

## 분리대두단백 두부의 물리적 특성에 미치는 응고 온도 및 응고제의 영향

고순남 · 김우정  
세종대학교 식품공학과

### Effect of Coagulants and Coagulation Temperature on Physical Properties of ISP-Tofu

Soon-Nam Ko and Woo-Jung Kim

Department of Food Science and Technology, King Sejong University

#### Abstract

An investigation was carried out to study the feasibility of tofu preparation with using isolated soyprotein(ISP) only. The ISP tofu was prepared by boiling the ISP suspension for 2 min before addition of coagulants. Effects of coagulants(CaSO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, GDL) and coagulation temperature in the range of 2~95°C were studied on the amounts of coagulants required, size and shape of coagulants, volume yield and textural properties of tofu. It was found that amounts of coagulants and tofu volume was significantly reduced and the larger and cloud-like shape was obtained as the coagulation temperature increased. A rather precipitation was occurred under 40 or 50°C, which caused difficulty for tofu formation by pressing. GDL and CaSO<sub>4</sub> showed higher yields than those of CaCl<sub>2</sub> and MgCl<sub>2</sub> at low temperature range and little difference at high temperature. In the textural properties of hardness, brittleness and gumminess of tofu were almost lineary and rapidly increased as the coagulation temperature increased where CaCl<sub>2</sub> and GDL produced highest and lowest of those values, respectively. The elasticity was reduced as the temperature increased for those made with MgCl<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub> and GDL and CaCl<sub>2</sub> tofu showed little change.

Key words: tofu, isolated soyprotein, coagulants, volume, textural properties

#### 서 론

콩기름 추출 후의 탈지 대두박 가공제품인 탈지 대두부의 양은 1990년에 약 6800만톤<sup>(1)</sup>으로 우리가 이용할 수 있는 단백질 양은 약 3500만톤의 막대한 양임에도 불구하고 그 대부분이 사료로 이용되고 있는 실정이며, 탈지 대부분에서 단백질만을 분리한 분리 콩단백은 인조육, 아이스크림 등 여러 식품의 원료로 사용되고 있지만 그 양이 적어(약 2%)<sup>(2)</sup> 식품에서의 이용 확대가 요구되고 있는 실정이다.

두부는 콩을 불려 마쇄한 뒤 분리한 콩우유를 응고시켜 압착시킨 것으로 그 제조공정이 간단하나 성형 및 침지, 절단과정으로 자동화 공정이 어렵고 미생물에 의한 부패로 저장성이 낮은 것이 단점으로 되어 있다. 그러므로 제조공정의 연속화와 저장성 향상은 두부 제조방법의 개선을 위한 과제로 되어 있다. 두부에 관한 연구는 콩 품종에 따른 두부의 수율<sup>(3-5)</sup>, 두부의 텍스처와 수율<sup>(6-8)</sup>,

그리고 콩우유의 열처리 영향<sup>(9-11)</sup>과 응고제 종류별 두부 특성의 비교<sup>(12-14)</sup>에 대한 많은 연구가 진행되어 왔으나 분리 콩단백으로 두부를 제조하고자 한 연구는 발표된 바 없다. 분리 콩단백을 사용한 두부제조는 콩의 침지-마쇄-여과의 과정을 생략할 수 있을 뿐만 아니라 지방질과 수용성 탄수화물을 배합시킴으로써 두부의 품질 향상을 모색할 수 있고 이들을 분산시킨 수용액의 물의 양을 조절할 수 있어 성형시 압착과정을 생략하는 장점이 있다고 하겠다.

본 연구에서는 분리 콩단백만을 원료로 하여 두부의 제조 가능성을 찾고자 분리 콩단백 두부 제조시 응고시의 온도 및 여러가지 응고제의 소요량, 응고단백질의 형태, 압착성형 후의 수율 그리고 두부 텍스처 특성에 미치는 영향을 조사하였다.

