 변화로 두부를 이용한 제 2차 가공품을 서서히 요구할 것이라 여겨지고 두부 업체들은 이에 대해 많은 관심을 가지고 있다.

그러므로 비지의 발생이 없으면서 양질의 영양분을 그대로 가지고 있는 전두부의 경우도 다양화 측면에서 전두부를 원료로 하여 색을 가미한 유색 두부, 두부와 어울리는 여러 가지 맛을 첨가한 맛 두부 및 발효두부에 주로 사용하는 곰팡이 균주를 순수배양하여 전두부에 접종한 후 발효 전두부의 가능성을 조사하였다.

## 1) 유색두부

Fig. 31은 천연색소를 첨가하여 제조한 전두부를 현상한 것이고, Table 45는 focus group에 의하여 전두부에 색소를 첨가한 경우 선호도를 조사한 것이다. 그 결과 색소를 첨가하지 않은 대조구에 비하여 두부로서 큰 거부감을 주거나 선호도가 떨어지지 않았고, 천연 색소를 첨가할 경우 두부 고유의 유백색과 어울려 파스텔톤의 색을 나타내어 선호도가 증가된 것도 있었다. 그러므로 색이 첨가된 두부의 경우 식단의 장식품으로도 사용가능 하다고 여겨진다.

Table 45. Total acceptability of coloured *Chundubu* by focus group

대조구	+++	핑크바이올렛	+++++
클로렐라	+++++	핑크칼라	+++++
그린칼라	++++	레드칼라	+++++
포도과피색	+++	치자황색소	+++++
홍황황색소	++++	치자청색소	+++++
		홍국적색소	+++++

+: 나쁘다 ++; 조금 나쁘다, +++; 보통이다, ++++; 좋다, +++++; 대단히 좋다

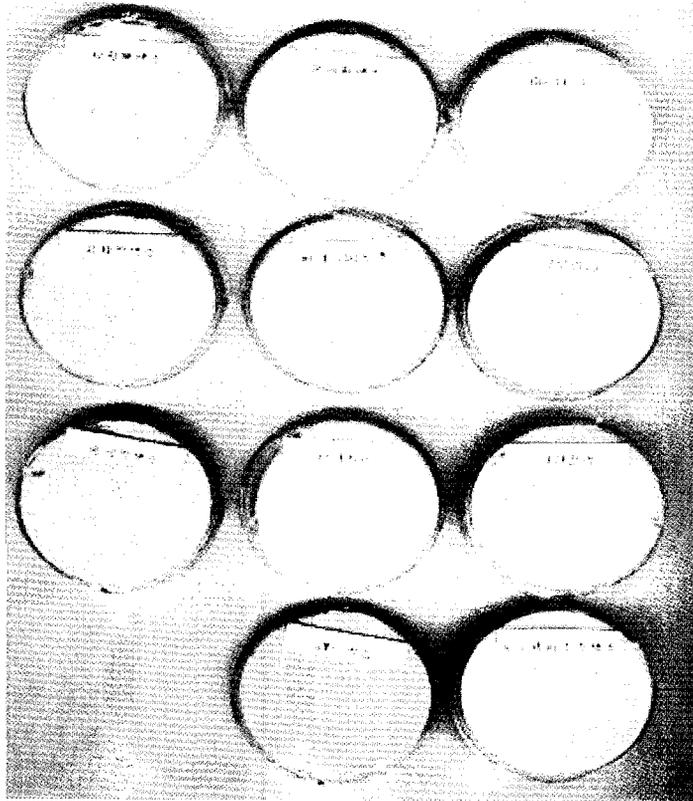


Fig. 31. Picture of various coloured *Chundubu*

## 2) 맛두부

전두부의 원료인 대두미세분말로 제조한 12%와 15% 두유액에 두가지 형태로 나누어 주식과 함께 먹을수 있는 반찬용과 후식용으로 나누어 여러 가지 첨가물을 제조한 후 focus group에 의해 맛이 첨가된 전두부에 적당한 첨가물을 선발하였다.

Fig. 32는 반찬용과 후식용으로 제조된 전두부를 사진으로 현상한 것이고, Table 46은 focus group에 의해 선호도를 조사한 것이다.

그 결과 후식용은 커피와 땅콩버터가 선발되었고, 반찬용은 표고버섯, 새우, 사골과 불갈비 맛이 선발되었다.

Table 46. Total acceptability of flavored *Chundubu* by focus group

후식용		반찬용	
Control	+++	Control	+++
커피	+++++	흑임자	++++
땅콩버터	+++++	가쓰오부시	++++
클로렐라	++++	명란젓	+++
코코아	++++	표고버섯	+++++
땅콩버터+땅콩 가루	+++++	새우	+++++
치자색소	++++	멸치	++
코코아가루+아 몬드	++++	참치	+++
녹차	+++	사골	+++++
딸기	++	불갈비맛	+++++
과일	++++		
머루	++		

