

## Characteristics of Soybean Curds Manufactured by Various Bitterns

Kang-Hee Ko<sup>1,2</sup>, Shin-Hye Moon<sup>1</sup>, Young-Ju Yoo<sup>2</sup>, and In-Cheol Kim<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Engineering, Mokpo National University, Muan 534-729, Korea,

<sup>2</sup>Solar Salt and Halophyte R&D Center, Mokpo National University, Muan 534-729, Korea

### 다양한 간수를 이용하여 제조한 두부의 특성

고강희<sup>1,2</sup> · 문신혜<sup>1</sup> · 유영주<sup>2</sup> · 김인철<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>목포대학교 식품공학과, <sup>2</sup>목포대학교 천일염 및 염생식물산업화사업단

#### Abstract

To investigate the usability of the bitterns produced during salt manufacture, the characteristics of soybean curds coagulated with bitterns like solar salt bitterns (SSB), dehydrated salt bitterns (DSB), concentrated sea water (CSW) and bitterns produced during the storage of solar salt (BSS) were measured. The Mg contents of all the bitterns were the same, but the Na content of the BSS was 1.0-2.0 times as high as that of the other bitterns. The yield of the soybean curds did not differ with the addition of coagulants, except for the CSW. However, the soybean curds were acquired in large quantities by the DSB and CSW. The mg and Na contents of the soybean curds that were made with the bitterns were higher than those of MgCl<sub>2</sub>. The heavy metals were below 3 ppm in the curds, especially those produced by the CSW, but Pb was not detected. Among the mechanical characteristics of the soybean curds, their adhesiveness was not affected by the coagulants, but the mechanical hardness of the curds produced by the DSB and CSW was lower. The sensory evaluation showed that the curds that were produced by the bitterns were more highly preferred than those produced by MgCl<sub>2</sub>. In particular, the soybean curd that was made with the CSW was favored due to its soft texture. The results of this study, particularly the high yield of the curds that showed a soft texture, showed that the bitterns, especially the CSW, could be used safely and economically.

**Key words** : Bittern, soybean curd, Mg, coagulant

#### 서 론

식품공전 상에서 명시된 두부는 대두를 가열 등의 처리를 하여 얻은 대두액에 응고제를 가하여 응고시킨 것을 의미하며(1), 학술적으로는 대두 단백질에 2가 금속염 또는 산을 첨가함으로써 단백질의 변성을 유도해 생성된 응고물의 망상구조 사이에 다량의 물을 보유하는 식품이라 정의하고 있다(2).

이러한 망상구조 형성을 위해 쓰이는 응고제로 간수를 사용해온 것이 전통적이었다. 그러나 1900년대 중반 이후, 칼슘염과 마그네슘염의 대두단백질 응고에 관련된 연구 결과가 제시된 이후, 두부 제조에 염화마그네슘, 염화칼슘,

황산칼슘 등이 주로 사용되어 왔다(3,4). 최근에는 이러한 금속염뿐만 아니라, 연두부 및 순두부 제조용으로 glucono-delta-lactone (GDL), D-gluconic acid calcium을 사용하여 수율과 품질이 향상된 제품을 생산하고 있다(5). 그러나 두부에 사용되는 화학응고제는 건강에 관심이 높은 소비자들의 우려의 대상이 되고 있어 두부를 생산하는 산업체에서도 화학응고제 대신 천연간수나 해양심층수를 이용하려는 노력이 잇따르고 있다(6).

간수는 염전에서 천일염을 제조한 후 남은 고농도의 무기물 액체를 의미하지만(7) 소금을 제조하는 과정 중에 발생하게 되는 부산물 액체를 통칭하기도 한다. 간수는 소금의 수분이 빠짐에 따라 용해되어 있는 미네랄이 같이 용출되는데, 이는 세 가지의 종류로 나뉜다. 염전에서 천일염을 채취하고 조염 상태로 저장 창고에 쌓아두는 과정 중 흘러 나오는 간수를 비롯해, 해수 오염에 대한 영향과 쓴 맛을

\*Corresponding author. E-mail : ickim@mokpo.ac.kr  
Phone : 82-61-450-2426, Fax : 82-61-454-7916

지닌 성분을 제거하기 위한 목적으로 천일염을 물 세척하여 원심분리해 탈수염을 제조하는 과정 중 발생하는 탈수염 간수가 있다(8). 또한 숙성염을 제조하기 위해 천일염을 장기간 보관할 때 녹아나오는 간수가 있다(9). 이들 모두 소금 제조 과정에서 나오는 부산물로 식품 가공용 및 폐수 처리용을 제외하고 거의 대부분 폐기되며 이의 처리 비용으로 인한 경제적 손실 또한 크다.

간수가 식품 가공용으로는 두부에 사용되는 것이 대부분이지만, 현행 식품공전 상에서 두부류는 등급 1의 수질 기준에 적합한 해수에 한하여 사용할 수 있다고 명시되어 있어 식품첨가물 검토적용 대상 품목에서 제외되어 있다(1). 그러나 최근에 식품첨가물 중 조제해수염화마그네슘이 등재됨에 따라 가공된 간수의 이용이 기대되고 있다(10).

