

## 이성분 혼합응고제에 의한 두부의 물성 변화

김진우 · 이재권\* · 홍정화\*\*†

(주)비락 진천공장 품질관리과

\*경기대학교 식품생물공학과

\*\*인제대학교 식품영양학과

## Effect of Mixed Coagulant on the Rheological Properties of Soybean Curd

Jin-Woo Kim, Jae-Kwon Lee\* and Jeong-Hwa Hong\*\*†

Dept. of Quality Control, Jinchun Plant, Vilac Co. Ltd., Jinchun 365-830, Korea

\*Dept. of Foods and Biotechnology, Kyonggi University, Suwon 440-760, Korea

\*\*Dept. of Food Science and Nutrition, Inje University, Kimhae 621-749, Korea

### Abstract

Soy curd was prepared using imported soybean(U.S. grade A) and changes in quality were evaluated using different types and mixtures of coagulants( $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ , and glucono- $\delta$ -lactone). Quality of soy curd was determined by rheological properties, yield, and color. Based upon the characteristics of each coagulant, mixtures of two coagulants were prepared in various ratios. The mixture of  $\text{CaSO}_4$  or  $\text{MgCl}_2$  with glucono- $\delta$ -lactone(GDL), and that of  $\text{CaSO}_4$  or  $\text{MgCl}_2$  with  $\text{MgSO}_4$  resulted in soy curd of good quality in terms of rheological properties and yield.

**Key words:** soy curd, soybean, coagulant, mixing effect, rheological properties

### 서 론

두부는 우리나라와 같이 곡류를 주식으로 하는 동양 문화권에서 부족되기 쉬운 단백질을 보충하여 주는 중요한 식품으로서 현재까지도 널리 이용되고 있다(1) 국내에서 생산되고 있는 대부분의 두부는 수입콩을 사용하여 제조되고 있는 것이 현재의 실정으로서 이는 국산콩의 낮은 수급율과 높은 가격에 기인한다. 그러나 두부에 관한 대부분의 연구는 콩의 품종에 따른 두부의 특성 비교(2-8)나 대두단백질을 원료로 한 두부의 특성(9,10)에 관한 것으로서 실제 두부생산 공정과는 다른 공정으로 두부를 제조하였다. 따라서 두부생산업체의 품질 경쟁력을 단기간에 향상시키기 위해서는 현재 가장 보편적으로 사용하고 있는 수입콩을 원료로 하여 실제 생산공정에 따라 두부를 제조하여 품질을 검토하는 연구가 필요한 것으로 사료된다.

두부의 제조과정에서 품질에 가장 큰 영향을 미치는

부분은 응고제의 선택으로서 실제 생산되고 있는 대부분의 두부는 2가지 이상의 응고제를 혼합하여 사용하고 있다. 그러나 대부분의 두부관련 연구들은 한가지 응고제(9,11-16)를 사용하여 왔으며, 응고제의 종류나 농도도 상이하였다. 최근 혼합응고제에 관한 연구가 김 등(17)과 구와 김(18)에 의하여 시도되었으나 응고제의 혼합에 대한 논리, 또는 실험적 근거가 명확하지 않았다. 또한 응고제의 조합종류도 제한되었고 원료도 분리대두단백을 사용하여 산업체에서 생산한 두부의 품질과 상당한 차이가 있었다. 그러므로 실제 두부제조업체에 활용할 수 있는 자료로서는 어려운 점이 많을 것으로 추정된다.

따라서 본 연구에서는 통상 시행되는 생산조건에 따라 원료, 공정, 응고제를 사용하고, 응고제의 혼합비율에 따른 물성의 변화, 색도 및 수율의 변화를 조사하여 적정조건을 설정하고자 한다.

† To whom all correspondence should be addressed

## 재료 및 방법

### 재료

실험에 사용된 콩은 연식품용으로 수입된 미국산 콩 (US No 2)을 사용하였고 응고제는  $\text{CaCl}_2$ 와  $\text{CaSO}_4$  및  $\text{MgCl}_2$  그리고  $\text{MgSO}_4$ 와 Glucono- $\delta$ -lactone(이하 GDL) 등 Sigma사 제품을 사용하였다.