+: 나쁘다 ++:조금 나쁘다, +++: 보통이다, ++++: 좋다, +++++: 대단히 좋다

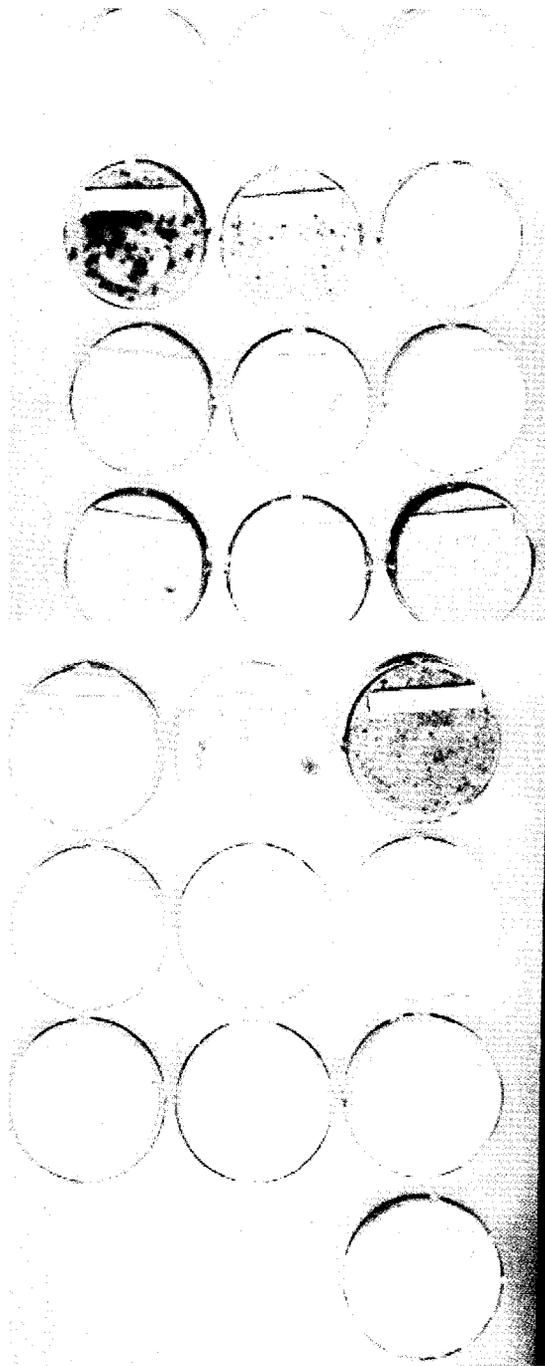


Fig. 32. Picture of various flavored *Chundubu*

Fig. 33은 중국에서 판매되고 있는 맛두부로 두부를 원료로 하여 여러 가지 조미액을 첨가하여 졸인 다음 포장하여 판매하는 두건(豆乾)의 형태이다.



Fig. 33. Flavored tofu produced in China

한편 Table 47과 Table 48은 반찬용 맛두부의 두부 고유의 특성인 강도와 기호도를 조사한 결과이다. 강도의 경우 대조구에 비하여 맛이 첨가된 전두부의 경우 콩비린내와 이취는 새우가루 첨가구가 높게 나타났고, 두부 특성인 견고성과 탄성성, 응집성 및 입안 느낌 등은 시료간에 큰 차이가 없었다. 또 고소한 맛은 새우가 다른 시료에 비하여 약간 낮게 나타났고, 짙은 맛과 짠맛 및 이미에 있어서도 시료간에 약간 차이가 있었다.

기호도의 경우 콩비린내는 새우가루 첨가구를 제외하고 큰 차이가 없었고, 조직감에 대한 각 특성의 기호도는 시료간에 차이가 거의 없었다. 또 고소한 맛은 불갈비맛과 사골맛이 비교적 높게 나타났다. 본 실험 결과 각 첨가물 별 특성을 혼합하여 맛이 첨가된 두부를 제조하면 맛이 첨가되지 않은 전두부에 비하여 기호도도 떨어지지 않으면서 다양한 맛의 전두부를 만들 수 있을 것으로 여겨진다.

Table 47. Intensity of sensory attribute on the various flavored *Chundubu*

	대조구	불갈비맛	사골맛	새우가루	표고가루
콩비린내	3.25±1.48 <sup>b</sup>	4.35±1.79 <sup>ab</sup>	3.75±2.19 <sup>ab</sup>	4.90±2.34 <sup>a</sup>	4.00±1.59 <sup>ab</sup>
이취	4.15±1.79 <sup>bc</sup>	4.95±1.64 <sup>b</sup>	4.05±1.99 <sup>bc</sup>	6.95±1.39 <sup>a</sup>	3.50±1.32 <sup>c</sup>
절단면 상태	5.20±0.89 <sup>b</sup>	5.15±1.35 <sup>b</sup>	6.20±1.44 <sup>a</sup>	5.20±1.70 <sup>b</sup>	4.90±1.21 <sup>b</sup>
견고성	5.40±1.79 <sup>a</sup>	5.35±1.87 <sup>a</sup>	5.75±2.10 <sup>a</sup>	5.25±2.00 <sup>a</sup>	4.80±1.74 <sup>a</sup>
탄력성	5.25±1.45 <sup>a</sup>	4.90±1.45 <sup>a</sup>	5.35±1.66 <sup>a</sup>	5.00±1.69 <sup>a</sup>	5.30±1.56 <sup>a</sup>
응집성	4.70±1.83 <sup>a</sup>	5.20±1.28 <sup>a</sup>	4.95±1.73 <sup>a</sup>	4.70±1.56 <sup>a</sup>	5.10±1.59 <sup>a</sup>
썩힘성	4.50±1.91 <sup>a</sup>	4.35±1.46 <sup>a</sup>	4.40±1.73 <sup>a</sup>	3.90±1.25 <sup>a</sup>	4.35±1.60 <sup>a</sup>
입안느낌	5.00±1.81 <sup>a</sup>	4.55±1.47 <sup>a</sup>	5.00±1.61 <sup>a</sup>	4.45±1.61 <sup>a</sup>	4.50±1.31 <sup>a</sup>
고소한 맛	5.15±1.63 <sup>a</sup>	5.25±1.83 <sup>a</sup>	5.30±1.48 <sup>a</sup>	3.40±1.60 <sup>b</sup>	4.40±1.67 <sup>ab</sup>
콩비린맛	3.55±1.54 <sup>a</sup>	3.55±1.82 <sup>a</sup>	3.85±1.93 <sup>a</sup>	3.75±1.94 <sup>a</sup>	4.50±1.61 <sup>a</sup>
뽀은맛	2.55±0.76 <sup>b</sup>	2.92±1.39 <sup>ab</sup>	3.05±1.61 <sup>ab</sup>	3.80±2.17 <sup>a</sup>	3.70±1.89 <sup>a</sup>
짠맛	4.15±1.18 <sup>c</sup>	5.60±1.13 <sup>ab</sup>	5.45±1.47 <sup>ab</sup>	5.85±1.81 <sup>a</sup>	4.75±0.72 <sup>bc</sup>
이미	3.65±1.35 <sup>d</sup>	4.90±1.94 <sup>bc</sup>	4.30±1.69 <sup>cd</sup>	6.45±1.43 <sup>a</sup>	5.45±1.54 <sup>ab</sup>

