

## 제주전통두부의 산업화를 위한 최적공정확립

오영주<sup>1</sup> · 이삼빈<sup>2</sup> · 김찬식<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>제주한라대학 호텔조리학과

<sup>2</sup>계명대학교 식품가공학과

<sup>3</sup>제주대학교 원예생명과학부

## Optimization for the Industrial Production of Traditional Jeju Tofu

Young-Ju Oh<sup>1</sup>, Sam-Pin Lee<sup>2</sup> and Chan-Shick Kim<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Hotel Culinary Arts, Cheju Halla College, Jeju 690-708, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Food Science and Technology, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea

<sup>3</sup>Faculty of Horticultural Life Science, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea

### Abstract

Traditional Jeju tofu with a hard texture was manufactured by traditional method with a compounded coagulant. The processing condition for industrial production was optimized by determining soaking of soybean, extraction and heat treatment of soymilk as well as concentration and composition of coagulant. Maximum yield of soymilk was obtained by grinding one part of soaked soybean with eight parts of water, and the soluble solid of soymilk was about 8°Brix. The free thiol group in soymilk was maximally exposed by heating at 100°C for 2 min. A vacuum cooker for heating soymilk was effective for the improvement of yield and texture properties of tofu. The hardness of traditional Jeju tofu was obtained by increasing pressing time and drying by a fan instead of soaking in cold water. Optimization of a traditional tofu production resulted in the increase of total yield and improvement of quality control. Texture of traditional Jeju tofu prepared in industrial production scale was analyzed by instrumental analysis and sensory evaluation. Traditional Jeju tofu showed higher score in the hardness, roasting taste and overall preference compared with a commercial tofu, showing significant difference in 5% significant level.

**Key words:** tofu, optimization, processing, soybean

### 서 론

두부는 동양에서 가장 중요한 단백질 공급원으로 대중적인 식품중의 하나이며, 최근에는 건강식품과 성인병 예방에 효과가 입증되면서 서양에서도 소비가 증가되고 있다(1,2).

두부는 수용성 콩단백질이 2가 금속염 또는 산에 의해 침전 응고되고, 이들 망상구조 사이에 다량의 물을 보유하여 겔형태의 구조를 갖는 전형적인 대두가공 식품이다. 겔 형성에는 단백질 분자간 수소결합, 이온결합, 소수결합 및 disulfide bond 등이 관여하며, 응고제로 2가염이 첨가됨으로서 단백질들이 금속 염과 가교결합이 형성되어 두부의 미세구조를 만든다(3). 두부의 품질은 대두의 종류, 단백질의 함량과 질, 두유 중 고형분함량 등에 따라 좌우되며(4,5) 두유 가열 온도와 가열시간 및 응고조건이 두부의 조직감에 영향을 주어 품질을 좌우한다(6,7).

두부의 조직감중에서 경도는 두유의 열처리 온도, 응고제의 종류와 양, 응고제 첨가시의 온도와 혼합 방법, 성형시의

압착력 등에 영향을 받는다(8,9). 특히, 두부제조시에 조직감에 가장 큰 영향을 미치는 단계는 응고단계이며, 응고제의 종류 및 농도에 따라 두부의 중량, 수분함량, 총고형분, 단백질 회수율이 달라진다(6). 일반적으로 두부 응고제로는 calcium sulfate, magnesium sulfate나 acetic acid가 사용되며, calcium chloride와 magnesium chloride는 단단하며 깨지기 쉬운 두부의 제조에 이용된다(10).

또한 두유의 응고시 온도가 두부의 조직감에 영향을 주게 되는데, 온도가 증가하게 되면 중량과 수분함량이 감소하게 된다(11,12). 응고제 혼합시 두유를 과도하게 휘저으면 두부 체적이 감소하고 경도가 증가한다. 결국 두부의 특성에 따라 적합한 제조조건을 적용시킴으로써 다양한 조직감을 갖는 두부의 제조가 가능하다.

제주의 전통두부는 해수를 간수로 사용하며, 독특한 제조 방법 때문에 일반두부에 비해 매우 단단한 경두부에 속하며, 그 맛과 향에 있어서도 우수하다. 대두의 종류와 화학 응고제를 달리하여 제조한 두부의 특성차이에 관한 연구는 많이

\*Corresponding author. E-mail: chshkim@cheju.cheju.ac.kr  
Phone: 82-64-754-3346, Fax: 82-64-756-3351

있으나(1,13,14), 제주 전통두부의 응고제인 해수의 역할에 관한 연구는 전무한 실정이다. 특히 해수는 오염도가 높기 때문에 간수로서의 사용은 부적절하다고 사료되며, 이러한 상황에서 제주의 전통두부를 산업화시키기 위해서는 해수에 대응하는 간수의 개발이 시급하다. 이를 위해서는 적절한 응고제의 선택과 해수의 맛과 향을 대체할 수 있는 대용품을 조합했을 때에만 가능하다.