### 두부의 제조

두부의 제조는 장 등(2)의 방법을 개선하여 제조하였다. 콩 400g을 1000ml의 증류수에 12시간 침지시킨 후 Waring blender로 3분간 마쇄하고, 여기에 3,000ml의 증류수를 가하여 98~100°C에서 2분간 가열한 다음 cheese cloth로 압착 여과하여 두유를 제조하였다. 두유를 70°C의 water bath에서 교반하면서 서서히 첨가하여 30분간 응고시켰으며, 응고제의 소요량은 원료콩 중량의 2%로 하여 50ml의 증류수에 용해하여 사용하였다. 응고 완료 후 cheese cloth를 짰 두부틀에서 18.3g/cm<sup>2</sup>의 압력으로 1시간 동안 압착성형하여 두부를 제조하였다. 이 두부를 수도물에서 30분간 침지한 후 3°C에서 보관하여 사용하였다.

### 두부의 물성 측정

두부의 물성은 두부의 하단 중앙부를 일정크기(2×2×2cm)로 절단하여 rheometer(CR-200D, Sun scientific Co., Japan)로 측정하였다. 측정 조건은 full scale의 힘 1kg, table speed는 60mm/min, chart speed 1mm/min로 하여 직경 1.5mm인 No. 1 probe를 사용하였다. 두부의 물성은 texture profile analysis(19)에 따라 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 점착성(adhesiveness), 탄성(springiness)을 측정하여 평가하였다.

### 두부의 색도 측정

제조된 두부의 색도를 색도색차계(CR-200, Minolta camera Co., Ltd. Japan)를 이용하여 측정하였으며 L(명도), a(녹색도), b(황색도)를 측정하였다.

### 두부의 수율 측정

두부의 수율은 원료콩 100kg에 대하여 제조된 두부의 무게(kg)의 비로 나타내었다.

### 통계처리

본 실험에서 얻어진 물성자료는 SPSS program을

이용하여 Duncan multiple comparison test를 하여 유의적인 차이를 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 응고제 종류별 hardness와 수율의 비교

실험에 사용한 각 응고제별 두부의 경도와 수율을 응고제 농도를 원료콩 중량의 2%로 하여 비교하였다 (Table 1). GDL과  $\text{MgSO}_4$ 로 응고시킨 두부에 있어서 수율이 높고 조직도 부드러운 두부가 만들어졌으나 두부로서 상품성을 갖추기에는 경도가 너무 낮았다.  $\text{CaCl}_2$ 로 응고시킨 두부는 경도가 높으면서 조직이 거친 두부가 만들어져 단일응고제로서 사용하기에 부적합한 것으로 판단되며 수율 또한 다른 응고제에 비해 낮았다. 반면,  $\text{CaSO}_4$ 는 비교적 수율도 높았으며 조직도  $\text{CaCl}_2$ 로 응고시킨 두부보다 부드러웠다.

따라서 다른 응고제와 비교하여 부드러운 조직과 높은 수율을 나타낸 GDL과  $\text{MgSO}_4$ 를 기초응고제로 하여  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{CaSO}_4$  또는  $\text{MgCl}_2$ 를 여러 비율로 혼합한 이성분 혼합응고제로 두부를 제조하여 물성과 수율의 변화를 평가하였다.

### Glucono- $\delta$ -lactone(GDL) 기준 혼합응고제

#### 수율

GDL만을 응고제로 사용한 경우 수율은  $\text{CaCl}_2$  혼합에 비하여 현저히 높았다(Table 2). 즉,  $\text{CaCl}_2$  비율이 25% 첨가됨에 따라 수율은 350kg/100kg에서 175kg/100kg으로 크게 감소하였으며, 이후  $\text{CaCl}_2$  비율을 증가시켜도 수율의 변화는 없었다. 특히  $\text{CaCl}_2$ 만으로 응고시킨 경우에도  $\text{CaCl}_2$ 와 GDL이 25:75로 제조한 두부의 수율면에서 차이가 없어 소량의  $\text{CaCl}_2$ 가 수율의 감소에 크게 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 따라서 수율의 측면에서는 GDL과  $\text{CaCl}_2$ 의 혼합은 바람직하지 않은 것으로 판단된다. GDL과  $\text{MgCl}_2$ 의 혼합응고제를 사용한 두부의 수율도 역시  $\text{CaCl}_2$  혼합한 경우와 유사하

Table 1. Changes in hardness and yield of soy curd as affected by different coagulants