Table 48. Acceptability of sensory attribute on the flavored *Chundubu*

	대조구	불갈비맛	사골맛	새우가루	표고가루
콩비린내	4.75±1.86 <sup>a</sup>	4.10±1.48 <sup>ab</sup>	4.50±2.08 <sup>a</sup>	3.25±1.33 <sup>b</sup>	4.75±1.74 <sup>a</sup>
이취	5.10±1.68 <sup>a</sup>	4.80±1.58 <sup>a</sup>	5.25±1.94 <sup>a</sup>	3.05±1.70 <sup>a</sup>	5.10±1.65 <sup>a</sup>
절단면상태	5.15±1.42 <sup>ab</sup>	5.10±1.45 <sup>ab</sup>	6.05±1.69 <sup>a</sup>	5.30±1.63 <sup>ab</sup>	4.85±1.09 <sup>b</sup>
견고성	4.75±1.52 <sup>a</sup>	4.75±1.65 <sup>a</sup>	5.25±1.74 <sup>a</sup>	4.75±1.80 <sup>a</sup>	4.60±1.54 <sup>a</sup>
탄력성	5.15±1.73 <sup>a</sup>	4.85±1.81 <sup>a</sup>	5.25±1.45 <sup>a</sup>	4.85±1.76 <sup>a</sup>	4.90±1.55 <sup>a</sup>
응집성	4.50±1.61 <sup>a</sup>	4.45±1.47 <sup>a</sup>	4.95±1.36 <sup>a</sup>	4.35±1.60 <sup>a</sup>	4.65±1.23 <sup>a</sup>
씹힘성	4.50±1.57 <sup>a</sup>	4.15±1.66 <sup>a</sup>	4.25±1.52 <sup>a</sup>	3.75±1.55 <sup>a</sup>	4.25±1.52 <sup>a</sup>
입안느낌	4.75±2.20 <sup>a</sup>	4.55±1.64 <sup>a</sup>	4.55±1.57 <sup>a</sup>	4.00±1.52 <sup>a</sup>	4.65±1.39 <sup>a</sup>
고소한 맛	5.15±1.81 <sup>a</sup>	5.00±1.72 <sup>a</sup>	5.20±1.60 <sup>a</sup>	3.55±1.61 <sup>b</sup>	4.15±1.57 <sup>ab</sup>
콩비린맛	4.80±1.58 <sup>a</sup>	4.40±2.11 <sup>ab</sup>	3.90±1.52 <sup>ab</sup>	3.50±1.70 <sup>b</sup>	3.90±1.48 <sup>ab</sup>
뽀은맛	4.90±1.92 <sup>a</sup>	4.65±2.11 <sup>a</sup>	4.50±1.67 <sup>a</sup>	4.00±1.75 <sup>a</sup>	4.10±1.77 <sup>a</sup>
짠맛	5.30±1.49 <sup>a</sup>	4.50±1.63 <sup>ab</sup>	4.05±1.23 <sup>b</sup>	3.75±1.65 <sup>b</sup>	4.60±1.19 <sup>ab</sup>
이미	4.85±1.60 <sup>a</sup>	3.80±1.79 <sup>ab</sup>	4.10±1.80 <sup>ab</sup>	4.60±1.19 <sup>b</sup>	4.20±1.82 <sup>ab</sup>

### 3) 발효두부

발효두부는 중국전통 음식으로 *sufu(tau-zu)*라고 불리는데, 두부를 소금물과 쌀 양조주의 혼합물에 *Actinmuco*속이나 *Mucor*속 또는 *Rhizopus*속 곰팡이를 접종하여 발효, 숙성하여 만드는데, 발효과정에서 곰팡이와 청주의 혼합물은 제품에 여러 가지 풍미를 주게 된다. 현재 중국에서 시판되고 있는 발효두부는 보통 적색, 담황색 또는 백색의 네모난 조각(크기 2-4cm, 두께 1-2cm)로 적색 발효두부는 *Monascus anka*를 접종하여 만든 것이고 이외에 *Mucor hiemalis*를 접종하여 만들기도 한다.

발효 두부에 주로 사용하는 5종의 fungi, *Monascus anka*(01150IFO 4478), *Monascus anka*(01154 ATCC 36928IFO 6540), *Monascus anka*(00370IFO 30873), *Mucor hiemalis*(00376), *Mucor hiemalis f. hiemalis*(00601 IFO 8448)로 한국식품개발연구원 보존 균주를 이용하였다. 즉 전두부를 제조한 후 일정크기(3×3×1.5cm)로 절단하여 0℃에서 3일간 건조시키고, 이를 autoclave로 121℃에서 15분간 살균한 다음 미리 선발된 5종의 fungi를 접종한 다음 25℃에서 3-7일간 발효시킨 후 focus group에 의하여 발효 두부의 가능성을 타진하였다.