그러므로 폐기되고 있는 간수의 효용 가치를 높이기 위해 본 연구에서는 소금의 제조 과정 중 생산되는 간수를 응고제로 사용하여 두부를 제조하였고, 이들의 품질 특성을 확인하였다.

### 재료 및 방법

#### 실험재료

두부 제조에 사용할 대두는 2009년산 국내 용두농협에서 판매한 것을 구입하여 사용하였다. 실험에 사용된 간수는 탈수염 간수(DSB, dehydrated salt bittern), 함수(CSW, concentrated sea water), 천일염 간수(SSB, solar salt bittern), 숙성 천일염 간수(BSS, bittern from solar salt during storage)였다(Fig. 1). DSB는 청수식품(전남 무안군 청계면)에서 탈수염 제조 과정에서 부산물로 나온 간수였으며, SSB는 태평염전(전남 신안군 중도면)에서 천일염 제조에 사용되는 것을 사용하였다. CSW는 소금을 제조하기 위해 농축시킨 바닷물을 의미하며, 이는 신일염전(전남 신안군 신의면)으로부터 취득하여 사용하였다. BSS는 해룡염전(무안군 해제면)에서 생산된 천일염을 90%RH와 30°C의 온도로 설정

된 숙성고에서 숙성시키는 동안 16~18 주 사이에 용출된 간수를 회수하여 사용하였다. 대조구로 염화마그네슘(Taejin G&S, Incheon, Korea)을 사용하였고 본 연구에서 사용된 간수는 모두 2009년에 생산되었다.

#### 두부 제조 방법

두부를 제조하는 방법은 Kim 등(6)의 방법을 변형하여 사용하였다. 대두를 수돗물에 세척한 다음, 실온에서 18 시간 동안 5 배의 물에 침지하였다. 대두의 건조 중량 대비 10 배의 물을 가수하고 두유기(Hankuk Co., LTD, Daegu, Korea)로 5 분 동안 마쇄한 후 두미(5~6° Brix)를 제조하였다. 제조된 두미를 95°C에서 5 분 동안 가열하였고, 광목천에 넣어 압착하여 비지가 분리된 두유(10° Brix)를 얻었다. 두유는 대두 80 g 당 561.18±23.69 mL이 나왔다. 두유는 75°C의 항온기에서 온도를 유지하고 교반하면서 응고제를 첨가하였다. MgCl<sub>2</sub>는 대두의 무게에 대하여 2~5%를 넣었다. 간수는 두유에 대하여 0.8~1.7% 농도로 첨가했을 때 두부 응고가 잘 이루어져 해당 농도로 두부를 제조하였다. 20 분 동안 응고물을 정치시킨 뒤, 면포가 깔린 소형 성형틀(7.5×9.8×5.5 cm<sup>3</sup>)에 응고물을 넣고 성형추(3 kg)로 30 분 동안 압착하여 두부를 제조하였다.

#### 두부의 수율

두부의 수율은 압착 성형 후, 물기를 제거한 뒤의 무게를 측정하여 원료 대두 중량을 기준으로 계산하였다(11). 두부의 수분 함량은 상압 가열 건조법으로 분석하였고 고형분 함량은 압착 성형된 두부의 무게에서 수분 함량을 뺀 값으로 계산하였다.

$$\text{수율(\%)} = \frac{\text{두부의 무게(kg)} \times 100}{\text{원료 대두의 무게(kg)}}$$

#### 미네랄 함량 분석

간수는 1 mL을 취하고 두부 건조 시료는 0.1 g을 취하여 이에 질산을 10 mL 가한 후, microwave (Mars x-Press, CEM, NC, USA)로 30 분 동안 분해하였다. 분해액은 3차 증류수

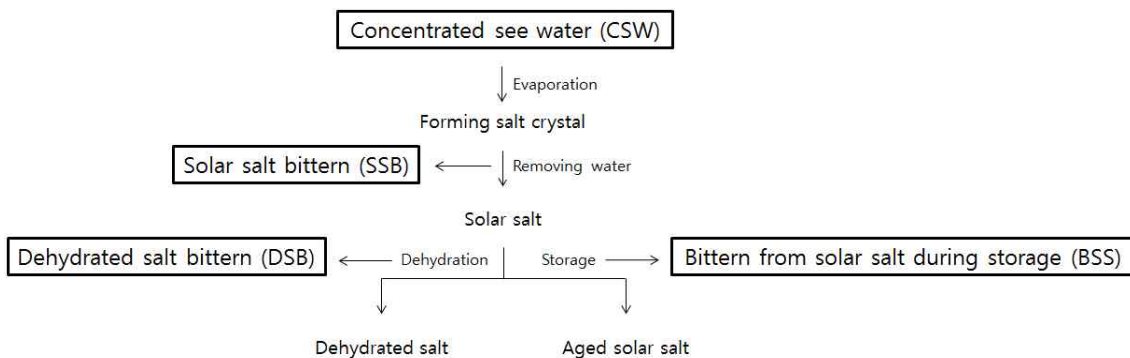


Fig. 1. Scheme of various bitterns production.