#### 재료 및 방법

##### 재료

본 실험에 사용된 분리 콩단백(isolated soyprotein, ISP)은 Protein Technologies International(PP<sup>TM</sup> 500E, U.S.A.) 제품으로 단백질 함량이 91.5%, 지방질 함량이

Corresponding author: Woo-Jung Kim, Department of Food Science and Technology, King Sejong University, Gunja-dong, Sungdong-gu, Seoul 133-747, Korea

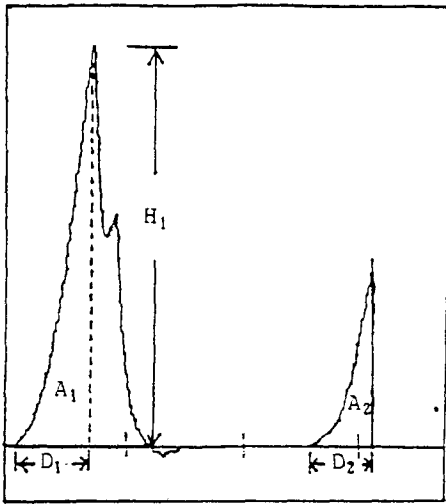


Fig. 1. Typical texture profile analysis(TPA) curve from rheometer

0.5%인 것을 사용하였고 응고제는 1급 시약인  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , glucono-delta-lactone (GDL)을 사용하였다.

첨가온도에 따른 응고제 소요량 측정

ISP 용액의 응고를 위한 응고제 소요량은 5% ISP 용액을 2분간 끓인 다음 온도별로 냉각시켜(2, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 95°C) ISP 용액을 서서히 교반하면서 10% 응고제 용액을 첨가하였다. 응고제 소요량은 단백질이 응고되기 시작하여 맑은 액이 분리될 때까지의 첨가량으로 계산하였다.

ISP 두부의 제조

ISP 두부 제조방법은 ISP 10g을 200 ml의 물에 넣어 용해시킨 다음 2분간 끓였다. 끓인 ISP 용액은 온도별로 냉각시킨 후 소요량을 서서히 교반하면서 각 응고제의 10% 용액을 첨가하였다. 응고된 콩단백질은 장 등<sup>(56)</sup>의 압착성형법으로 10분간 압착시켜 성형하였다.

두부 수율 및 관능적 특성

압착성형된 두부의 수율은 압착시킨 후 누름추(950g)를 제거하고 10분이 경과된 다음 부피를 계산하여 ISP 1.0g당 얻어진 두부의 부피를 수율로 표시하였으며, 관능적 특성은 단일시료법으로 응고된 단백질 덩어리의 크기와 모양을 육안으로 비교하였고, 성형된 두부조직의 균일성과 단단함은 육안과 손누름 방법으로 평가하여 그 정도를 (+)의 수로 표시하였다.

두부의 텍스처 측정

압착성형 두부의 텍스처 특성은 두부를 일정크기(1.5 × 1.5 × 1.5. cm)로 절단하여 rheometer(Sun Rheo meter,

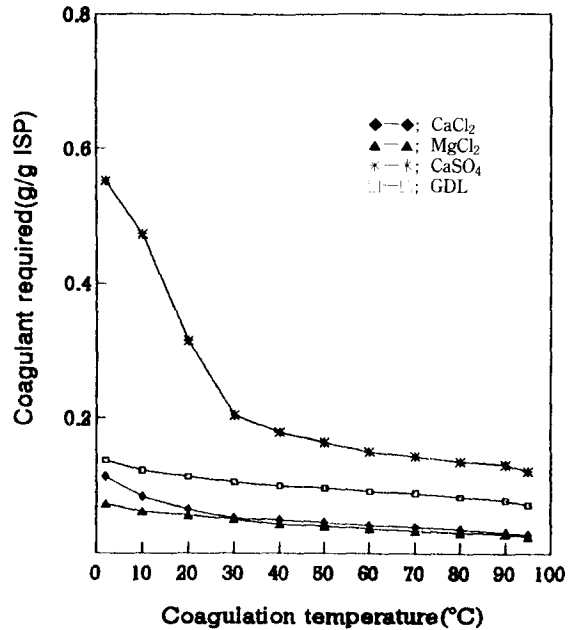


Fig. 2. Effect of coagulation temperature on coagulant required

CR-200D, Japan)로 측정하였다. Mode는 mastication, elasticity & viscosity mode를 설정하였고 측정조건은 full scale의 힘 10 kg, probe의 속도 120 mm/min, chart speed는 1 mm/min, 측정에 사용한 pressure sensor rod는 지름이 15 mm인 No.1로 측정하였다. 두부의 typical texture profile analysis curve(TPA)는 Fig. 1과 같으며 이 결과에서 견고성( $H_1$ ), 탄력성( $D_2/D_1$ ), 응집성( $A_2/A_1$ ), 껌성( $H_1 \times A_2/A_1$ ), 부서짐성( $H_1 \times D_2/D_1 \times A_2/A_1$ )을 구하였다.