본 연구에서 제주 전통두부의 품질특성을 규명하여 산업화를 위한 제조공정을 확립하고, 전통두부의 간수인 해수를 대용할 수 있는 응고제를 개발함으로써 고유의 맛과 향, 그리고 조직감을 그대로 유지하면서 고품질의 전통두부를 개발하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

두부제조에 사용된 대두품종(제주산 백천)은 복제주군 애월읍 생산자 단체에서 구입하였고, 응고제로써 키토산(건풍바이오-SOY, 키토산 3%, 비타민 C 1%, 빙초산 1%, Korea)은 건풍바이오회사로부터 구입하였으며, CaCl<sub>2</sub> 및 MgCl<sub>2</sub>는 Junsei사(Junsei Chem Co., Japan)로부터 구입하였다. GDL (glucono- $\delta$ -lactone, C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>6</sub>), 5,5'-Dithio-bis(nitrobenzoic acid) 및 potassium phosphate 등은 Sigma사(Sigma Chem Co., USA)에서 구입하여 사용하였다.

### 일반성분 분석

제조된 두부의 일반성분분석 중 수분은 자동분석기(OH-AUS MB200, USA), 조단백질은 Micro Kjeldahl법으로 분석한 질소값(N $\times$ 6.25)으로부터 구하였으며, 조지방과 회분은 각각 Soxhlet추출법과 건식회화법을 이용하여 분석하였다. 조섬유는 AOAC방법에 의해서 결정하였다(15). 두유의 가용성 고형분함량(°Brix)은 Abbe굴절계(1-T, RL-Instruments, MA, USA)를 이용하여 측정하였다. 두유의 추출율은 두유 10 mL를 알루미늄 증발접시에 넣고 자동수분측정기(MA45, Sartorius, Germany)에서 측정하여 고형분 함량으로 결정하였다.

### 두유 제조

선별된 대두(40 kg)의 침지는 물(160 L)의 온도가 10~12°C와 15~18°C인 조건에서 침지시키면서 원료 대두 무게의 2배 정도에 도달하는 시점까지 실시하였다. 동시에 침지된 콩의 절단면을 관찰하여 침지 정도를 결정하였다. 침지된 대두로부터 두유를 얻는 과정은 물에 불린 대두 무게에 대한 가수량을 8배 증가시켜서 맷돌(직경 4 inch)이 장착된 Colloid mill(우성중합기계, 한국)을 사용하여 5분 동안 분쇄한 후 소창을 이용하여 filter pressing하여 두유를 얻었다.

### 두유단백질의 -SH기 정량

두유를 80°C, 90°C, 100°C에서 각각 15분 동안 열처리시키

면서 시간별로 취해진 시료를 냉각시킨 후 두유용액 희석액(0.5 mL)에 0.46 mL buffer용액(0.2 M TrisHCl, pH 6.0, 20 mM EDTA)을 혼합한 후 0.04 mL의 DTNB용액(10 mM 5,5'-Dithio-bis-nitrobenzoic acid, 50 mM phosphate, pH 7.0)을 첨가한 다음, 상온에서 20분간 발색시킨 후 분광광도계(Shimadzu UV-1201, Japan)를 이용하여 410 nm에서 흡광도를 측정하여 정량하였다(16).

### 색도 측정

두부의 색도측정은 색차계(Chromameter, CR-300, Minolta, Japan)를 이용하여 L(lightness)값, a(redness)값, b(yellowness)값을 측정하였다. 이때의 표준 백색판의 L, a 및 b값은 각각 97.5, -0.46, 1.98이었다.