로 100 mL가 되도록 정용하였다. 미량 미네랄과 중금속은 ICP-MS (Inductively coupled plasma-mass spectrophotometry, 7500 Series, Agilent Technologies, Santa Clara, California, USA), Na, K, Ca와 Mg는 AAS (Atomic-absorption spectrophotometry, Z-2300, Hitachi, Tokyo, Japan), 음이온은 IC (Ion chromatography, 861 Advanced compact, Metrohm, Herisau, Switzerland), Hg는 수은분석기 (DMA-80, Milestone, Shelton, Italy)로 측정하였다.

**두부 조직의 물리적 특성 분석**

제조된 두부를 일정 크기(1.4×1.4×1.4 cm)로 절단하고 이의 물성을 rheometer (COMPAC-100, Sun Scientific Co., Tokyo, Japan)로 측정하였다. Table speed 60 mm/min, 진입 거리 70%, load cell(최대 하중) 2 kg. adaptor type No.1 circular type, plunger Φ25 mm, distance 0 mm를 사용하였으며, 최대응력, 강도, 견고성, 부착성을 값으로 나타내었다. 시료는 3 회에 걸쳐 제조하여 각 시료에 대하여 8 번 반복 시험하였다.

**관능 평가**

응고제의 종류에 따른 두부의 맛, 향기, 색, 조직감, 전체적인 기호도를 관능 검사하였으며, 이는 목포대학교 식품공학과 학생 30 명을 대상으로 실시하였다. 동일한 크기로 절단된 두부를 흰색 접시에 담아 관능검사를 행하였고, 각 시료를 검사한 후, 9 단계 평점법(매우 나쁘다 - 1점, 매우 좋다 - 9점)으로 평가하였다.

**통계 처리**

실험에서 얻어진 결과는 SPSS (statistical package for the social sciences)를 이용하여 분산 분석을 하였으며 Duncan's multiple range test로 p<0.05의 유의수준으로 검정하였다.

**결과 및 고찰**

**간수의 조성 및 응고제로서의 적합성**

두부 제조에 사용된 간수의 Na 함량은 숙성 천일염 간수(BSS)가 6.5±0.2%로 가장 높았으며, SO<sub>4</sub>는 함수(CSW)가 7.5±0.0%로 가장 높았다(Table 1). Mg와 K, Ca, Cl 함량은 모든 간수에서 유의차가 없이 유사하게 나타났다. Ha 등(1998)의 결과에서 원심분리하여 탈수한 천일염의 간수는 Mg 함량이 5.4%, K 함량은 1.0%, Zn은 0.9%, Na는 5.1%였다(8). 본 연구의 탈수염 간수는 이보다 Mg와 Na 함량이 적고 K와 Zn의 함량은 비슷하였다. 이러한 결과는 천일염을 생산한 위치 및 당해년도의 해양 환경에 따른 차이로 판단된다.

모든 Mg이 염화물이라고 가정하여 MgCl<sub>2</sub>의 함량을 환

산한 결과, 천일염 간수(SSB)는 17.68±1.82%, 탈수염 간수(DSB)는 17.37±1.98%, CSW는 17.49±3.21%, BSS는 16.94±0.47%로 확인되어 조제해수염화마그네슘의 MgCl<sub>2</sub> 기준 규격(12.0~30.0%)에 적합하였다(10). 조제해수염화마그네슘의 미네랄 함량에 대한 기준치는 Zn은 70 ppm 이하, Ca는 4% 이하, Na는 4% 이하, K는 6% 이하, 비소는 4 ppm 이하, 중금속은 20 ppm 이하이다(10). SSB와 BSS는 Na 함량이 기준치보다 높았지만 DSB와 CSW는 미네랄 기준치 범위 내에 포함된 것으로 확인되었다(Table 1).

**Table 1. Mineral contents of bitterns for soybean curds production**

Mineral	Bittern name <sup>1)</sup>			
	SSB	DSB	CSW	BSS
Na (%)	4.2±0.9 <sup>2)bs)</sup>	3.6±0.2 <sup>a</sup>	3.2±0.0 <sup>a</sup>	6.5±0.2 <sup>c</sup>
Mg (%)	3.6±0.2 <sup>ab</sup>	3.5±0.3 <sup>a</sup>	3.5±0.5 <sup>ab</sup>	3.4±0.1 <sup>a</sup>
K (%)	1.2±0.1 <sup>ab</sup>	0.9±0.1 <sup>a</sup>	1.2±0.0 <sup>ab</sup>	1.0±0.0 <sup>ab</sup>
Ca (%)	< 0.02%			
Cl (%)	15.8±0.2 <sup>a</sup>	15.3±0.3 <sup>a</sup>	15.9±0.5 <sup>a</sup>	15.4±0.3 <sup>a</sup>
SO <sub>4</sub> (%)	6.1±0.1 <sup>a</sup>	5.6±0.2 <sup>a</sup>	7.5±0.0 <sup>b</sup>	5.5±0.3 <sup>a</sup>
Zn (ppm)	0.7±0.7 <sup>a</sup>	1.4±0.1 <sup>a</sup>	1.4±0.1 <sup>a</sup>	2.8±2.8 <sup>a</sup>
As (ppm)	0.1±0.0 <sup>a</sup>	0.1±0.0 <sup>ab</sup>	0.1±0.0 <sup>ab</sup>	0.1±0.0 <sup>ab</sup>
Heavy metal <sup>4)</sup> (ppm)	0.3±0.2 <sup>a</sup>	0.0±0.0 <sup>a</sup>	0.2±0.0 <sup>a</sup>	0.3±0.3 <sup>a</sup>
MgCl <sub>2</sub> (%) <sup>5)</sup>	17.7±1.8	17.4±2.0	17.5±3.2	16.9±0.5

<sup>1)</sup>SSB was solar salt bittern, DSB was dehydrated salt bittern, CSW was concentrated sea water, and BSS was bittern from solar salt during storage.