결과 및 고찰

응고제량 및 응고물 형태

분리 콩단백(ISP) 용액의 응고 특성을 조사하고자 ISP 용액을 가열하지 않고 응고제를 첨가하였을 때는 응고가 형성되지 않았으나 얼마간 끓인 뒤 첨가하면 응고현상이 일어남을 관찰하였다. 이와 같은 두유의 열처리는 두유를 60~100°C의 온도에서 3분간 가열하였을 때 열처리 온도가 증가할수록 단백질의 응고성이 증가했다는 보고를 한 Saio<sup>(7)</sup>는 열처리와 콩단백질의 disulfide 결합수 증가와 관계가 있다고 하였으며, Nagasawa<sup>(15)</sup>도 100°C에서의 열처리가 두부 품질에 좋다고 한 바 있다. 본 실험에서는 예비실험 결과 2분이 적절함이 밝혀져 ISP 용액을 먼저 2분간 100°C에서 끓인 다음 2~95°C 범위로 냉각시켜 응고제를 첨가하였다. 그 결과 응고제의 첨가 온도와 응고를 위한 소요량과의 관계는 Fig. 2에 보여주는 바와 같이 첨가온도가 낮을수록 응고제의 소요량이

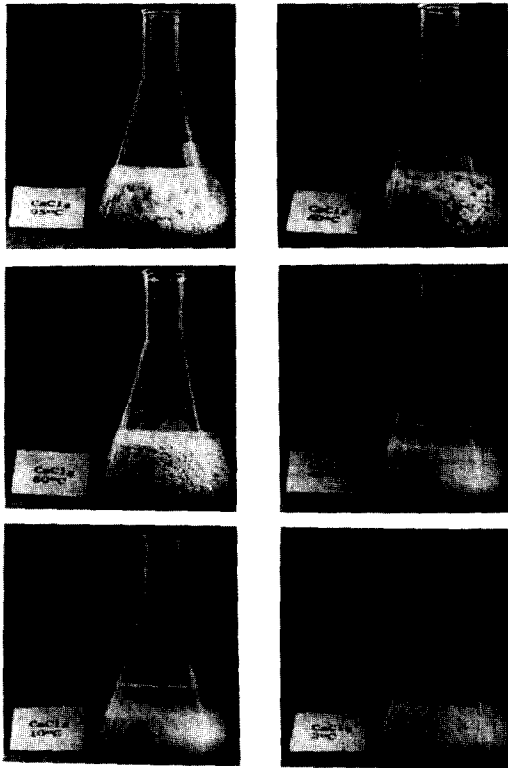


Fig. 3. Comparison of shape and size of ISP coagulants of CaCl<sub>2</sub> as affected by coagulation temperature

더 많이 필요로 하였고 이러한 현상은 CaSO<sub>4</sub>가 더욱 뚜렷한 차이를 보여주었다. 응고제의 소비량은 MgCl<sub>2</sub>가 가장 적었으며 그 다음으로는 CaCl<sub>2</sub>, GDL, CaSO<sub>4</sub> 순으로 나타났다. CaCl<sub>2</sub>와 MgCl<sub>2</sub>는 거의 비슷한 소요량을 보여주었으며, 온도에 따른 변화는 GDL과 함께 변화가 크지 않았다. Ca 함유 화합물은 단백질 또는 침전에 Ca<sup>2+</sup>가 관여하므로 Ca<sup>2+</sup> 양으로 환산하여 비교하면 95°C의 경우 CaCl<sub>2</sub>는 0.028g, MgCl<sub>2</sub>는 0.033g, CaSO<sub>4</sub>는 0.127g이었고 콩단백질의 응고를 높은 온도에서 행할수록 Ca 필요량이 적음을 알 수 있었다.

한편, 응고물의 형태는 2~95°C 모두 응고 덩어리간의 차이가 있었는데 그 중에서도 현저한 차이를 보이는 온도 (2, 10, 40, 60, 80, 90, 95°C)를 선별하여 사진으로 찍어 비교 검토한 결과는 Fig. 3과 같으며 4가지 응고제 모두 유사한 현상을 보여주었다. 즉, 온도가 높아질수록 덩어리가 커지고 뭉개구름과 같은 모양을 보였으며 온도가 낮아질수록 응고라기 보다는 침전에 가까운 상태였으며 2°C나 10°C에서는 침전물의 분리가 선명하지 않았다. CaSO<sub>4</sub>의 경우 2°C와 10°C는 침전의 상태인 반면 40°C에서는 약간의 응고 형태가 보였고 60°C부터는 응고 덩어리가 확실히 형성되었다. 또한 CaSO<sub>4</sub>나 GDL로 응고시켰을 경우, CaCl<sub>2</sub>나 MgCl<sub>2</sub>보다 응고 형태가 컸으며