### 두부제조 공정

제조된 두유(35 L)는 진공 솥을 이용하여 100°C에서 3분 동안 가열처리 하였다. 제주도 전통두부의 간수인 해수를 대용할 수 있는 응고제를 개발하기 위해서 죽염, 초산, CaCl<sub>2</sub>와 MgCl<sub>2</sub>를 일정비율로 혼합하면서 최적의 1차 응고제 및 2차 응고제를 개발하였다. 1차 응고제로는 6% 죽염액과 다시마 침출액(100 g 다시마/물 1 L $\times$ 95°C $\times$ 3분)을 1:1의 비율로 혼합하여 1차 응고제를 제조하였으며, 2차 응고제는 키토바이오-SOY(건풍바이오, 키토산 3%, 비타민 C 1%, 초산 1%) 1 L에 CaCl<sub>2</sub> 8 g과 MgCl<sub>2</sub> 2 g의 비율로 혼합하여 제조하였다. 열처리된 두유는 두유 응고통에 옮겨 두유의 2%에 상응하는 공기량을 넣어 90°C의 온도를 유지시키고, 1차 응고제를 두유액 L당 약 50 mL의 비율로 투입하면서 서서히 교반하였다. 1차 응고제를 첨가한 동일 두유액에 1 L당 2차 응고제 약 5 mL의 비율로 투입하여 교반하면서 응고시킨다. 두유로부터 형성된 순두부를 부수어 배보자기를 간 성형틀(15 $\times$ 15 $\times$ 8 cm)에 담아 20 g/cm<sup>2</sup>의 압력조건에서 60분 동안 압착한다. 마른 두부의 제조를 위해서 두부의 냉각은 냉수에 침지 대신에 송풍식 냉각방식에 의해서 품온을 3시간 정도 걸려서 50°C에서 25°C로 낮추었다.

### 기계적 물성측정

성형된 두부의 물성측정은 두부를 원통형 시료 채취기를 사용하여 원통상태(2 cm 직경 $\times$ 2 cm 높이)로 절단한 다음, Rheometer(Fudoh Co., D-5, Japan)을 사용하였으며, probe adapter 20 mm와 load head 5 kg 및 table speed 5 cm/min 조건에서 2회 반복 압착하였을 때 얻어진 힘-거리곡선으로부터 조직감의 특성인 경도, 응집성, 탄성, 부착성, 저작성 및 검성을 구하였다.

### 제품의 관능검사

소비자 기호도는 20대 대학생(남 143, 여 87)을 대상으로 9점 기호도 척도법을 사용하였다(17). 마른 두부와 시판두부의 관능적 평가를 위해서 관능검사 교육을 이수한 호텔조리학과 학생 20명중 7명을 선발하여 평가기준에 의해서 평가하

도록 하였다. 4 반복 실시하여 얻은 측정값을 평균치로 나타내었고 SPSS\*의 t-test를 이용하여 두 표본간의 평균이 통계적으로 유의한 차이가 있는지를 검정하였다(18).

### 결과 및 고찰

#### 원료대두 및 마른두부의 일반성분

대두의 단백질과 지방질 함량은 두부의 수율에 영향을 주며, 또한 대두의 저장조건중 온도, 습도, 저장기간 및 포장여부가 두부의 응고력과 응집성에 영향을 미치기 때문에 원료의 선택이 중요하다(11). 원료 대두(백천)의 일반성분은 40.7%의 조단백질, 17.2%의 조지방과 11.3%의 수분을 포함하였다. Cai 등(19)은 다양한 대두 품종을 이용하여 제조된 두부의 품질조사에서 원료대두의 조단백질과 조지방질의 평균함량이 각각 40.5%와 19.9%임을 보고하였다. 따라서 본 연구에 사용된 대두는 평균값 이상의 단백질 함량을 포함하였고, 조지방은 낮은 함량을 포함하였다. 제주 전통두부 제조방법으로 제조된 마른 두부는 기존의 냉각수로 두부를 냉각시키는 방법 대신에 송풍식으로 건조시킴으로서 수분함량이 68.6%로 기존의 두부 제품에 비해서 현저하게 낮은 수분함량이며 조단백질이 19.3%를 포함하면서 고형분기준으로 61%의 단백질 함량을 보였다(Table 1). Karim 등(20)은 두부의 조직감과 수율에 해조류 다당류의 첨가효과를 보는 연구에서 여러 응고제 첨가에 의해서 제조된 두부들의 단백질함량은 약 10% 정도이며 고형분 기준으로는 단백질함량이 50% 정도를 나타내었으며, 두부의 수분함량은 80% 정도를 포함하였다. 따라서 제주 전통두부인 마른 두부의 낮은 수분함량으로부터 두부 조직감의 견고성 증가가 예상된다.