Fig. 34-Fig 38는 각각의 균주를 접종하여 발효시킨 발효 전두부를 사진으로 현상한 것이다. 접종전의 유백색의 전두부에 비하여 발효 두부의 경우는 각 균주의 특성인 색을 나타내고 황색과 붉은색으로 균사가 자라는 것을 볼 수 있었다.

한편 focus group에 의하여 발효된 두부의 관능검사를 한 결과, 전두부에서는 콩 고유의 냄새를 나타내었으나 발효 두부의 경우는 우리 고유의 된장이나 청국장 냄새가 있었다. 발효두부의 경우 외국에서는 다른 된장이나 납두와 같은 대두 발효 제품보다 단백질태 질소를 많이 함유하고 있고, 두부 응고제로 쓰이는 칼슘의 중요한 공급원이 되므로 이에 관한 연구가 계속되고 있는데, 국내에서도 이에 관한 연구와 함께 국내 소비자의 입맛에 맞는 맛과 냄새 및 조직감 개선에 관한 연구가 계속되어야 한다고 여겨진다.

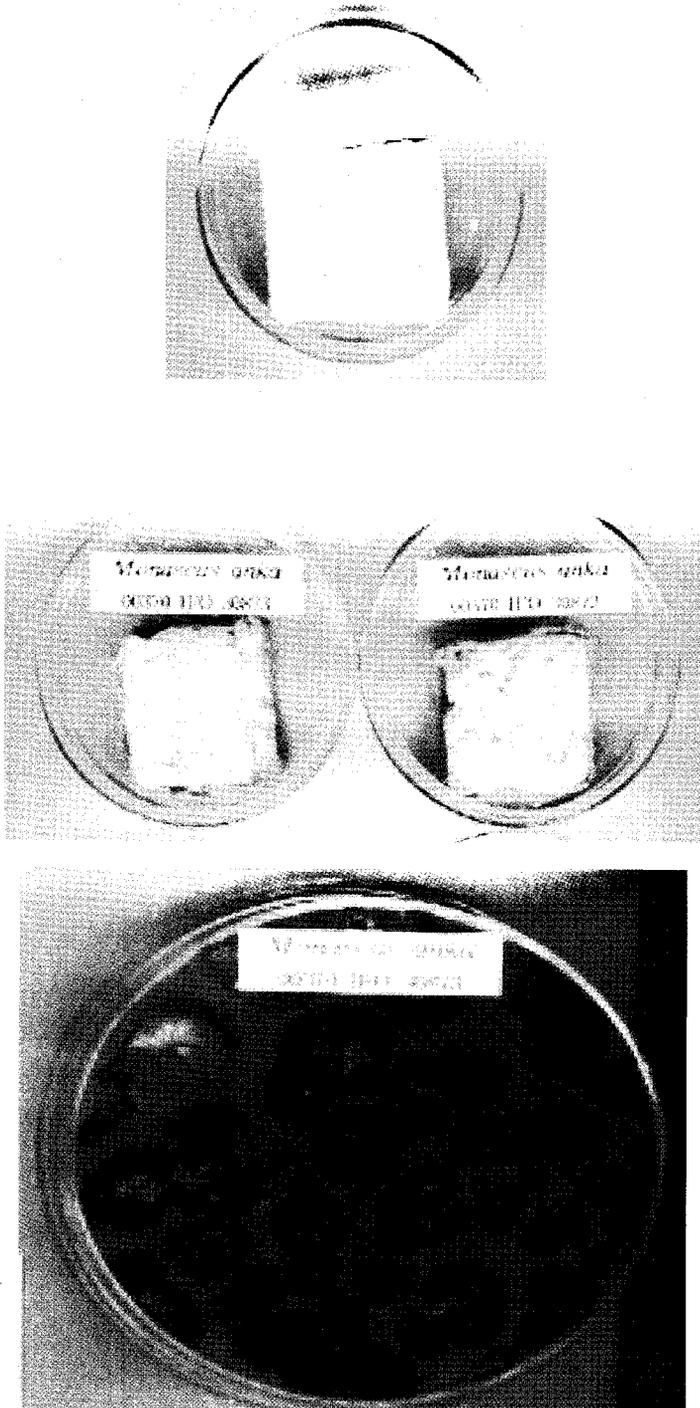


Fig. 34. Fermented *Chundubu* inoculated with *Monascus anka*(IFO 30873)

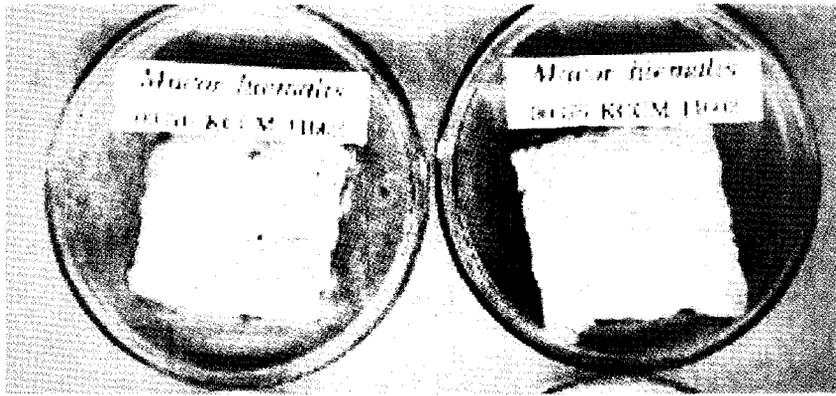


Fig. 35. Fermented *Chundubu* inoculated with *Mucor hiemalis*(KCCM 11602)