Coagulant	Hardness(g)	Yield(kg/100kg)
$\text{CaCl}_2$	940 <sup>a</sup>	175 <sup>a</sup>
$\text{CaSO}_4$	970 <sup>a</sup>	205 <sup>b</sup>
$\text{MgCl}_2$	700 <sup>b</sup>	190 <sup>a</sup>
$\text{MgSO}_4$	350 <sup>d</sup>	230 <sup>b</sup>
GDL	600 <sup>c</sup>	350 <sup>c</sup>

Values with different superscripts within the same column were significantly different at  $p < 0.05$

Table 2 Changes in yield of soy curd as affected by different coagulants

COG : GDL	Yield(kg/100kg)		
	CaCl <sub>2</sub>	CaSO <sub>4</sub>	MgCl <sub>2</sub>
0 : 100	345 <sup>a</sup>	345 <sup>a</sup>	345 <sup>a</sup>
25 : 75	190 <sup>b</sup>	355 <sup>a</sup>	220 <sup>b</sup>
50 : 50	184 <sup>b</sup>	360 <sup>a</sup>	240 <sup>b</sup>
75 : 25	180 <sup>b</sup>	225 <sup>b</sup>	195 <sup>c</sup>
100 : 0	188 <sup>b</sup>	205 <sup>b</sup>	200 <sup>c</sup>

Values with different superscripts within the same column were significantly different at  $p < 0.05$

COG Coagulants

게 MgCl<sub>2</sub>를 첨가할수록 감소하는 경향을 나타내었으나 감소정도는 CaCl<sub>2</sub> 첨가의 경우보다는 크지 않았다. 또한 MgCl<sub>2</sub>가 25%인 경우와 MgCl<sub>2</sub>만으로 응고시킨 두부의 수율이 큰 차이가 없는 것으로 미루어 MgCl<sub>2</sub> 역시 CaCl<sub>2</sub>와 마찬가지로 GDL과의 혼합에서 수율을 감소시킴을 알 수 있었다

GDL에 CaSO<sub>4</sub>를 첨가한 경우 CaSO<sub>4</sub>를 50% 첨가까지는 GDL만을 응고제로 사용한 것보다 수율면에서 큰 차이 없이 높았으나 CaSO<sub>4</sub> 비율이 75%가 되면 수율은 크게 감소하였다.

#### 물성학적 특성

두부의 물성, 즉 경도의 관점에 응고제의 혼합은 수율의 결과와 대체로 반대의 현상을 나타내었다(Table 3) CaCl<sub>2</sub> 25%까지는 경도가 612g에서 1,125g까지 크게 증가하였다. 이후 75% CaCl<sub>2</sub> 혼합까지는 경도의 차이가 거의 없었으나 CaCl<sub>2</sub>만으로 제조된 두부에서 측정된 경도는 956g으로 감소하였다. 이것은 GDL이 CaCl<sub>2</sub>의 물리적 특성, 즉 gel구조에 영향을 미쳤다는 것을 나타낸다. 응집성과 탄성의 경향이 유사한 점으로도 추정할 수 있다. 한편 CaCl<sub>2</sub> 첨가에 따라 두부의 조직이 심하게 거칠어지고 맛이 모래를 씹는 듯한 느낌이 강한 것이 문제점으로 지적되었다.

GDL과 CaSO<sub>4</sub> 혼합응고제를 사용한 경우 경도는 CaSO<sub>4</sub>의 비율이 높아질수록 증가하는 경향을 나타내었다. CaSO<sub>4</sub>에 대한 GDL의 비율이 0 : 100에서 25 : 75까지는 응집성이 별로 차이가 없었고 CaSO<sub>4</sub>의 비율이 그 이상 증가하면 약간 증가하였으며, 점착성은 혼합비율에 관계없이 거의 같았다. 수율면에서 GDL만으로 제조한 두부와 GDL 50%와 CaSO<sub>4</sub> 50%로 제조한 두부까지의 차이가 없어, 수율을 높이면서도 경도를 높일 수 있는 두부를 제조할 때 바람직한 응고제 혼합이라 생각된다. 그리고 CaCl<sub>2</sub>를 혼합한 경우와는 달리 조직이 부드럽고 맛이 있어 수율을 높일 수 있는 방법이 보장된다면 혼합응고제로 사용해도 무방할 것으로 판단된다.