#### 두유 제조

대두의 침지조건에서 부적절하게 침지된 대두는 수용성 단백질의 추출율이 감소하여 두부 수율이 줄게 되며, 또한 과도한 침지는 대두의 수용성 고형분의 손실로 두부 수율을 감소시킨다. 원료대두의 수침온도 및 시간에 따른 대두의 불림 상태를 조사한 결과 동절기 온도인 10~12°C에서 13시간, 하절기 온도인 15~18°C에서 8시간 정도 침지시키면 원료 대두 부피의 약 2배정도 되며, 이때 콩 절단면의 비침수 부위 면적은 거의 0에 가깝게 되었다.

물에 불린 콩에 가수량에 따른 두유 추출율과 두유의 고형분함량을 자동수분측정기와 굴절계를 사용하여 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 두유 추출율은 침지 콩의 마쇄시 첨가하는 물의 첨가량이 8배까지는 계속 증가하나 10배부터는 거의 변

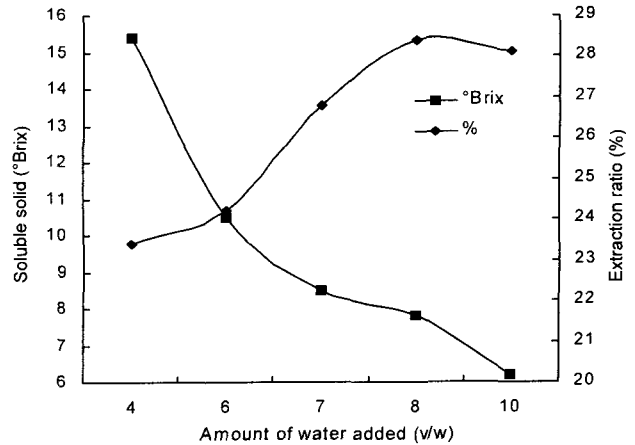


Fig. 1. Changes in the soluble solid content and extraction rate of soymilk prepared with different amount of water added.

화가 없는 것으로 나타났다. 물을 너무 적게 가수하면 진한 두유가 비지와 함께 손실되고, 반면 너무 많이 가수하면 원료비와 노동력이 많이 들며, 대두 무게에 대한 가수량의 비율이 너무 커서 단백질이 희석되어 응고제의 역할이 저하되고, 커드 형성시 수용성 성분들이 많이 유출될 수 있다. 따라서 두유제조시에 가수량은 침지된 대두량의 8배가 적합하였으며, 이때의 두유농도는 8°Brix를 나타내었다.

#### 가열온도 및 시간 설정

두부 제조시에 두유 가열처리가 단백질을 열변성시킴으로서 두부 겔의 형성에 도움을 주지만 과도한 열처리하는 단백질의 과도한 변성을 초래함으로써 수율과 맛의 저하를 가져오는 것이 알려져 있다. 따라서 두유를 최적의 열처리조건에서 처리하는 것은 두부의 수율과 맛을 높이는 데 중요하다. 일반적으로 단백질의 유리 thiol잔기는 단백질의 수소성 영역에 위치하며, 가열에 의해서 노출되면서 thiol 및 disulfide상호반응에 관여하는 것으로 알려져 있다. 대두 단백질에 의해서 형성되는 삼차원의 망사구조를 갖는 두부 겔은 수소결합, 수소성작용, 이온결합 및 disulfide결합 등으로 안정화된다(21, 22). 주된 콩단백질인 glycinin과  $\beta$ -conglycinin의 겔 형성은 단백질의 농도, 열처리온도, 이온강도, pH 등에 의해서 영향을 받는다고 보고되었다(23,24). 특히 두부의 조직형성에 영향을 주는 대두 단백질의 유리 thiol기는 두부 겔의 3차원의 망사구조 형성에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있으며, 특히 단백질의 농도 및 열처리 온도가 높아질수록 유리된 thiol잔기의 함량은 감소됨이 보고되었다(25). 따라서 대두 단백질의 열처리 정도에 따른 thiol잔기의 노출정도를 결정

Table 1. Proximate composition of soybean and Jeju dried-tofu

Type	Moisture	Crude ash	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	Carbohydrate
Dried-tofu	68.6	5.4	61.5	27.7	1.0	4.4
Soybean	11.3	7.7	45.9	19.4	9.8	17.2

Percentage of component except moisture was expressed on dry basis.