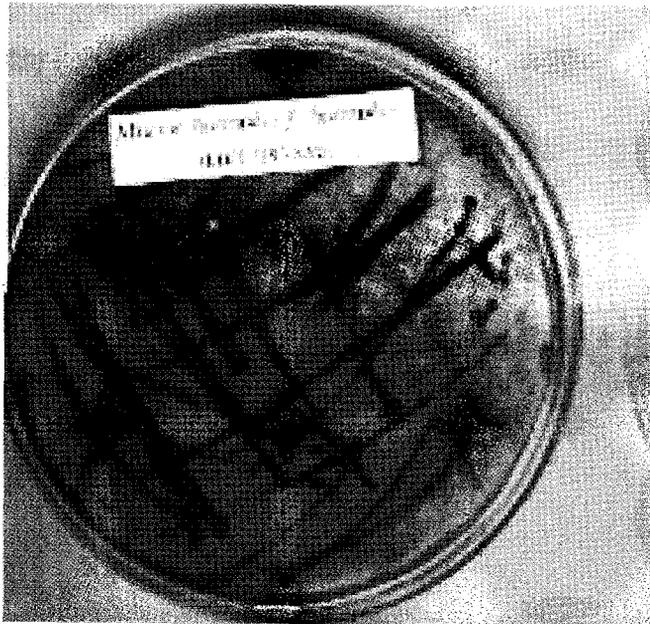
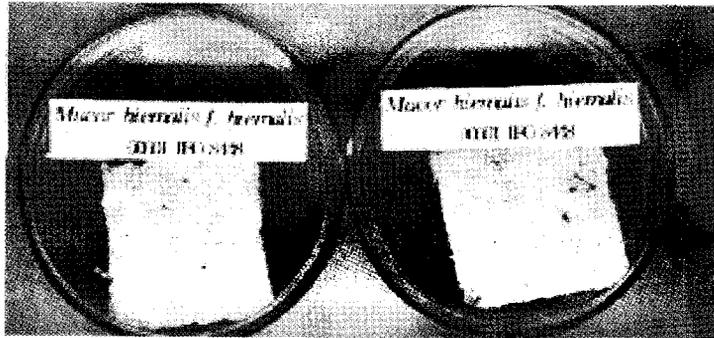


Fig. 36. Fermented *Chundubu* inoculated with *Mucor hiemalis* f. *hiemalis*(IFO 8438)

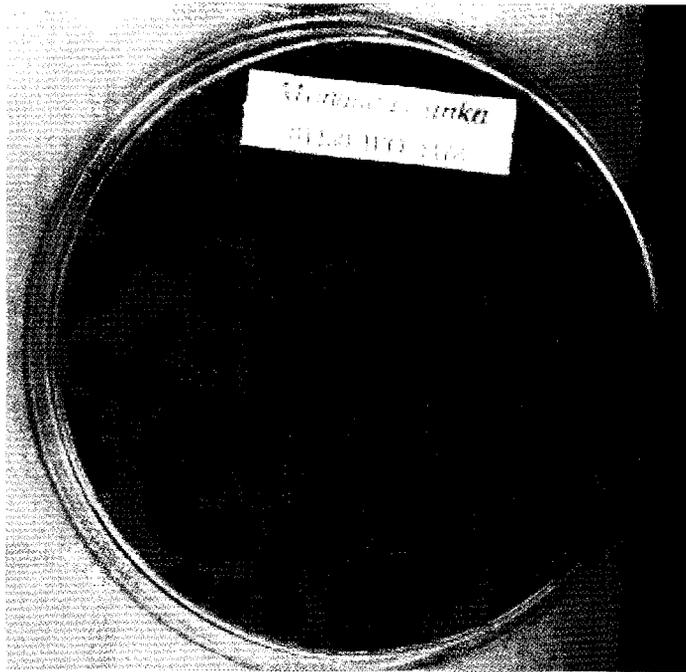
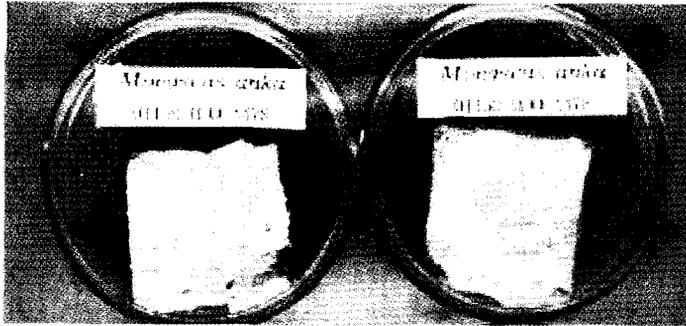


Fig. 37. Fermented *Chundubu* inoculated with *Monascus anka*(IFO 4478)