<sup>2)</sup>Standard error rate.

<sup>3)</sup>The same letters in a row of mineral were not significantly different at (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

<sup>4)</sup>Heavy metal meant the added values of Cd, Pb and Hg.

<sup>5)</sup>Expected amount of MgCl<sub>2</sub> was calculated as following equation if Mg was bound totally with Cl: MgCl<sub>2</sub> (%) = {weight of Cl<sub>2</sub> (76.2 × weight of Mg ÷ 19.2) + weight of Mg} × 100 ÷ 100 mL

**간수로 제조한 두부의 수율**

간수 및 MgCl<sub>2</sub>로 제조된 두부의 수분 함량 및 수율은 첨가된 응고제의 농도에 따른 유의적 차이가 없었다(Table 2). MgCl<sub>2</sub>로 제조한 두부의 수분 함량이 73.94%였던 기존 보고에 비해 본 연구에서 제조한 두부는 이보다 약 3% 정도 더 높은 것으로 나타났으나 이는 두부를 압착하는 방법에 따라 차이가 있는 것으로 확인되었다(12).

두부의 수율은 함수(CSW)로 제조했을 때만 첨가된 응고제 농도가 증가함에 따라 감소하였다. 탈수염 간수(DSB)로 제조한 두부는 전체적으로 다른 간수에 비해 수율이 높은 반면, DSB와 미네랄 함량은 유사하지만 Na 함량이 1.8 배 높았던 숙성천일염 간수(BSS)를 사용한 두부의 수율은 가장 낮게 나타났다. 하지만 대체적으로 간수를 사용했을 때 화학응고제인 MgCl<sub>2</sub>를 사용하여 제조한 두부보다 수율이 높게 나타났다.

이는 MgCl<sub>2</sub>를 사용했을 때보다 간수를 사용했을 때, 간

수에 함유된 다량의 양이온들이 콩 단백질의 응고에 관여했기 때문에 사료된다(13). 또한 용해도와 이온화 정도가 높다고 추정되는 해양심층수로 제조한 두부가 화학응고제인 황산칼슘으로 제조한 두부보다 수율이 높게 나타난 기존 결과와도 유사하였다(5,6). 특히 두부 응고제의 용해도가 높으면 응고가 빨리 일어나 응고물이 고르지 못하기 때문에 첨가량이 증가할수록 수율이 낮아질 수 있다는 보고도 있어 다른 간수에 비해 CSW의 용해도가 높은 것으로 판단된다(12,14).

**Table 2. Yield and moisture content of soybean curd affected to bitter coagulants**

Coagulant <sup>1)</sup>	Added concentration of bitter <sup>2)</sup>			
	0.80%	1.00%	1.30%	1.70%
SSB	206.74±4.44 <sup>3)abcd,4)</sup> (78.67±0.22) <sup>5)</sup>	193.74±4.53 <sup>abc</sup> (76.79±0.25)	207.95±4.54 <sup>abcd</sup> (77.36±0.20)	202.51±11.84 <sup>abc</sup> (76.09±0.45)
DSB	219.08±16.75 <sup>cd</sup> (78.34±2.08)	220.08±18.92 <sup>cd</sup> (79.69±2.89)	225.15±19.74 <sup>cd</sup> (79.23±0.21)	235.48±18.54 <sup>d</sup> (79.85±0.74)
CSW	235.31±20.13 <sup>d</sup> (78.38±0.83)	221.87±6.34 <sup>cd</sup> (78.27±0.28)	197.73±1.59 <sup>abc</sup> (77.61±0.09)	203.44±8.80 <sup>abcd</sup> (78.33±0.52)
BSS	176.99±10.95 <sup>a</sup> (76.91±3.12)	183.16±3.13 <sup>ab</sup> (77.20±1.87)	182.51±12.65 <sup>ab</sup> (77.20±1.32)	206.17±2.89 <sup>abcd</sup> (79.17±2.75)
Control	2% <sup>6)</sup>	3%	4%	5%
MgCl <sub>2</sub>	197.81±12.91 <sup>abc</sup> (77.84±2.63)	193.80±12.91 <sup>abc</sup> (76.94±2.90)	195.87±9.75 <sup>abc</sup> (77.92±2.04)	195.87±13.10 <sup>abc</sup> (77.75±1.67)

<sup>1)</sup>SSB was solar salt bitter, DSB was dehydrated salt bitter, CSW was concentrated sea water, and BSS was bitter from solar salt during storage.

<sup>2)</sup>The added amount of bitter was based on the volume of soy milk.

<sup>3)</sup>This yield indicated the rate(%) of the weight of curd to the weight of soybean.