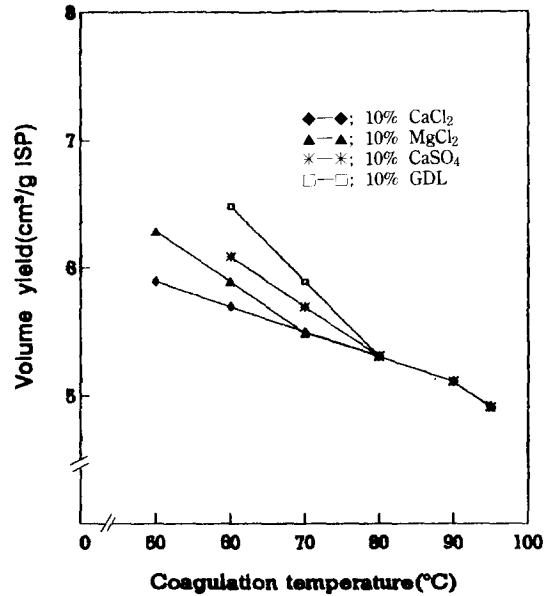


Fig. 4. Effect of coagulation temperature on volume yield of Tofu prepared by compressive method

덩어리의 균일성이 적었다.

#### 두부수율

가열시킨 분리 콩단백 용액을 온도와 응고제별로 필요한 응고제의 양을 첨가한 뒤 성형용기에서 압착성형시켰을 때 성형된 두부의 부피를 비교한 결과는 Fig. 4와 같다. 전반적으로 4가지 응고제 모두 낮은 온도일수록 부피가 증가하는 경향을 보였으며 GDL의 부피가 가장 높았다. 80~95°C범위에서는 모두 유사한 부피의 변화를 보였으나 70°C에서는 CaSO<sub>4</sub>와 GDL이 다른 2가지 응고제보다 높은 수율을 보였고 60°C에서는 GDL, CaSO<sub>4</sub>, MgCl<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>의 순으로 높은 수율을 보이며 많은 차이를 나타내었다.

한편 CaCl<sub>2</sub>와 MgCl<sub>2</sub>는 40°C 이하의 온도에서, CaSO<sub>4</sub>와 GDL은 50°C 이하의 온도에서 성형이 불가능하였는데, 이는 앞의 응고물 형태 비교에서 낮은 온도에서의 응고는 침전상태이었으므로 성형틀에 부은 후 추로 눌렀을 때 성형이 안되었을 뿐 아니라 침전물이 성형시 빠져 나가 높이의 측정이 불가능하였다. 두부의 수율에 관한 보고로는 Tsai 등<sup>(14)</sup>이 여러가지의 응고제를 농도별로 첨가한 결과 GDL이 가장 높은 수율을 보였고 CaSO<sub>4</sub>와 CaCl<sub>2</sub>는 비교적 낮은 수율을 보였다는 점에서 본 실험과 유사한 경향을 나타내었다.

#### 견고성, 탄력성 및 응집성

Fig. 5는 응고 온도에 따른 견고성을 비교한 것으로 응고 온도가 증가할수록 모든 응고제에서 견고성이 크게 증가하는 경향을 보였다. 응고제 중 CaCl<sub>2</sub> 두부가 가장

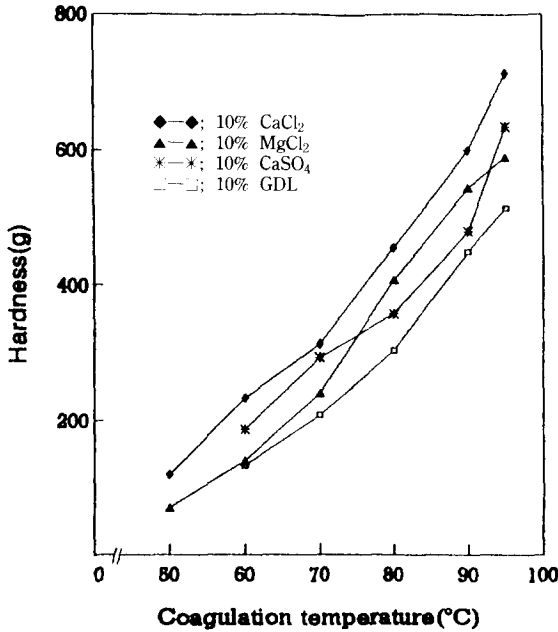


Fig. 5. Effect of coagulation temperature on hardness of Tofu prepared by compressive method