Table 3. Changes in rheological properties of soy curd as affected by mixed coagulant of GDL with CaCl<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub>, or MgCl<sub>2</sub> at different ratios

Mixing ratio (COG : GDL)	Coagulants(COG)		
	Hardness(g)		
0 : 100	612.1 <sup>a</sup>	612.1 <sup>a</sup>	612.1 <sup>a</sup>
25 : 75	1125.1 <sup>c</sup>	670.1 <sup>a</sup>	804.2 <sup>c</sup>
50 : 50	1104.2 <sup>c</sup>	605.0 <sup>a</sup>	703.6 <sup>b</sup>
75 : 25	1180.1 <sup>c</sup>	878.1 <sup>b</sup>	889.0 <sup>d</sup>
100 : 0	956.0 <sup>b</sup>	971.7 <sup>c</sup>	721.7 <sup>b</sup>
COG : GDL	Adhesiveness(dyne/cm <sup>2</sup> )		
0 : 100	17.16 <sup>a</sup>	17.16 <sup>a</sup>	17.16 <sup>a</sup>
25 : 75	21.48 <sup>a</sup>	17.72 <sup>a</sup>	18.70 <sup>a</sup>
50 : 50	22.55 <sup>c</sup>	31.06 <sup>b</sup>	21.83 <sup>a</sup>
75 : 25	20.38 <sup>a</sup>	17.60 <sup>a</sup>	22.50 <sup>a</sup>
100 : 0	21.89 <sup>a</sup>	19.10 <sup>a</sup>	17.12 <sup>a</sup>
COG : GDL	Cohesiveness(no unit)		
0 : 100	0.49 <sup>a</sup>	0.49 <sup>b</sup>	0.49 <sup>a</sup>
25 : 75	0.62 <sup>c</sup>	0.49 <sup>b</sup>	0.59 <sup>b</sup>
50 : 50	0.59 <sup>b</sup>	0.44 <sup>a</sup>	0.49 <sup>a</sup>
75 : 25	0.65 <sup>d</sup>	0.57 <sup>c</sup>	0.59 <sup>b</sup>
100 : 0	0.61 <sup>c</sup>	0.64 <sup>d</sup>	0.58 <sup>b</sup>
COG : GDL	Springiness(mm)		
0 : 100	0.78 <sup>a</sup>	0.78 <sup>b</sup>	0.78 <sup>a</sup>
25 : 75	0.95 <sup>c</sup>	0.80 <sup>b,c</sup>	0.91 <sup>b</sup>
50 : 50	0.90 <sup>b</sup>	0.74 <sup>a</sup>	0.79 <sup>a</sup>
75 : 25	1.03 <sup>d</sup>	0.84 <sup>c,d</sup>	0.87 <sup>b</sup>
100 : 0	0.87 <sup>b</sup>	0.86 <sup>d</sup>	0.89 <sup>b</sup>

Values with different superscripts within the same column were significantly different at  $p < 0.05$

MgCl<sub>2</sub> 비율이 증가함에 따라 경도도 증가하였다. MgCl<sub>2</sub> 25%일 때 612g에서 804g으로 증가하였고 50%에서는 다소 감소하였다가 75%에서 889g으로 증가하였다 점착성은 MgCl<sub>2</sub> 비율 변화에 따른 유의적인 차이가 없었으며, 응집성은 MgCl<sub>2</sub> 비율 증가함에 따라 대체로 증가하였고 탄성도 같은 경향을 나타내었다.

#### 색도

L값은 GDL만으로 만든 두부보다 CaCl<sub>2</sub>를 혼합하였을 때 더 높게 나타났으며, CaCl<sub>2</sub>혼합비율에 따른 유의적인 차이는 없었다(Table 4). a값은 CaCl<sub>2</sub>혼합에 따라 -1.68에서 -0.88로, b값은 15.56에서 14.39로 감소하였다. MgCl<sub>2</sub>를 혼합한 경우도 유사한 경향을 보였다. 반면 CaSO<sub>4</sub> 혼합비율이 증가함에 따라 L값은 증가하였으나, CaSO<sub>4</sub>만으로 제조한 경우에는 오히려 감소하였다. a값의 변화는 CaSO<sub>4</sub> 첨가량이 늘어남에 따라 점차 감소하였으나, b값은 CaSO<sub>4</sub>첨가에 따라 큰 차이를 나타내지 않았다.