하는 것은 두부 겔의 형성을 조절하는 중요한 인자라고 평가된다. Fig. 2에서 두부 제조를 위해 추출된 두유의 가열조건에 따른 유리 thiol기의 노출에 미치는 영향을 나타내고 있다. 가열온도가 상승함에 따라 두유의 유리 thiol잔기가 초기에 열처리에 의해서 증가하면서 100°C에서 2~3분 정도 가열 시 최대에 도달하였다가 차츰 감소하기 시작하였다. 80°C, 90°C에서는 10분, 7분까지 유리 thiol잔기가 증가되다가 가열 시간이 길어지면서 감소되는 경향을 보였다. 따라서 100°C에서 2~3분 정도 가열하는 것이 대두 단백질에 존재하는 유리 thiol잔기의 노출을 최대화하므로 두부 겔의 형성에 기여하여 두부 조직감형성에 좋은 영향을 미치리라 사료된다.

#### 마른두부 제조용 응고제

두부의 응고는 대두 단백질의 음이온 잔기와 금속염인  $Ca^{++}$  및  $Mg^{++}$ 에 의한 가교결합으로 응고되면서 두부 겔을 형성한다(26). Shim 등(27)은 단일 응고제를 이용한 두유의 점성변화 및 두부의 조직감 평가에서 chloride-type의 응고제는 0.2%이상 첨가시에 열처리된 두유의 점성이 급격하게 증가되면서 응고된 전두부의 조직감이 거칠어지는 반면에 sulfate-type 응고제는 0.3%이상의 농도에서도 두유 용액의 점도가 서서히 증가되면서 형성된 전두부의 조직감이 부드럽고 치밀함을 고하였다. 또한 두부 겔(curd)의 조직감은 사용된 응고제의 농도에 따라 크게 영향을 받으며, 응고제의 농도가 증가함에 따라 두부 겔은 경도(hardness) 및 부서짐성(brittleness) 등이 증가한다. 응고제로서 GDL과  $MgSO_4$ 로 응고시킨 두부에 있어서 수율은 높고 조직도 부드러운 두부가 만들어졌으나, 두부의 경도가 낮은 단점이 있었다. 반면에  $CaCl_2$ 로 응고시킨 두부는 경도가 높으면서 조직이 거친 두부가 만들어져 단일응고제로서 사용이 부적합하였으며, 혼합 응고제 첨가에 의한 조직감 개선효과를 보고하였다(14). 제주 전통두부의 응고제로서 간수의 역할을 대신할 응고제의 조성을 맛과 조직감을 고려하여 혼합 조성의 응고제를 개발하여 실험한 결과 1차 응고제는 두유에 첨가되는 최종 농도

가 죽염농도로 0.15%로서 적당한 맛의 부여와 응고제로서 역할을 하며, 다시마 침출액에 의한 풍미가 개선됨을 기대할 수 있었다. 또한 2차 응고제로 첨가되는 chloride-type의 응고제는 최종 농도가 0.05% 정도로 첨가되어 두유의 응고에 기여하며, 0.015%의 농도로 첨가되는 키토산과 함께 초산으로 구성된 혼합 응고제는 전통 제주두부의 제조 응고제로 개발되었다. Chang 등(28)은 항미생물효과를 갖는 키토산을 2% 수준으로 첨가함으로써 두부 겔의 강도가 크게 증가하였으며, 저장성도 2~10일 정도 증가됨을 보고한 바 있다. 또한 전통 제주두부 제조를 위해 개발된 응고제로 제조된 전통 건조두부는 저장성에 있어서 개선 효과가 기대된다.

#### 마른 두부제조

두유 가열공정에서 연속 가열 솥을 사용하는 경우에 압력 감지기의 기능문제와 압력과 온도 조절이 어려운 관계로 제품 품질관리에 문제가 있었다. 연속 가열 솥 대신 진공 솥으로 대체하여 제조공정을 표준화한 결과, 두유 가열시에 압력과 온도조절이 용이하여 두부의 수율과 탄력성이 개선되는 효과를 보였다. Table 2에서 보는 것처럼 원료 두유 추출액(35 L)을 기준으로 할 때 표준화 후에는 두부 생산은 14판에서 17판으로 수율이 21%정도 증가되었다. 마른 두부의 응고제는 죽염액과 다시마 침출액, 키토산 용액으로 구성되어서 응고제로서 사용 후에 저장성의 연장효과를 보이면서 상온에서 저장시에 마른 두부의 변질 시점이 더 연장되는 것을 볼 수 있었다. 또한 제품의 관능적 가치는 만족한 수준으로 개선되었으며, 제품의 품질관리가 용이한 공정의 개선 효과를 얻었다.