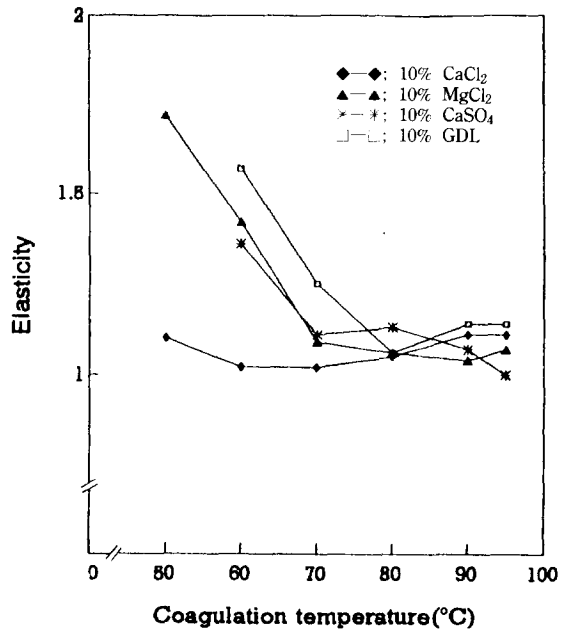


Fig. 6. Effect of coagulation temperature on elasticity of Tofu prepared by compressive method

높은 견고성 값을 보였으며 그 다음은 MgCl<sub>2</sub>와 CaSO<sub>4</sub>, 그리고 GDL이 가장 낮은 값을 보였다. 이들 응고제로 만든 두부의 견고성은 60°C에서 130~240g의 범위였는데 95°C에서는 500~710g으로 크게 증가하였으며, 증가 경향은 거의 직선적이었다. 이는 기누고시 두부의 견고성이 60~100°C의 응고 온도범위에서 80°C까지는 서서히 증가하다가 80°C 이후에 급격히 증가했다는 Watanabe 등<sup>(16)</sup>의 보고와는 약간의 차이가 있었다. 또한 압착성형 두부의 응고제별 텍스처 연구는 분 등<sup>(17)</sup>이 두부의 단단함 순서가 CaSO<sub>4</sub>>GDL>MgCl<sub>2</sub>>CaCl<sub>2</sub>>acetic acid라고 보고한 바 있어 본 결과와는 차이가 있었으나 Wang과 Hesseltine<sup>(8)</sup>은 CaCl<sub>2</sub>와 MgCl<sub>2</sub>로 만든 두부의 견고성이 CaSO<sub>4</sub>와 MgSO<sub>4</sub>로 만든 두부보다 단단하다고 하여 본 결과와 유사하였다.

한편 탄력성은 Fig. 6에 보여주는 바와 같이 80°C 이하에서 응고시켰을 경우, CaCl<sub>2</sub> 응고 두부가 다른 두부들보다 현저히 낮았으나, 90°C나 95°C에서 응고시킨 것은 응고제들 간의 큰 차이가 없었다. 이들 두부의 탄력성은 응고 온도가 높아지면서 감소하는 경향을 보여주었으나 70°C 이상에서는 뚜렷한 차이가 없었으며 CaCl<sub>2</sub> 응고 두부는 90°C와 95°C에서 약간 상승됨이 측정되었다. 이러한 결과는 50~60°C의 낮은 온도에서 현저히 낮았던 견고성과 높은 수율을 고려할 때 조직이 연하고 수분 함량이 많으면 비교적 탄력성이 높음을 보여준다고 하겠다.

또한 Fig. 7에 나타난 바와 같이 응집성은 4가지 응고제 모두 온도별 차이가 심하지 않아 0.5~0.7의 범위로 어떤

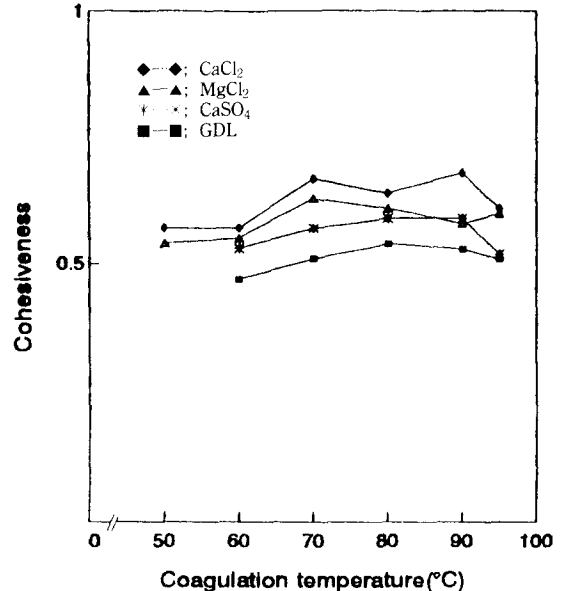


Fig. 7. Effect of coagulation temperature on cohesiveness of Tofu prepared by compressive method