<sup>4)</sup>The same letters were not significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

<sup>5)</sup>The parenthesis was moisture content(%) of soybean curd.

<sup>6)</sup>Added MgCl<sub>2</sub> was based on the weight of dried soybean.

### 간수에 따른 두부의 미네랄 함량

간수로 제조한 두부의 Na와 Mg, K 함량은 간수 첨가농도에 따라 증가하였다. 그러나 본 연구에서 사용한 간수의 Ca이 0.02% 이하로 존재했기 때문에 모든 두부의 Ca은 유의차가 없이 유사한 것으로 나타났다(Fig. 2). MgCl<sub>2</sub>만으로 제조한 두부는 간수로 제조한 두부처럼 Mg 함량은 증가하였으나, 간수처럼 다른 미네랄이 포함되지 않았기 때문에 Na, K, Ca 함량은 첨가농도에 따른 영향을 받지 않았다. 두부를 산업적으로 제조할 때 사용되는 응고제는 염화칼슘, 황산칼슘, 염화마그네슘, 황산마그네슘 등이 존재하며, 칼슘, 마그네슘 등이 2가 이온이 극성 아미노산을 지닌 단백질과 결합하여 응고시킨다고 보고되어 왔다(15). 그러나 본 연구에서 MgCl<sub>2</sub>로 제조한 두부에 포함된 Mg 함량이 간수와 유사하게 나타났음에도 불구하고 수율이 낮은 것은 간수에 포함된 Na 및 K와 같은 1가 양이온도 두부 응고에

관여했기 때문으로 사료된다. 반면, BSS로 제조한 두부는 Na 함량이 다른 응고제를 사용했을 때보다 높았지만 Mg 함량이 MgCl<sub>2</sub>로 제조한 두부보다도 낮아 두부 수율이 가장 낮았던 것으로 추정된다.

**Table 3. Heavy metal contents of soybean curds produced by various bitterns**

(unit : ppm)

Coagulant <sup>1)</sup>	Added concentration <sup>2)</sup> (%)	As	Cd	Pb
SSB	0.8	0 <sup>3)</sup>	0.15±0.06 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
	1	0.35±0.22 <sup>a</sup>	0.23±0.03 <sup>a</sup>	3.54±1.77 <sup>b</sup>
	1.3	0.07±0.05 <sup>a</sup>	0.13±0.09 <sup>a</sup>	0.3±0.29 <sup>a</sup>
DSB	1.7	1.79±0.34 <sup>ab</sup>	0.12±0.10 <sup>b</sup>	0.24±0.23 <sup>a</sup>
	0.8	0.02±0.01 <sup>a</sup>	0.13±0.06 <sup>a</sup>	0.23±0.18 <sup>a</sup>
	1	1.99±0.01 <sup>b</sup>	0.12±0.06 <sup>a</sup>	1.16±0.35 <sup>ab</sup>
CSW	1.3	0.01±0.01 <sup>a</sup>	0.12±0.06 <sup>a</sup>	0.05±0.04 <sup>a</sup>
	1.7	0.27±0.14 <sup>a</sup>	0.11±0.06 <sup>a</sup>	1.92±0.71 <sup>ab</sup>
	0.8	- <sup>4)</sup>	0.08±0.01 <sup>a</sup>	-
BSS	1	-	0.08±0.02 <sup>a</sup>	-
	1.3	-	0.08±0.02 <sup>a</sup>	-
	1.7	1.66±0.01 <sup>ab</sup>	0.06±0.03 <sup>a</sup>	0.22±0.28 <sup>a</sup>
MgCl <sub>2</sub>	0.8	0.71±0.42 <sup>a</sup>	0.17±0.11 <sup>a</sup>	-
	1	0.02±0.02 <sup>a</sup>	0.17±0.11 <sup>a</sup>	1.07±0.00 <sup>ab</sup>
	1.3	-	0.18±0.11 <sup>a</sup>	2.14±1.59 <sup>ab</sup>
MgCl <sub>2</sub>	1.7	-	0.17±0.11 <sup>a</sup>	2.05±1.33 <sup>ab</sup>
	2	1.18±0.42 <sup>a</sup>	0.18±0.12 <sup>a</sup>	-
	3	1.17±0.42 <sup>a</sup>	0.17±0.11 <sup>a</sup>	-
	4	-	0.18±0.12 <sup>a</sup>	-
	5	0.86±0.42 <sup>a</sup>	0.17±0.11 <sup>a</sup>	-

<sup>1)</sup>SSB was solar salt bitter, DSB was dehydrated salt bitter, CSW was concentrated sea water, and BSS was bitter from solar salt during storage.

<sup>2)</sup>This was the percentage of added bitter against the volume of soy milk or MgCl<sub>2</sub> against the weight of soybean.

<sup>3)</sup>The same letters in a column were not significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

<sup>4)</sup>- was not detected.