#### MgSO<sub>4</sub> 기준 혼합응고제

##### 수율

두부의 수율은 MgSO<sub>4</sub>만으로 제조했을 경우 GDL과

**Table 4. Changes in Hunter color value of soy curd as affected by mixed coagulant of GDL with CaCl<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub>, or MgCl<sub>2</sub> at different ratios**

COG : GDL	Coagulants								
	CaCl <sub>2</sub>			CaSO <sub>4</sub>			MgCl <sub>2</sub>		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
0 : 100	82.91 <sup>a</sup>	-1.68 <sup>a</sup>	15.56 <sup>a</sup>	82.91 <sup>a</sup>	-1.68 <sup>a</sup>	15.56 <sup>a</sup>	82.91 <sup>a</sup>	-1.68 <sup>a</sup>	15.56 <sup>a</sup>
25 : 75	85.37 <sup>b</sup>	-1.27 <sup>b</sup>	14.38 <sup>b</sup>	85.45 <sup>b</sup>	-1.71 <sup>a</sup>	15.30 <sup>b</sup>	84.82 <sup>b</sup>	-1.48 <sup>b</sup>	15.02 <sup>b</sup>
50 : 50	85.18 <sup>b</sup>	-1.20 <sup>b</sup>	14.39 <sup>b</sup>	85.36 <sup>b</sup>	-1.67 <sup>a</sup>	15.33 <sup>a</sup>	84.36 <sup>b</sup>	-1.43 <sup>b</sup>	15.38 <sup>a</sup>
75 : 25	86.68 <sup>c</sup>	-0.99	14.64 <sup>c</sup>	85.31 <sup>b</sup>	-1.24 <sup>b</sup>	15.54 <sup>a</sup>	84.69 <sup>b</sup>	-1.21 <sup>c</sup>	14.61 <sup>b</sup>
100 : 0	85.28 <sup>b</sup>	-0.88	14.39 <sup>c</sup>	83.86 <sup>b</sup>	-1.26 <sup>b</sup>	15.36 <sup>a</sup>	85.55 <sup>b</sup>	-1.35 <sup>b,c</sup>	14.60 <sup>b</sup>

\*Values with different superscripts within the same column were significantly different at p<0.05

마찬가지로 CaCl<sub>2</sub>를 첨가한 것에 비해 높았고 CaCl<sub>2</sub>를 첨가함에 따라 230kg/100kg에서 192kg/100kg으로 감소하였다(Table 5). 그러나 이후 CaCl<sub>2</sub>의 비율을 높여도 수율의 변화는 큰 차이가 없어 GDL과 CaCl<sub>2</sub>를 혼합한 경우와 유사한 결과를 나타내었다. 이것 역시 CaCl<sub>2</sub> 소량만으로도 수율의 감소에 큰 영향을 미쳐 어떤 응고제를 혼합하든지 CaCl<sub>2</sub>의 혼합은 수율이 중요한 요소가 되는 공장단위의 두부제조에 있어 바람직하지 않은 응고제로 나타났다. 반면 MgCl<sub>2</sub>를 첨가한 경우 수율에 있어 큰 차이는 나타나지 않았다. MgCl<sub>2</sub>를 75% 첨가한 경우 245kg/100kg으로 가장 높았으나 MgSO<sub>4</sub>나 MgCl<sub>2</sub>만으로 제조한 두부의 수율 230kg/100kg, 198kg/100kg과 비교해 볼 때 급격한 증가나 감소를 나타내지는 않았다. 이는 GDL에 MgCl<sub>2</sub>를 첨가한 경우와는 상이한 결과로서 산을 생성하여 pH를 떨어뜨리는 원리와 이온결합으로 응집시키는 메카니즘의 차이에 기인한 것으로 판단된다. 또한 MgSO<sub>4</sub>에 CaSO<sub>4</sub>를 첨가한 경우도 유사한 결과를 나타내었다.