#### 조직감 및 색도 측정

마른 두부와 시판 판두부의 기계적 물성 측정값은 Table 3에서 나타내고 있으며, 색도의 비교는 Fig. 3과 같다. 응고제로서  $CaSO_4$  또는  $CaCl_2$ 를 각각 사용하여 제조된 판두부의 견고성은 468 g, 426 g인 반면에 마른 두부는 4배정도 증가된 1690 g값을 나타내었다. 마른 두부의 조직감에서 견고성이 판두부에 비해 4배정도 높은 값을 보이면서 더 단단하였다. 또한 압착 반복시험에서 20% compression조건에서 제주 전통두부는 2차 견고성도 1268.0 g으로 시판두부의 348.5 g보다도 4배정도의 높은 값을 나타내었다. 이는 압착에도 제주 전통두부는 응집성(cohesiveness)과 탄성(elasticity)의 높은 값을 가지면서 두부의 조직감이 유지되는 것을 알 수

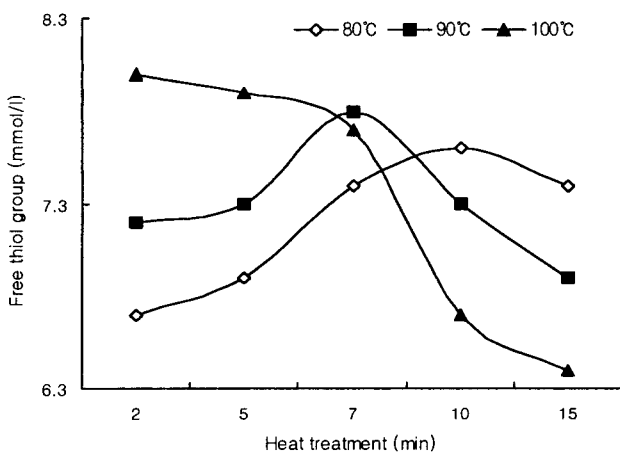


Fig. 2. Effects of heating time and temperature on the exposure of free thiol groups in soymilk.

Table 2. Comparison in quality factors of the Jeju dried-tofu manufactured after standardization

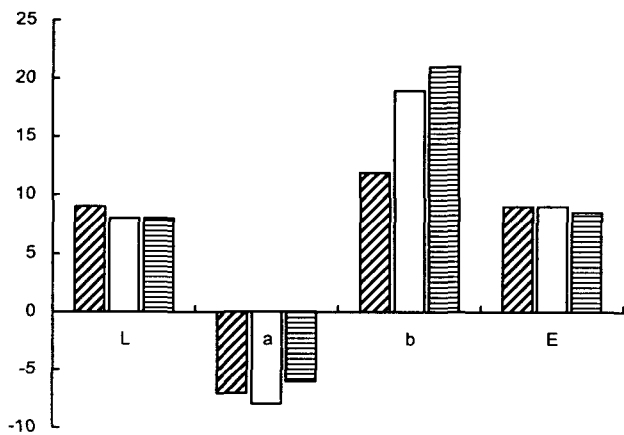
Factors	Before standardization	After standardization
Quality (uniformity)	-	+
Yield <sup>1)</sup>	14 case	17 case
Quality control	difficulty	possibility
Sensory value	acceptability	satisfaction

<sup>1)</sup>Yield was determined based on the soymilk (35 L).

**Table 3. Texture properties between commercial tofu and Jeju dried-tofu**

Parameters	Jeju dried-tofu	Commercial tofu-I (CaSO <sub>4</sub> )	Commercial tofu-II (CaCl <sub>2</sub> )
Hardness (g)	1690.3	468.5	426.8
Cohesiveness (erg)	1.0	0.6	0.7
Elasticity (sec)	1.4	0.9	0.9
Adhesiveness (erg)	0	88.8	61.6
Chewiness	2345.8	267.6	280.9
Gumminess	1710.1	315.1	312.8
Viscosity	0	17.8	14.6
Hardness <sup>1)</sup> (g)	1268.0	371.6	348.5

<sup>1)</sup>Hardness was determined from the second compression in chewing test.



**Fig. 3. Comparison of the Hunter color value between commercial tofu and Jeju dried-tofu.**

▨: Jeju dried-tofu, □: Commercial tofu- I (CaSO<sub>4</sub> coagulant), ▤: Commercial tofu- II (CaCl<sub>2</sub> coagulant).