식품공전 규격에 따르면, 두부는 중금속이 3 ppm 이하여야 하지만(1), 산업폐기물의 해양투기로 인해 해수의 중금속 함량은 영향을 받게 된다(16). 그러므로 정제된 화학응고제를 사용하여 두부를 만드는 경우와 다르게 간수를 사용했을 때 두부 속의 중금속 함량이 증가할 우려가 있다. 그럼에도 불구하고 모든 두부에서 Hg는 검출되지 않았으며(data not shown), 중금속인 Cd, Pb과 As를 포함한 결과, 1% SSB, 1% DSB로 제조한 두부를 제외하고 모두 3 ppm 이하로 측정되었다(Table 3). 하지만 SSB와 DSB의 첨가량이 증가하더라도 중금속 함량이 비례적으로 증가하지 않았기 때문

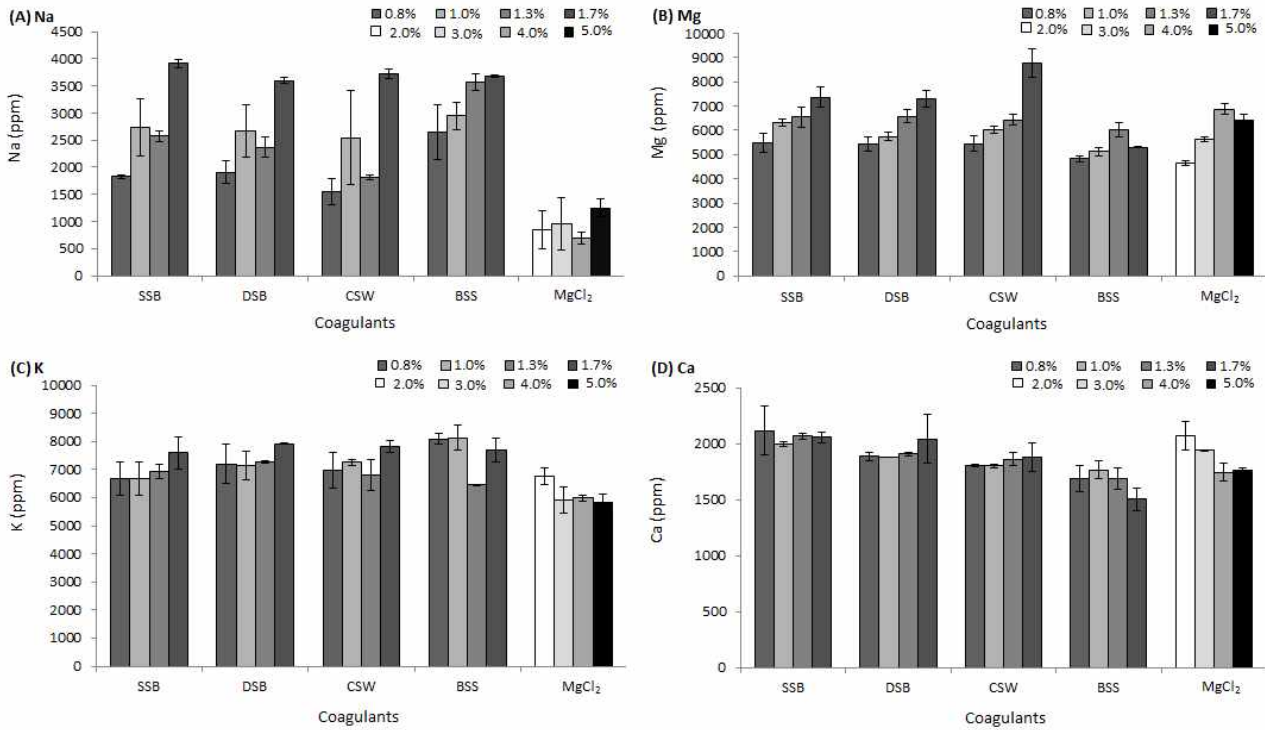


Fig. 2. Macro-mineral contents of soybean curds produced by various bitterns.

SSB was solar salt bittern, DSB was dehydrated salt bittern, CSW was concentrated sea water, and BSS was bittern from solar salt during storage. Added amount of bittern was based on the volume of soy milk and MgCl<sub>2</sub> was on the weight of dried soybean.

에 이는 미량 금속 분석 과정 중, 시료 채취, 보관 등에 의해 발생할 수 있는 실험상의 오차인 것으로 판단된다(17).

국내유통 두부의 중금속 함량이 Hg는 0.1~8.2 ppb, Pb는 0~61.3 ppb, Cd는 0~31.0 ppb, As는 0~23.6 ppb로 나타난 Kim 등(18)의 결과에서 볼 때, 국내유통 두부는 염화마그네슘 같은 정제된 응고제를 사용함에 따라 중금속 함량이 적은 것으로 확인되었다. 이와 달리 본 연구에서는 MgCl<sub>2</sub>로 제조한 두부에서도 As와 Cd가 검출됨에 따라 두부의 중금속 함량은 두부를 제조하는 환경이나, 콩의 수확시기 등에 영향을 받는 것으로 추정된다. 하지만 Pb는 MgCl<sub>2</sub>로 제조한 두부와 달리 간수로 제조한 두부에서 검출되면서 간수의 Pb가 두부에 유입된 것으로 판단된다. 그럼에도 불구하고 CSW로 제조한 두부는 1.7% 첨가했을 때 0.22±0.28 ppm이 검출되기는 했으나 그 이하의 첨가 농도에서는 다른 간수들과 달리 Pb이 확인되지 않았다(Table 3).