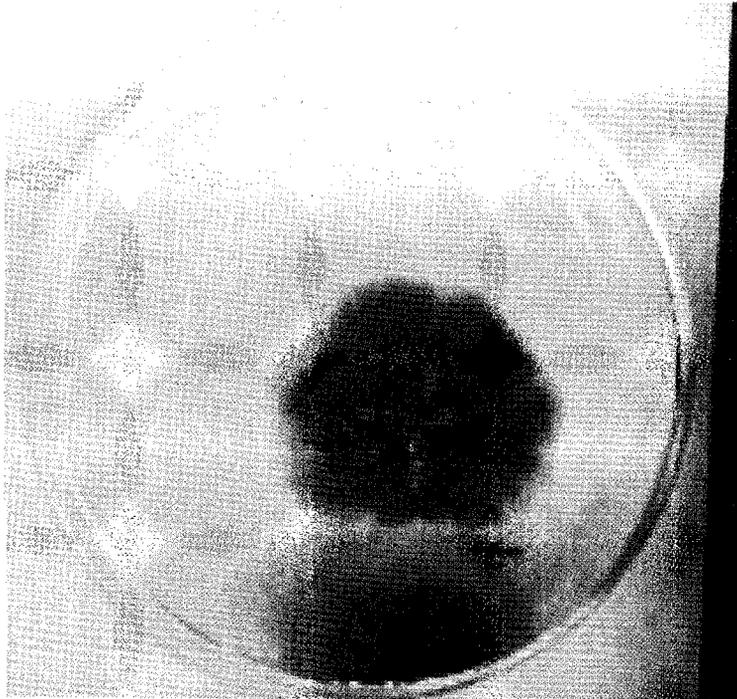
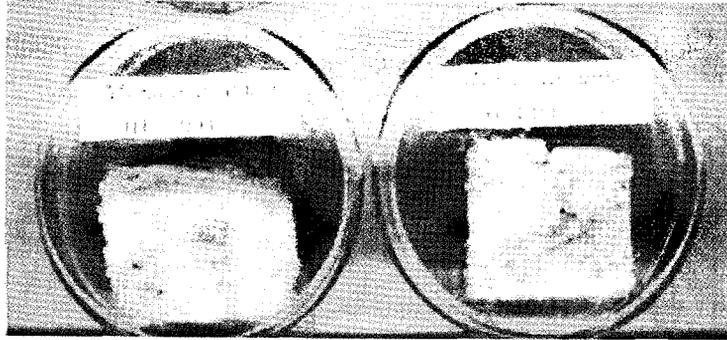


Fig. 38. Fermented *Chundubu* inoculated with *Monascus anka*(IFO 6540)

## 문헌

1. Korea food yearbook, Nongsuchuksan newspaper Co., p. 742, Korea (1999)
2. Watanabe, T., Fukumachi, C., Nakayama, O., Teramachi, Y., Abe, K., Suruga, S. and Miyanaga, S. Research into the standardization of the tofu making process. National Food Research Institute, Japan(1964)
3. Kawaguchi, Y. Effect of heat treatment of soymilk, coagulants and yeast inoculation of the texture of soy curds. 26:434-441(1979)
4. Kim, K. T., Im, J. S. and Kim S. S. A study of the physical and sensory characteristics of ginseng soybean curd prepared with various coagulants. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 965-969(1996)
5. Hwang, I. K. and Park, C. K. Effects of coagulant concentration and phytic acid addition on the contents of Ca and P and rheological property of soybean curd. Korean J. Food Sci. Technol. 26: 355-358(1994)
6. Kim H. J., Kim, B. Y. and Kim M. H. Rheological studies of the processing conditions. Korean J. Food Sci. Technol. 27:324-328(1995)
7. Baik, S. H., Kim, M. K., Yun, S. E. and Joo, H. K. Improvement on textural properties of soybean curd by freeze denaturation of soybeans. Korean J. Food Sci. Technol. 28:267-272(1996)
8. Jang, W. Y., Kim B. Y. and Kim, M, H. Prediction of the rheological of soybean curd during storage by using WLF equation. Korean J. Food Sci. Technol. 27:193-198(1995)
9. Ko, S. N. and Kim, W. J. Effect of coagulants and coagulation temperature on physical properties of ISP-tofu. Korean J. Food Sci. Technol. 24:154-159(1992)
10. Saio, K. Tofu-relationships between texture and fine structure. Cereal Foods World. 24:342-254 (1979)

11. Wang, H. L. and Hesseltine, C. W. Coagulation condition in tofu processing. *Process Biochem.* 17:7-12 (1982)
12. Lim, B. T., De Man, J. M., De Man, L. and Buzzell, R. I. Yield and quality of tofu as affected by soybean and soymilk characteristics. Calcium sulfate coagulant. *J. Food Sci.* 55:1088-1093(1990)
13. Tasi, S. T., Lan, C. Y. , Kao, C. S. and Chen, S. C. Studies on the yield and quality characteristics of the tofu. *J. Food Sci.* 46:1734-1741(1981)
14. Lee W. J., Choi, M. R. and Sosulski, F.W. Separation of tofu-residue(Biji) into dietary fiber and protein fractions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 24:97-100(1992)
15. Hong, J.S., Kim, M. K., Yoon, S., Ryu, N. S. and Kim Y. K. Preparation of noodle supplemented with treated apple pomace and soymilk residue as a source of dietary fiber. *J. Korean Agric. Chem.* 36:80-85(1993)
16. Van der Riet, W. B. Wihgt, A. W., Chilliers, J. J. L. and Datel, J. M. Food chemical investigation of tofu and its byproduct okara. *Food Chem.* 34:193-202(1989)
17. Kweon, M. N., Ryu, H. S. and Moon, J. H. Nutritional evaluation of tofu containing dried soymilk residue 1. Evaluation of protein quality. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 22:255-261(1993)
18. Kim, J.Y., Kim, J. H. and Moon K. D. Quality attributes of whole soybean flour tofu affected by coagulant and theirs concentration. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32:402-409(2000)
19. AOAC. Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA(1990)
20. Gacula, M. C. Design and Analysis of Sensory Optimization. Food & Nutrition Press, Inc. Connecticut, USA(1993)
21. SAS institute, Inc. SAS/STAT User's Guide. Version 6.2th ed. Cary, NC.