**물성학적 특성**

MgSO<sub>4</sub>를 기본으로 한 경우도 GDL의 경우와 마찬가지로 경도는 수율과 반비례관계를 나타내었다(Table 6). 즉, CaCl<sub>2</sub> 혼합비율이 증가함에 따라 경도는 증가하는 경향을 보였으나 점착성은 CaCl<sub>2</sub>의 혼합 비율에 따른 유의적인 차이는 없었다. 응집성과 탄성은 MgSO<sub>4</sub>만으

**Table 5. Changes in yield of soy curd as affected by mixed coagulant of MgSO<sub>4</sub> with CaCl<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub>, or MgCl<sub>2</sub> at different ratios**

COG : MgSO <sub>4</sub>	Yield(kg/100kg)		
	CaCl <sub>2</sub>	CaSO <sub>4</sub>	MgCl <sub>2</sub>
0 : 100	230 <sup>d</sup>	230 <sup>d</sup>	230 <sup>d</sup>
25 : 75	192 <sup>b</sup>	225 <sup>d</sup>	205 <sup>b</sup>
50 : 50	188 <sup>b</sup>	200 <sup>b</sup>	230 <sup>a</sup>
75 : 25	187 <sup>b</sup>	190 <sup>b</sup>	245 <sup>a</sup>
100 : 0	175 <sup>b</sup>	200 <sup>b</sup>	198 <sup>b</sup>

Values with different superscripts within the same column were significantly different at p<0.05

로 응고시킨 두부가 혼합응고제를 사용한 두부보다 작았으나 혼합비율에 따른 유의적인 차이는 없었다.

MgCl<sub>2</sub> 혼합의 경우 혼합비율에 따라 차이가 불규칙하게 나타났는데, 이는 공정 조절이 어려운 것을 반영한 것으로 추정된다. 점착성과 응집성의 경우 MgCl<sub>2</sub> 첨가에 따른 유의적인 변화는 현저하게 나타나지 않았으나 탄성은 혼합응고제가 유의적인 차이를 보였으며 혼합비율에 따른 유의차는 없었다.

CaSO<sub>4</sub> 혼합의 경우 그 비율을 25%로 증가시키면 경도가 358g에서 513g으로 크게 증가하였으며 75%일때

**Table 6. Changes in rheological properties of soy curd as affected by mixed coagulant of MgSO<sub>4</sub> with CaCl<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub>, or MgCl<sub>2</sub> at different ratios**

COG	MgSO <sub>4</sub>	Coagulants		
		Hardness(g)		
		CaCl <sub>2</sub>	CaSO <sub>4</sub>	MgCl <sub>2</sub>
0 : 100		358.8 <sup>a</sup>	358.8 <sup>a</sup>	358.8 <sup>a</sup>
25 : 75		704.1 <sup>b</sup>	513.1 <sup>b</sup>	512.8 <sup>b</sup>
50 : 50		685.1 <sup>b</sup>	817.3 <sup>c</sup>	483.0 <sup>b</sup>
75 : 25		876.6 <sup>c</sup>	1154.7 <sup>c</sup>	357.6 <sup>a</sup>
100 : 0		956.0 <sup>c</sup>	971.7 <sup>d</sup>	721.7 <sup>c</sup>
COG : MgSO <sub>4</sub>		Adhesiveness(dyne/cm <sup>2</sup> )		
0 : 100		21.76 <sup>a</sup>	21.76 <sup>a</sup>	21.76 <sup>a</sup>
25 : 75		15.50 <sup>b</sup>	17.33 <sup>a</sup>	15.12 <sup>a</sup>
50 : 50		17.75 <sup>c</sup>	17.72 <sup>a</sup>	19.52 <sup>a</sup>
75 : 25		20.53 <sup>a</sup>	19.88 <sup>a</sup>	14.37 <sup>a</sup>
100 : 0		21.89 <sup>a</sup>	19.10 <sup>a</sup>	17.12 <sup>a</sup>
COG : MgSO <sub>4</sub>		Cohesiveness(no unit)		
0 : 100		0.53 <sup>a</sup>	0.53 <sup>a</sup>	0.53 <sup>a</sup>
25 : 75		0.59 <sup>b</sup>	0.58 <sup>b</sup>	0.58 <sup>a,b</sup>
50 : 50		0.59 <sup>b</sup>	0.60 <sup>b</sup>	0.53 <sup>a</sup>
75 : 25		0.57 <sup>b</sup>	0.62 <sup>b,c</sup>	0.54 <sup>a,b</sup>
100 : 0		0.61 <sup>b</sup>	0.64 <sup>c</sup>	0.58 <sup>b</sup>
COG : MgSO <sub>4</sub>		Springiness(mm)		
0 : 100		0.75 <sup>a</sup>	0.75 <sup>a</sup>	0.751 <sup>d</sup>
25 : 75		0.87 <sup>b</sup>	0.81 <sup>b</sup>	0.84 <sup>b</sup>
50 : 50		0.88 <sup>b</sup>	0.87 <sup>b,c</sup>	0.81 <sup>a,b</sup>
75 : 25		0.875 <sup>b</sup>	0.88 <sup>c</sup>	0.85 <sup>b</sup>
100 : 0		0.87 <sup>b</sup>	0.86 <sup>b,c</sup>	0.89 <sup>b</sup>