다른 특성들 보다는 유사한 값을 나타내었고 이런 현상은 70~90°C에서 더욱 현저하였으며 80°C 이하의 온도나 95°C의 고온에서는 오히려 응집성의 정도가 떨어짐을 보여주었다. 또한 이런 응집성의 차이는 응고제에 따라서 크게 다르지는 않았으나 CaCl<sub>2</sub>가 가장 높고 MgCl<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub>, GDL의 순으로 나타나는 경향은 뚜렷하였다.

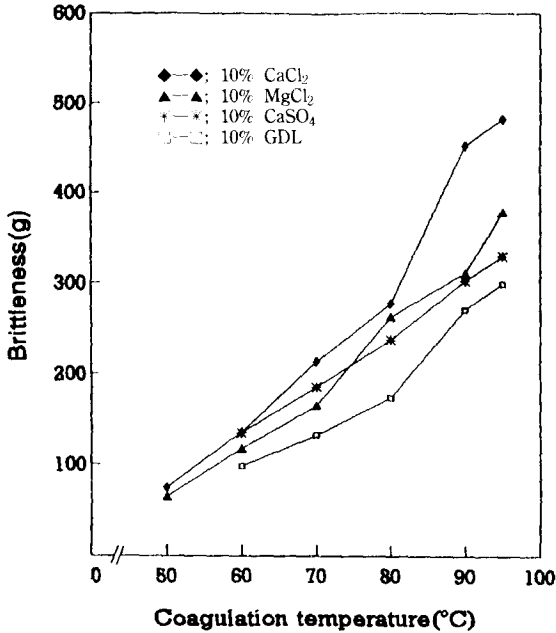


Fig. 8. Effect of coagulation temperature on brittleness of Tofu prepared by compressive method

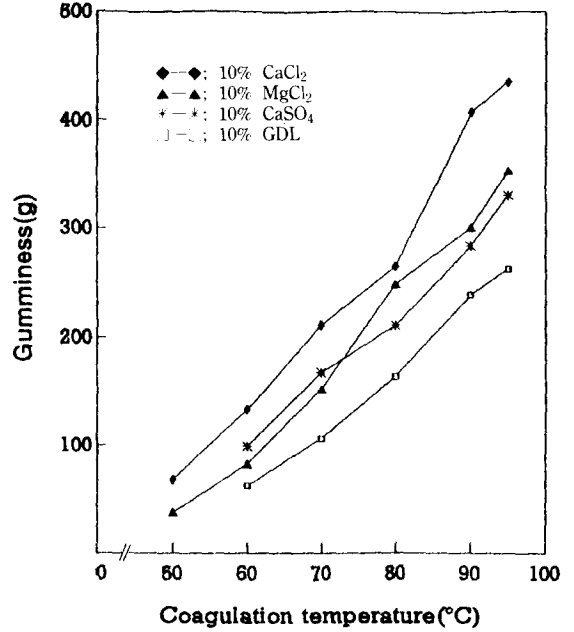


Fig. 9. Effect of coagulation temperature on gumminess of Tofu prepared by compressive method

부서짐성, 껌성 및 관능적 특성

부서짐성과 껌성의 응고제 첨가 온도에 따른 변화는 Fig. 8 및 9와 같다. 부서짐성은 60°C에서 80°C까지 응고제간의 비교적 적은 차이를 보였으나 그 이상의 90, 95°C에서는 특히 CaCl<sub>2</sub>가 높은 수치를 나타내어 많은 차이가 측정되었고 견고성과 같이 응고 온도가 높아질수록 증가하였다. 부서짐성의 순위는 CaCl<sub>2</sub>가 가장 높고 그 다음은 MgCl<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub>, GDL의 순이었으며 95°C에서 GDL은 부서짐성이 299g으로 483g인 CaCl<sub>2</sub>보다 훨씬 낮았다. 또한 이와 같은 경향을 Fig. 2의 온도별 응고제 소요량과 비교하면 응고 온도가 높을수록 응고제 소비량이 감소하는데 반해 부서짐성이 증가하는 것으로 보아 두부의 망상구조는 단백질의 열에 의한 변성 정도에 큰 영향을 받는 것으로 생각된다. Hashizume 등<sup>(18)</sup>은 단백질의 가열 변성으로 단단한 젤이 형성되며, Mulvihill과 Kinsella<sup>(19)</sup>는 단백질 젤은 단백질 3차원 망에 물을 가두어 탄력성을 띠는 것으로 너무 빠른 응고는 단백질이 일정한 모양으로 정렬될 시간이 없어 단단해지므로, 높은 온도에서의 급속한 응고로 형성시킨 두부는 부서짐성이 낮은 온도에서의 것보다 크다고 하였다. 따라서 본 결과에서 측정된 부서짐성의 변화는 이들이 발표한 내용에 부합되는 결과라고 생각된다.