있었다(Table 3). 저작성과 겹성은 각각 10배와 6배 더 높았으며 부착성은 전혀 감지되지 않았다. 마른 두부의 밝은 정도를 나타내는 L값은 시판두부와 매우 유사한 값을 나타내고 있으며, b값은 시판 두부보다 낮은 값을 보이면서 약한 회색을 띠는 것으로 판단되었다.

**마른 두부와 시판 판두부의 관능평가**

제주 전통두부를 9점 평점법으로 대학생 20대 230명(남 143명, 여 87명)을 대상으로 기호도를 조사한 결과로서 평점표에 좋다, 약간 좋다, 보통으로 좋다, 대단히 좋다 항목에 각각 14, 26, 40, 20%로 참여한 관능요원 60%가 보통이상으로 좋다는 반응을 보였다. 이와 같은 결과는 전통두부를 위해 개발한 응고제가 화학간수를 최소화하고, 다시마의 정미 성분과 식염에 의한 짠맛 등이 조화를 이루면서 가능한 것으로 사료된다. 시중에 가장 흔하게 판매되고 있는 황산칼슘 응고제를 사용한 시판 판두부와 마른 두부의 관능평가에서 고소한 냄새, 콩 비린내, 짠맛, 신맛, 견고성, 부드러움성, 부서짐성 등에 대한 t-test 결과는 Table 4와 같다. 고소한 맛은 마른 두부가 7.0이상을 보이면서 시판 판두부보다 높았

**Table 4. Sensory evaluation between commercial tofu and Jeju dried-tofu**

Characteristics	Jeju dried-tofu	Commercial tofu <sup>1)</sup>
Beany flavor	3.3	3.2
Roasting taste*	7.9	4.4
Astringency	4.2	5.0
Sour taste	3.3	3.5
Hardness*	8.8	4.1
Softness	5.3	5.9
Brittleness	3.4	4.1
Overall preference*	6.3	5.3

<sup>1)</sup>Commercial tofu was prepared with coagulant (CaSO<sub>4</sub>).

\*Significant at the 5% level (p<0.05).

으며 이는 5% 수준에서 유의성이 인정되었다. 견고성은 마른 두부에서 높게 나타났으며, 5% 유의수준에서 유의성이 인정되었다. 전체적인 기호도면에서는 마른 두부가 시판두부에 비해 높았으며 5% 유의 수준에서 차이가 인정되었다.

**요 약**

제주 전통두부의 산업화를 위한 최적 공정을 확립하고 해수를 대용할 수 있는 응고제를 사용하여 맛과 영양성 및 저장성이 향상된 고품질의 전통두부를 생산할 수 있었다. 즉 대두원료의 침지는 동절기 및 하절기에 각각 12~16시간, 8~10시간이 적합하였다. 가수량은 원료 대두량의 8배가 적합하였으며, 이 때의 두유농도는 8°Brix였다. 두유는 100°C에서 2분 정도 가열하는 것이 단백질의 유리 thiol잔기의 노출을 최대화하였다. 연속 가열술 대신 진공술으로 대체한 결과 압력과 온도조절이 용이하여 수율이 21% 증가하였으며, 제품의 품질관리가 용이하였다. 마른두부의 응고제로는 6% 죽염액과 다시마 침출액을 1:1의 비율로 혼합하여 1차 응고제를 만들고, 키토산 1 L에 CaCl<sub>2</sub> 8 g과 MgCl<sub>2</sub> 2 g의 비율로 혼합하여 응고제를 얻었다. 최종 마른 두부의 소비자의 기호도는 60%이상이 보통 이상으로 평가하였으며, 고소한 맛과 견고성이 우수하면서 전체적인 기호도가 시판두부에 비해서 유의적인 차이를 보이면서 우수하였다.

**문 헌**

1. Cai TD, Chang KC. 1998. Characteristics of production-scale tofu as affected by soymilk coagulation method: propeller blade size, mixing time and coagulant concentration. *Food Research International* 31: 289-295.
2. Messina M. 1995. Modern applications for an ancient bean: soybeans and the prevention and treatment of chronic disease. *J Nutr* 125: 567S-569S.
3. Lee CH, Rha CK. 1978. Microstructure of soybean protein aggregates and its relation to the physical and textural properties of the curd. *J Food Sci* 43: 79-85.
4. Johnson LD, Wilson LA. 1984. Influence of soybean variety and the method of processing in tofu manufacturing. *J Food Sci* 49: 202-205.
5. Wang HL, Swain EW, Kwolek WF. 1983. Effect of soybean