Values with different superscripts within the same column were significantly different at p<0.05

Table 7. Changes in Hunter color value of soy curd as affected by mixed coagulant of  $MgSO_4$  with  $CaCl_2$ ,  $CaSO_4$ , or  $MgCl_2$  at different ratios

COG · $MgSO_4$	Coagulants								
	$CaCl_2$			$CaSO_4$			$MgCl_2$		
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$L^*$	$a^*$	$b^*$
0 : 100	85.25 <sup>a</sup>	-1.25 <sup>b</sup>	13.28 <sup>a</sup>	85.25 <sup>a</sup>	-1.25 <sup>a</sup>	13.28 <sup>a</sup>	85.25 <sup>a</sup>	-1.25 <sup>a</sup>	13.28 <sup>a</sup>
25 : 75	84.14 <sup>b</sup>	-1.45 <sup>d</sup>	14.82 <sup>b</sup>	84.93 <sup>a</sup>	-1.77 <sup>c</sup>	14.54 <sup>b</sup>	85.17 <sup>d</sup>	-1.32 <sup>b</sup>	14.39 <sup>b</sup>
50 : 50	84.15 <sup>b</sup>	-1.35 <sup>c</sup>	14.89 <sup>b</sup>	84.20 <sup>b</sup>	-1.80 <sup>c</sup>	15.87 <sup>c</sup>	85.76 <sup>d</sup>	-1.37 <sup>b</sup>	14.21 <sup>b</sup>
75 : 25	84.95 <sup>a</sup>	-1.34 <sup>c</sup>	14.68 <sup>b</sup>	84.15 <sup>b</sup>	-1.50 <sup>b</sup>	14.80 <sup>b</sup>	85.64 <sup>d</sup>	-1.27 <sup>a</sup>	13.92 <sup>b</sup>
100 : 0	85.28 <sup>d</sup>	-0.88 <sup>a</sup>	14.39 <sup>b</sup>	83.86 <sup>b</sup>	-1.26 <sup>a</sup>	15.36 <sup>c</sup>	85.55 <sup>d</sup>	-1.35 <sup>b</sup>	14.60 <sup>b</sup>

\*Values with different superscripts within the same column were significantly different at  $p < 0.05$

1,154g으로 최대에 달하여,  $MgSO_4$ 와  $CaSO_4$ 간의 상승 작용이 있는 것으로 판단되었다. 점착성의 경우 유의적인 차이는 나타나지 않았으며, 응집성과 탄성은  $CaSO_4$  혼합 또는 단일 사용두부가  $MgSO_4$ 만을 사용한 두부에 비하여 그 값이 높았다.

#### 색도

L값은 혼합응고제의 종류와 비율에 관계없이 유의적인 차이를 나타내지 못하였다(Table 7) a값은  $CaCl_2$ 의 비율이 증가함에 따라 녹색도가 증가하는 경향을 나타내다가  $CaCl_2$ 의 비율이 100%일 때 녹색도가 크게 감소하였다.  $CaSO_4$  혼합의 경우도 비슷한 경향을 나타내었으나 녹색도가 더 높게 나타났으며,  $MgCl_2$  혼합의 경우도  $CaCl_2$  혼합의 경우와 유사하였으나 100%  $MgCl_2$ 일 때 오히려 녹색도가 증가한 점이 달랐다 응고제의 혼합함에 따라 b값은 대체로 증가하는 경향을 나타내었다.