USA(1988)

25. Wang, H. L., Swain, E. W. and Kwolek, W.F. Effect of soybean varieties on yield and quality of tofu. *Cereal Chem.*, 60:245-248(1983)
22. Okezie, B. and Bello, A.B. Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. *J. food Sci.*, 50: 450-455(1988)
23. Mogeau, R. and Brassard. R. Insoluble dietary fiber from breakfast cereals and bran; Bile salt binding and water holding capacity in relation to particle size. *Cereal Chem.* 59: 413-417(1982)
24. Voutsinas, L.P., Cheung, E. and Nakai, S. Relationships of hydrophobicity to emulsifying properties of heat denaturated protein. *J. Food Sci.* 48: 26-32(1983)
25. Food Composition Table(Fifth revision) : National Rural Living Science Institute, R.D.A.(1996)
26. Hough, G., Martinez, E. and Contarini, A. Sensory and abjective measurement of sandiness in Dulce de Leche, a typical argentine dariy product. *J. Dairy Sci.* 73: 604(1990)
27. Hutchings, J. S. Food colour and appearance. Chapter 7. Instrumental specification. pp. 217-223. Blackie Academic & Professional. U.K.(1994)
28. Whorlow, R.W. Rheological Techniques. John Wiley & Sons, New York. pp. 243-251(1980)
29. Tam, K.C. and Tiu, C. Steady and dynamic shear properties of aqueous polymer solution. *J. Rheol.* 33: 257-265(1989)
30. Hue-Ju Wang and patricia A. Murphy: Mass Balance Study of Isoflavones during Soybean Processing. *J. Agric. Food Chem.*, 44, 2377-2383(1996)
31. Kaoru Kohyama, Yoh Sano and Etsushiro Doi : Rheological Characteristics and Gelation Mechanism of Tofu (Soybean Curd). *J.*

- Agri. Food Chem, 43, 1808-1812(1995)
32. Lori Cowar, Neil C. Barnes, Kenneth D. R. Setchell and Stephen Barnes : Genistein, Daidzein, and Their  $\beta$ -Glycoside Conjugates : Antitumor Isoflavones in Soybean Foods from American and Asian Diets, J. Agri. Food Chem., 41, 1961-1967(1993)
  33. Arthur C. Eldridge and Willian F. Kwolek : Soybean Isoflavones : Effect of Environment and Variety on Composition, J. Agri. Food Chem., 31, 394-396(1983)
  34. Arthur C. Eldridge : Determination of Isoflavones in Soybean Flours, Protein Concentrations and Isolates, J. Agr. Food Chem., 30, 353-355(1982)
  35. Huei-Ju Wang and Patricia A. Murphy: Isoflavone Composition of American and Japanese Soybeans in Iowa: Effects of Variety, Crop Year and Location, J. Agri. Chem, 42, 1674-1677(1994)
  36. Chigen Taukamoto, Shinji Shimada, Kazunori Igita, Shigemitsu Kudou, Makie Kokubun, Kazuyoshi Okubo and Keisuke Kitamura: Factors Affecting Isoflavones Content in Soybean Seeds: Changes in Isoflavones, Saponins and Composition of Fatty Acids at Different Temperatures during Seed Development, J. Agric. Food Chem. 43, 1184-1192(1995)
  37. Shigeki Matusuda, Tadashi Miyazaki, Yunosuke Matsumoto, Riichiro Ohba, Yuji Teramoto, Naokazu Ohta and Seinosuke Ueda : Hydrolysis of Isoflavones in Soybean Cooked Syrup by *Lactobacillus casei subsp. rhamno* IFO 3425, J. Fermetnation and Bioengineering, 74(5), 301-304(1992)
  38. A. Seo and C. V. Morr: Improved High-Performance Liquid Chromatographic Analysis of Pheonolic Acids and Isoflavonoids from Soybean Protein Products, J. Agic Food Chem., 32, 350-533(1994)
  39. Yu-Chen Chang, Muraledharan G. Nair, Ross C. Santell and Williams

- G. Helferich: Microwave-Mediated Synthesis of Anticarcinogenic Isoflavones from Soybeans, *J. Agri. Food Chem*, 42, 1869-1871(1994)
40. Shantilal S Parmar, Sukhminder Singh and Radhey S Sharma : Compositional and Quality Characteristics of Paneer Made from Soya Beans and Buffalo Milk under Different Heat Treatments, *J. Sci. Food Agric.* 47, 463-473(1989)
41. R. A. Szabo, G. A. Jarvis, K. F. Weiss, K. Rayman, G. Lachapelle and A. Jean : Microbiological Quality of Tofu and Related Products in Canada, *J. Food Protection*, 52(10), 7727-730(1989)
42. Akihiro Ohno, Takashi Ano and Makoto Shoda : Production of the Antifungal Peptide, Iturin by *Bacillus subtilis* NB22 in Solid State Fermentation, *J. Fermentation and Bioengineering*, 75(1), 23-27(1993)
43. Hidefumi Yoshii, Takeshi Furuta, Hirokazu Maeda and Hiroyuki Mori : Hydrolysis Kinetics of Okara and Characterization of Its Water-soluble Polysaccharides, *Biosci. Biotech. Biochem.*, 60(9), 1406-1409(1996)
44. Eun-A, Be, Tai-Wan Kwon and Gap-Soon Moon : Isoflavones Contents and Antioxidative Effects of Soybeans, Soybean Curd and Their By-Products(in Korean), *J. Korean Soc. Food Sci. Nut.* 26(3), 371-375(1997)
45. Jeong-Soo Lee and Hong-Sik Cheigh ; Antioxidative Characteristics of Isolated Crude Phenolics from Soybean Fermented Foods(Doenjang, in Korean), *J. Korean. Soc. Food Sci. Nutr.* 26(3), 376-382(1997)
46. Seisaku Yoshida and Kyoko Yamauchi: Cadmium-Binding Composition in a Supernatant from Ultracentrifugation of Soy-milk Prepared from Soybeans and Cadmium-Containing Water(in Japanese). *식품위생학회지*, 32(6), 564-568(1991)
47. Taro Takahashi, Yukari Egashira, Hiroo Sanada : Effects of Soybean Dietary Fiber on Growth Rate, Digestibility and Gastrointestinal Transit