**간수 응고제에 따른 두부의 조직 특성**

간수에 따른 두부의 물성 특성을 확인한 결과, 모든 두부 시료의 최대응력과 강도가 높을수록 견고성이 높게 확인되었다(Table 4). DSB와 CSW로 제조한 두부의 견고성은 SSB, BSS와 MgCl<sub>2</sub>에 비해 낮았다. 하지만 DSB와 BSS는 첨가량이 증가함에 따라 견고성이 낮은 반면, CSW는 견고성이 높게 나타났다.

두부의 조직 특성은 응고제가 지니는 음이온이 Cl 이온

일 때보다 SO<sub>4</sub> 이온일 때 견고성이 더 낮게 나타났으며, SO<sub>4</sub> 이온의 함량이 많아지면 견고성이 낮아지다가 높아지는 경향을 보였다(12,19). 이러한 기존 연구 결과에서 볼 때, DSB와 BSS가 CSW보다 SO<sub>4</sub> 이온 함량이 낮은 범위에 있어 첨가량이 증가하더라도 견고성이 낮아지는 것으로 추정된다. CSW로 제조한 두부는 응고제 첨가농도가 증가할수록 견고성이 증가하며 이는 응고제 함량이 많아지면 빠른 응고가 일어나 단백질 망구조가 형성되는 시간이 짧아져 수분을 보유하지 못하기 때문이라고 설명된 바와 유사하게 나타났다(20,21). 또한 견고성이 낮은 GDL 두부가 CaCl<sub>2</sub>나 MgCl<sub>2</sub>를 사용한 두부보다 수분함량이 높다는 보고(12)와 유사하게 간수들을 사용한 두부에서도 견고성이 낮은 경우 수분 함량이 높게 나타났고 두부의 수율 또한 높았다 (Table 2).

부착성은 2% MgCl<sub>2</sub>를 첨가한 두부가 가장 높았지만 그 이상의 농도로 MgCl<sub>2</sub>를 첨가한 두부와 간수를 첨가한 두부에서 모두 부착성이 유의차가 없었다. 이는 Oh 등(22)의 연구에서 갈슘염의 화학응고제로 제조하여 시판되고 있는 판두부는 부착성이 높게 나타난 반면, 해수를 사용한 두부의 경우 부착성이 낮게 확인된 결과와 유사하였다. 또한 기호도가 높은 두부는 견고성이 낮은 반면, 부착성을 어느 정도 가져야 된다고 보고되었는데, 본 연구에서 제조한 두부의 부착성에는 유의차가 없으므로 두부의 견고성을 낮춘 DSB와 CSW가 두부의 조직감을 향상시킬 것으로 사료된다(23).

**Table 4. Texture of soybean curds prepared with various bitterns.**

Coagulant <sup>1)</sup>	Added concentration <sup>2)</sup> (%)	Max. stress	Strength (Dyne/cm <sup>2</sup> )	Hardness (g)	Adhesiveness (g)
SSB	0.8	582.54±54.09 <sup>cdef3)</sup>	297.22±27.61 <sup>cdef</sup>	440.70±39.68 <sup>bcd</sup>	-1.08±0.49 <sup>abc</sup>
	1.0	660.18±44.26 <sup>fg</sup>	336.84±22.57 <sup>fg</sup>	499.29±30.88 <sup>fg</sup>	-1.18±0.60 <sup>abc</sup>
	1.3	593.42±46.32 <sup>def</sup>	302.76±23.64 <sup>def</sup>	448.04±32.38 <sup>cdef</sup>	-1.08±0.29 <sup>abc</sup>
	1.7	645.43±80.80 <sup>fg</sup>	329.38±41.33 <sup>fg</sup>	483.99±57.77 <sup>fg</sup>	-0.86±0.53 <sup>abc</sup>
DSB	0.8	525.00±86.74 <sup>bcd</sup>	277.11±37.88 <sup>bcd</sup>	410.32±53.62 <sup>bcd</sup>	-1.11±0.32 <sup>abc</sup>
	1.0	522.26±90.24 <sup>bcd</sup>	266.46±46.04 <sup>bcd</sup>	395.02±63.52 <sup>bc</sup>	-1.05±0.62 <sup>abc</sup>
	1.3	515.89±97.89 <sup>bcd</sup>	255.87±50.67 <sup>bc</sup>	379.94±70.07 <sup>b</sup>	-0.89±0.46 <sup>abc</sup>
	1.7	416.00±65.37 <sup>a</sup>	212.25±33.35 <sup>a</sup>	318.01±46.77 <sup>a</sup>	-1.00±0.00 <sup>abc</sup>
CSW	0.8	459.83±54.27 <sup>ab</sup>	234.60±27.69 <sup>ab</sup>	402.23±61.66 <sup>bcd</sup>	-1.00±0.00 <sup>abc</sup>
	1.0	505.00±70.76 <sup>bc</sup>	257.65±36.10 <sup>bc</sup>	387.13±50.22 <sup>bc</sup>	-1.08±0.29 <sup>abc</sup>
	1.3	652.57±106.80 <sup>fg</sup>	332.94±54.48 <sup>fg</sup>	492.89±78.21 <sup>fg</sup>	-1.21±0.43 <sup>ab</sup>
	1.7	594.92±87.00 <sup>def</sup>	303.53±44.39 <sup>def</sup>	449.97±64.20 <sup>cdef</sup>	-1.15±0.38 <sup>abc</sup>
BSS	0.8	660.00±29.20 <sup>g</sup>	336.73±14.92 <sup>fg</sup>	500.05±19.18 <sup>fg</sup>	-1.33±0.52 <sup>a</sup>
	1.0	887.40±106.44 <sup>h</sup>	452.76±54.30 <sup>h</sup>	669.68±71.73 <sup>h</sup>	-1.20±0.45 <sup>ab</sup>
	1.3	592.00±35.62 <sup>def</sup>	302.06±18.17 <sup>def</sup>	449.62±25.82 <sup>cdef</sup>	-1.20±0.45 <sup>ab</sup>
	1.7	526.33±91.39 <sup>bcd</sup>	268.55±46.64 <sup>bcd</sup>	402.33±69.71 <sup>bcd</sup>	-1.00±0.00 <sup>abc</sup>
MgCl <sub>2</sub>	2.0	547.17±64.57 <sup>cde</sup>	279.15±32.92 <sup>cde</sup>	416.60±42.98 <sup>bcd</sup>	-0.67±0.52 <sup>c</sup>
	3.0	681.83±32.52 <sup>g</sup>	347.87±16.63 <sup>g</sup>	517.57±24.43 <sup>g</sup>	-1.33±0.52 <sup>a</sup>
	4.0	632.80±64.58 <sup>fg</sup>	322.84±32.94 <sup>fg</sup>	483.98±49.00 <sup>fg</sup>	-1.00±0.00 <sup>abc</sup>
	5.0	532.17±31.01 <sup>bcd</sup>	271.52±15.81 <sup>bcd</sup>	412.48±19.90 <sup>bcd</sup>	-1.17±0.75 <sup>abc</sup>