결론적으로 두부의 물성은 응고제의 종류와 그 혼합 비율에 따라 다양하게 설계할 수 있음을 알 수 있었으며, 기본 응고제로는 GDL과  $MgSO_4$ 가 적정한 것으로 판단된다. 게다가 응집성과 탄성 및 점착성 등의 특성을 고려하여 제품의 물성에 따른 혼합응고제의 종류와 비율을 결정할 수 있을 것이며, 실제 제조공정하에서 설계품질을 얻을 수 있도록 수정을 가한다면 본 연구에서 얻은 결과를 유용하게 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 다만, 소비자의 취향에 맞는 다양한 제품을 생산하기 위하여는 삼성분계 혼합응고제에 관한 연구도 이루어져야 할 것이다

#### 요 약

미국산 수입콩을 원료로 하여 두부의 제조 중 응고제에 따른 품질의 변화를 조사하였다. 두부의 품질은 물성과 수율 및 색도로 나타내었으며 응고제 각각의 특성을 조사하여 2성분 혼합응고제를 여러 비율로 조제하여 품질을 비교한 결과  $CaSO_4$  또는  $MgCl_2$ 과 glucono-

$\delta$ -lactone(GDL)을 혼합하거나 GDL 대신  $MgSO_4$ 를 혼합한 경우가 물성 및 수율을 종합적으로 감안할 때 우수한 것으로 판명되었다.

#### 문 헌

1. 김우정: 콩단백질의 영양과 이용. 미국대두협회(1987)
2. 장천일, 이정근, 구경형, 김우정 · 콩 품종에 따른 두부의 수율 및 화학적, 관능적 특성의 비교. 한국식품과학회지, **22**, 439(1990)
3. 장천일, 이정근, 김우정 : 콩 품종별 두부의 물리적 특성의 비교. 한국농화학회지, **33**, 203(1990)
4. 이부용, 김동만, 김길환 : 한국산 콩 품종의 두부 가공 특성에 관한 연구. 한국식품과학회지, **22**, 363(1990)
5. 민명용, 김길환 · 수입대두의 가공특성 및 경제성 분석에 관한 연구. 한국식품개발원(1989)
6. Wang, H. L. and Hesselstine, C. W. : Coagulation conditions in tofu processing *Process Biochem.*, **17**, 7 (1982)
7. Skurray, G., Cunich, J. and Carter, O. : The effect of different varieties of soybean and calcium concentration on the quality of tofu. *Food Chem.*, **6**, 89(1980)
8. 김동민, 윤혜현, 김길환 · 장려품종 콩의 단백질 특성. 한국식품과학회지, **22**, 386(1990)
9. 고순남, 김우정 · 분리대두단백 두부의 물리적 특성에 미치는 응고 온도 및 응고제의 영향. 한국식품과학회지, **24**, 154(1992)
10. 김동원, 김우정 : 압착무게와 압착시간이 분리 대두단백 두부의 특성에 미치는 영향. 한국식품과학회지, **25**, 301 (1993)
11. Lim, B. T., DeMan, J. M. and Buzzell, R. I. : Yield and quality of tofu as affected by soybean and soymilk characteristics. Calcium sulfate coagulant. *J. Food Sci.*, **55**, 1088(1990)
12. Shen, C. F., DeMan, L., Buzzell, R. I. and DeMan, J. M. · Yield and quality of tofu as affected by soybean and soymilk characteristics. Glucono- $\delta$ -lactone coagulant. *J. Food Sci.*, **56**, 109(1991)
13. van der Riet, W. B., Wight, A. W. W., Cilliers, J. J. L. and Dattel, J. M. : Food chemical investigation of tofu and its byproduct okara. *Food Chem.*, **34**, 193(1989)
14. Lu, J. Y., Carter, E. and Chung, R. A. : Use of calcium salts for soybean curd preparation. *J. Food Sci.*, **45**, 32(1980)
15. Tsai, S. J., Lan, C. Y., Kao, C. S. and Chen, S. C. :

- Studies on the yield and quality characteristics of tofu. *J. Food Sci.*, **46**, 1734(1981)
16. Sato, K : Relationship between texture and fine structure *Cereal Food World*, **24**, 342(1979)
17. 김동원, 고순남, 김우정 · 응고제의 혼합비율이 분리대 두단백 두부의 특성에 미치는 영향 *한국영양식량학회지*, **23**, 98(1994)
18. 구경형, 김우정 · 분리대두단백두부의 제조를 위한 가열 시간 및 혼합응고제의 영향. *한국식품과학회지*, **26**, 26 (1994)
19. Sherman, P. · A texture profile of foodstuffs based upon well defined rheological properties. *J. Food Sci.*, **34**, 458(1969)

(1996년 11월 25일 접수)