- variety on the yield and quality of tofu. *Cereal Chem* 60: 245-250.
6. Saio K. 1983. Tofu-relationships between texture and fine structure. *Cereal Foods Worlds* 24: 342-345.
  7. Tsai SJ, Lan CY, Chen SC. 1981. Studies on the yields and quality characteristics of tofu. *J Food Sci* 46: 1734-1740.
  8. Wang HL, Hesseltine CW. 1982. Coagulation condition in tofu processing. *Process Biochem* 1: 7-12.
  9. Kim WJ, Um BY, Chung SS, Chung MS. 1999. Effects of heating temperature and time on textural properties of soy gel. *Food Sci Biotechnol* 8: 65-67.
  10. Shurtleff W, Aoyagi A. 1979. *Tofu and soymilk production: The book of tofu, A craft and technical manual*. New-Age Foods Study Center, California. Vol II, p 88-105.
  11. Lee BY, Kim DM, Kim GH. 1990. Studies on the processing aptitude of Korean soybean cultivars for soybean curd. *Kor J Food Sci Technol* 22: 363-370.
  12. deMan JM, deMan L, Gupta S. 1986. Texture and microstructure of soybean curd as affected by different coagulants. *Food Microstructure* 5: 83-89.
  13. Lu JY, Carter E, Chung RA. 1980. Use of calcium salts for soybean curd preparation. *J Food Sci* 45: 32-34.
  14. Kim JW, Lee JK, Hong JH. 1997. Effect of mixed coagulant on the rheological properties of soybean curd. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 1096-1101.
  15. AOAC. 2000. *Official Methods of Analysis*. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC. p 34.
  16. Ellman GL. 1959. Tissue sulfhydryl groups. *Arch Biochem Biophysics* 82: 70-77.
  17. Meilgaard M, Civille GV, Carr BT. 1999. *Sensory Evaluation Techniques*. CRC Press, Florida.
  18. SAS. 1997. *SAS Users Guide*. Statistics version 6.12. SAS Institute Inc., Cary, NC.
  19. Cai TD, Chang KC, Shih MC, Hou HJ, Ji M. 1997. Comparison of bench and production scale methods for making soymilk and tofu from 13 soybean varieties. *Food Research International* 30: 659-668.
  20. Karim AA, Sulebele GA, Azhar ME, Ping CY. 1999. Effect of carrageenan on yield and properties of tofu. *Food Chemistry* 66: 159-165.
  21. Utsumi S, Kinsella J. 1985. Forces involved in soy protein gelation: Effects of various reagents on the formation, hardness and solubility of heat-induced gels made from 7S, 11S and soy isolate. *J Food Sci* 50: 1278-1282.
  22. Kella NKD, Barbeau WE, Kinsella JE. 1986. Effect of oxidative sulfitolysis of disulfide bonds of glycinin on solubility, surface hydrophobicity, and in vitro digestibility. *J Agric Food Chem* 34: 251-256.
  23. Renkema JMS, Knabben JHM, Vliet TV. 2001. Gel formation by  $\beta$ -conglycinin and glycinin and their mixtures. *Food Hydrocolloids* 15: 407-414.
  24. Wongprecha T, Takaya T, Kawase T, Nagano T, Nishinari K. 2000. Effects of NaCl and temperature on the gelation of soybean glycinin. In *Hydrocolloids-Part I. Physical chemistry and industrial application of gels, polysaccharides, and proteins*. Kishinari K, ed. Elsevier Science, Amsterdam. p 435-439.
  25. Shimada K, Cheftel JC. 1988. Determination of sulfhydryl groups and disulfide bonds in heat-induced gels of soy protein isolate. *J Agric Food Chem* 36: 147-153.
  26. Tezuka M, Taira H, Igarashi Y, Yagasaki K, Ono T. 2000. Properties of tofus and soy milks prepared from soybeans having different subunits of glycinin. *J Agric Food Chem* 48: 1111-1117.
  27. Shim JJ, Seo JH, Soh HS, Yoo BS, Lee SP. 2003. Rheological properties of soymilk and curd prepared with micronized full-fat soyflour. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 75-81.
  28. Chang KLB, Lin YS, Chen RH. 2003. The effect of chitosan on the gel properties of tofu. *J Food Engineering* 57: 315-319.

(2003년 10월 9일 접수; 2004년 1월 8일 채택)