- Time in Rats. 일본영양, 식량학회지, 45(3), 277-284(1992)
48. Masako Matsu and Eri Hitomi : Suppression by Okara Koji of Plasma Cholesterol Elvation and Hepatic Lipid Accumulation in Rats(in Japanese). Nippon Nogeikagaku Kaishi, 66(5), 899-904(1992)
  49. Masako Matsuo : Effects of Rice Bran on Properties of Okara Tempe(in Japanese). Nippon Negeikagaku Kaishi. 64(7), 1237-1239(1990)
  50. 박선국, 최인도 : 인스턴트 두부의 제조 방법, 특허공보, 제 250호, 21(1973)
  51. 문수재, 송경희, 김영희 : 각종 응고제에 따른 두부의 Texture 특성에 관한 연구, 대한 가정학회지, 17, 11(1979)
  52. 민병용, 김길환 : 수입대두의 가공 특성 및 경제성 분석에 관한 연구, 한국 식품개발연구원(1989)
  53. 장천일, 이정근, 구경형, 김우정 : 콩품종별 두부의 수율 및 화학적, 관능적 특성 비교, 한국식품과학회지, 22, 439(1990)
  54. 변진원, 김현숙, 박찬경, 황인경 : 응고제의 함량과 첨가물질이 두부의 특성에 미치는 영향, 한국콩연구회지, 8, 15(1991)
  55. 박용곤, 박부덕, 최광수 : 대두의 수침시간에 따른 조직의 미세구조, 단백질 특성 및 두부 수율의 변화, 한국영양식량학회지, 14(4), 381(1985)
  56. 손정우, 김우정 : 건조 비지 첨가에 의한 두부 품질의 변화, 한국식품과학회지, 17(6), 489(1985)
  57. 이부용, 김동만, 김길환 : 한국산 콩 품종의 두부 가공 적성에 관한 연구, 한국식품과학회지, 22(3), 363(1990)
  58. 구경형, 김우정 : 분리대두단백 두부의 제조를 위한 가열시간 및 혼합응고제의 영향, 한국식품과학회지, 26(1), 26(1994)
  59. 구경형, 김동원, 김우정 ; 비압착 분리대두단백 두부의 물리적 특성에 미치는 가수량과 가열 조건의 영향, 한국식품과학회지, 26(1), 31(1994)
  60. 김우정, 구경형 : 비압착식 SPI 두부의 제조를 위한 가열 및 수분, 기름, 텍스 트린 첨가의 최적화, 한국식품과학회지, 26(1), 37(1994)
  51. 김동원, 구경형, 김우정 : 모델시스템에서 기름과 당이 분리대두단백 두부의 특성에 미치는 영향, 한국영양식량학회지, 23(1), 90(1994)

52. 한국약용식물학 연구회 : 종합 약용 식물학. p 204, 학창사, 서울 (2000).
53. Barnes, S., Sfakianos, K., Coward, L., Kirk, M. and Perterson, T.G. Soy isoflavonoids and cancer prevention: underlying biochemical and pharmacological issues. In: Dietary phytochemicals and cancer prevention. Butrum, R. Eds.; New York: Plenum, pp. 87-100 (1996)
54. Cassidy, A., Bingham, S. and Setchell, K.D.R. Biological effects of soy protein rich in isoflavones on the menstrual cycle of premenopausal women. *Am. J. Clin. Nutr.* 60, 333 (1994)
55. Cassidy, A. and Setchell K.D.R. Clinical experiences in assessing dietary effects of phytoestrogens on the human endocrine system. In: Human diet and endocrine modulation: estrogenic and androgenic effects. Eds.; Dunaif., G.E., Olin, S.S., Scimeca, J.A. and Thomas J.A.; ILSI Press, Washinton, D.C. pp. 155-165 (1998)
56. Wang, H.J. and Murphy, P.A. Isoflavone composition of American and Japanese soybeans in Iowa : effects of variety, crop year and location. *J. Agric. Food. Chem.* 42, 1674 (1994)
57. Wang, H.J. and Murphy, P.A. Mass balance syudy of isoflavones during soybean processing. *J. Agric. Food Chem.* 44, 2377 (1996)
58. 오선영. 조리 조건에 따른 콩 및 가공제품의 이소플라본 농도와 분포도 변화. 서울대학교 대학원 가정학석사학위 논문 (2002)
59. Wortelboer, H.M., De Kruif, C.A., Van Iersel, A.A.J., Falke, H.E., Noordhoek, J. and Blaauboer, B.J. : The isoenzyme pattern of cytochrome P450 in rat hepatocytes in primary culture, comparing different enzyme activities in microsomal incubations and in intact monolayers. *Biochem. Pharmacol.* 40(11), 2325 (1990)
60. Prochaska, H.J., Santamaria A.B., and Talalay P. : Rapid detection of inducers of enzymes that protect against carcinogens. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 89, 2394 (1992)

61. Mehran, Y., Glynn, S.L., Wright, J.L. and Hawi A. : Correlating Partitioning and Caco-2 Cell Permeability of Structurally Diverse Small Molecular Weight Compounds. *Pharm. Res.* 9, 1490 (1998).
62. Mitchell, J.R. and Horning, M.G. : Xenobiotic metabolism by extrahepatic tissues : Relationship to target organ and cell toxicity. Raven Press, New York (1984)
63. Guengerich, F.P. : Metabolic activation of carcinogens. *Pharmac. Ther.*, 54, 17 (1992)
64. Zang, Y.S., Talalay, P., Cho, C.G. and Posner, G.H. : A major inducer of anticarcinogenic protective enzymes from broccoli - Isolation and elucidation of structure. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 89, 2399 (1992)