한편, 껌성은 응고온도가 높아가면서 크게 향상됨이 뚜렷하였다(Fig. 9). 60°C에서의 두부 껌성은 62~130g 범위의 낮은 값을 보였으나 온도가 상승하면서 거의 직선적으로 증가하여 95°C에서 CaCl<sub>2</sub>로 응고시킨 것은 435g으로 껌성이 가장 높게 나타났으며 그 다음은 MgCl<sub>2</sub>

Table 1. Comparison of relative organoleptic hardness and uniformness of ISP tofu prepared by compressive method

	Hardness			Uniformness		
	60°C	80°C	95°C	60°C	80°C	95°C
CaCl <sub>2</sub>	++	+++	++++	+++	++	+
MgCl <sub>2</sub>	+	++	+++	+++	++	+
CaSO <sub>4</sub>	+	++	+++	+++	++	+
GDL	++	+++	+++	++++	+++	++

로 354g, CaSO<sub>4</sub>와 GDL은 각각 330g, 262g의 낮은 값을 보였다. 온도의 상승과 함께 이러한 직선적인 증가는 견고성과 유사하였고 응고제간의 껌성의 차이는 박<sup>(20)</sup>이 콩으로 두부를 제조하여 실험한 3가지 응고제의 껌성 비교에서 CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub>의 순으로 높았다는 보고와 일치하는 결과였다.

손가락 누름법에 의한 단단함 평가와 육안에 의한 균일성에 관한 관능적 특성(Table 1)은 응고 온도가 높을수록 단단함의 증가가 뚜렷하여 rheometer 측정치인 Fig. 5와 일치하는 경향을 나타내었다. 응고제 별로는 CaCl<sub>2</sub> 두부가 가장 단단함을 보였고 GDL은 MgCl<sub>2</sub>나 CaSO<sub>4</sub>와 95°C에서는 같게 평가되었으나 60°C와 80°C에서는 더 단단함이 완연하였다. 이는 GDL 두부가 CaSO<sub>4</sub>의 것보다 더 단단하기는 하나 curdrometer로 측정된 결과 더욱 무르다는 Hashizume과 Ka<sup>(21)</sup>의 보고와 유사하였다. GDL의 단단함 특성은 기계로 측정된 견고성의 값과는 차이가 있는 것으로 두부의 거칠음성이 손가락 누름시

영향을 주었으리라고 생각한다. 한편 육안에 의한 조직의 균일성은 단단함과는 반대로 모든 응고제에서 온도가 높을수록 두부 표면과 내부 조직의 균일성이 상실되었는데, 이는 앞의 응고 온도별 응고 덩어리 크기와 형태의 관찰에서(Fig. 3) 볼 때 높은 온도에서 응고시킬수록 응고 덩어리가 크고 불규칙한 것이 압착성형한 두부의 균일성에 영향을 주었으리라고 생각한다.

요 약

분리 콩단백(ISP)을 이용한 두부의 제조 가능성을 찾고자 ISP 분산액을 2분간 끓인 뒤 응고시킨 다음 압착성형 시켰다. 응고제의 첨가온도는 2~95℃의 범위로 하여 응고제 첨가온도의 영향을 조사하였으며, 응고제는 CaSO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub> 및 GDL의 4가지를 사용하였다. ISP 두부의 특성은 응고를 위한 응고제의 소요량, 응고물의 형태, 압착성형 후의 수율 그리고 견고성, 탄력성 등 텍스처 특성을 측정하였다.

그 결과 응고제 첨가시의 온도가 높을수록 응고제의 소요량이 현저히 감소되었고 응고물의 형태는 크고 몽게구름 모양으로 되었다. 또한 40℃ 이하에서는 응고 대신 침전물의 형태를 보여주어 압착성형을 할 수 없었으며, 압착성형 두부의 수율은 응고온도가 낮을수록 증가하였다. 또한 GDL과 CaSO<sub>4</sub>는 CaCl<sub>2</sub>나 MgCl<sub>2</sub>보다 낮은 온도범위에서 높은 수율을 보였으나 높은 온도에서는 이들간에 차이가 거의 없었다. ISP 두부의 견고성, 부서짐성, 껌성은 온도가 상승할수록 거의 직선적으로 급격히 증가했는데 CaCl<sub>2</sub>가 가장 높고 GDL이 가장 낮았다. 또한 탄력성은 MgCl<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub>, GDL로 만든 두부의 경우 70℃까지 온도가 상승하면서 급격히 감소하였으며, CaCl<sub>2</sub>는 거의 변화없이 전반적으로 낮은 값을 보여주었다. 응집성은 응고온도에 별다른 영향을 받지 않았다.

감사의 말

본 연구는 1991년도 화농장학회 연구비 지원으로 이루어진 결과로 심심한 감사를 드립니다.

문 헌

1. A Soyatech Publication: Soya Bluebook(1988), Soyatech Inc., ME, U.S.A.(1988)
2. Johnson, L.A.: Presented at 70th Annual Meeting of American Assoc. of Cereal Chemists, Sept. (1985)
3. Smith, A.K., Watanabe, T., Nash, A.M.: Tofu from Japanese and United States soybeans. *Food Tech.*, 14, 332(1960)
4. Wang, H.W., Swain, E.W. and Kwoleck, W.F.: Effect of soybean varieties on the yield and quality of tofu.

- Cereal Chem.*, 46, 245(1983)
5. 장천일, 이정근, 구경형, 김우정 : 콩 품종에 따른 두부의 수율 및 화학적·관능적 특성의 비교. *한국식품과학회지*, 22, 439(1990)
6. 장천일, 이정근, 김우정 : 콩 품종별 두부의 물리적 특성의 비교. *한국식품과학회지*, 33, 203(1990)
7. Saio, K.: Tofu-relationships between texture and fine structure. *Cereal Foods World*, 24, 342(1979)
8. Wang, H.L. and Hesselstine, C.W.: Coagulation condition in tofu processing. *Process Biochem.*, 17, 7(1982)
9. Shurtleff, W. and Aoyagi, A.: Tofu and soymilk product-the book of tofu(II). New-Age Food Study Center, 2, 115(1979)
10. Yeh, S.W.: Gelatin characteristics of illinois soybean beverage base. Ph.D. thesis, University of Illinois, Urbana, IL.(1984)
11. Hashizume, K., Maeda, M. and Watanabe, T.: Relationship of heating and cooling condition to hardness of tofu. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 25, 387(1978)
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(1990)
13. Shen, C.F., De Man, L., Buzzell, R.I. and De Man, J.M.: Yield and quality of tofu as affected by soybean and soymilk characteristics. Glucono-delta-lactone coagulant. *J. Food Sci.*, 56, 109(1991)
14. Tsai, 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(1981)
15. Nagasawa, T., Miyakawa, H., Mizuguchi, K., Kato, R., Shimamura, S., Kuwahara, K., Kawashima, T. and Okonogi, S.: Effect of heat treatment of soymilk on color, consistency and particularly keeping quality of tofu. *Nippon Shokushin Kogyo Gakkaishi*, 31, 92(1984)
16. Watanabe, T., Fukumachi, C., Nakayama, O., Teramachi, Y., Abe, K., Suruga, S. and Miyana, S.: Research into the standardization of the tofu making process. National Food Research Institute, Japan (1964)
17. 문수재, 손경희, 김영신 : 각 종 응고제에 따른 두부의 텍스처 특성에 관한 연구. *대한가정학회지*, 17, 11(1979)
18. Hashizume, K., Nakamura, N. and Watanabe, T.: Influence of ionic strength on conformation changes of soybean proteins caused by heating and relationship of its conformation changes to gel formation. *Agri. Biol. Chem.*, 39, 1339(1975)
19. Mulvihill, D. M.J. and Kinsella, J.E.: Gelation characteristics of whey proteins and β-lactoglobulin. *Food Tech.*, 9, 102(1987)
20. 박찬경 : 제조조건이 두부의 품질에 미치는 효과. 서울대학교 석사학위논문(1991)
21. Hashizume, K. and Ka, G.: Difference between tofus coagulated with glucono-delta-lactone and calcium salts. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 25, 383(1978)

(1992년 1월 10일 접수)