<sup>1)</sup>SSB was solar salt bittern, DSB was dehydrated salt bittern, CSW was concentrated sea water, and BSS was bittern from solar salt during storage.

<sup>2)</sup>This was the percentage of added bittern against the volume of soy milk or MgCl<sub>2</sub> against the weight of soybean.

<sup>3)</sup>The same letters in column were not different (p<0.05).

**Table 5. Sensory properties and crude protein of soybean curds prepared with various coagulants.**

Characteristics	Coagulant <sup>1)</sup>				
	SSB	DSB	CSW	MgCl <sub>2</sub>	
Texture	Hardness	5.857±1.952 <sup>2)</sup>	6.143±1.574 <sup>a</sup>	5.142±1.574 <sup>a</sup>	7.000±1.826 <sup>a</sup>
	Softness	5.429±1.718 <sup>ab</sup>	5.714±1.604 <sup>ab</sup>	6.857±1.069 <sup>b</sup>	4.714±1.704 <sup>a</sup>
	Moistness	4.714±3.039 <sup>a</sup>	4.857±2.610 <sup>a</sup>	6.571±2.149 <sup>a</sup>	4.429±2.573 <sup>a</sup>
	Adhesiveness	4.571±1.902 <sup>a</sup>	5.571±1.512 <sup>a</sup>	4.714±1.704 <sup>a</sup>	4.429±2.299 <sup>a</sup>
Taste	Bitter	3.143±2.545 <sup>a</sup>	2.429±1.397 <sup>a</sup>	2.429±0.976 <sup>a</sup>	3.429±2.225 <sup>a</sup>
	Salty	3.000±2.380 <sup>a</sup>	3.143±1.069 <sup>a</sup>	2.571±0.976 <sup>a</sup>	2.714±2.289 <sup>a</sup>
	Burned	2.143±1.952 <sup>a</sup>	1.857±1.676 <sup>a</sup>	1.714±1.380 <sup>a</sup>	1.857±1.864 <sup>a</sup>
	Roasted nutty	5.000±1.633 <sup>a</sup>	5.571±1.272 <sup>a</sup>	6.571±1.813 <sup>a</sup>	5.571±1.512 <sup>a</sup>
	overall	6.417±1.248 <sup>a</sup>	6.375±1.279 <sup>a</sup>	6.417±1.349 <sup>a</sup>	5.875±1.801 <sup>a</sup>
Color	6.333±1.239 <sup>a</sup>	6.917±1.213 <sup>ab</sup>	7.125±1.154 <sup>b</sup>	6.875±0.992 <sup>ab</sup>	
Flavor	6.333±1.404 <sup>a</sup>	5.958±1.459 <sup>a</sup>	6.417±1.139 <sup>a</sup>	5.917±1.530 <sup>a</sup>	
Total preference	6.500±1.180 <sup>b</sup>	6.587±1.030 <sup>b</sup>	6.696±0.876 <sup>b</sup>	5.813±1.420 <sup>a</sup>	

<sup>1)</sup>SSB was solar salt bittern, DSB was dehydrated salt bittern, CSW was concentrated sea water, and BSS was bittern from solar salt during storage. 1.0% bitterns were added to soymilk and 2.0% MgCl<sub>2</sub> was added to soymilk against the weight of soybean.

<sup>2)</sup>The same letters in row were not different (p<0.05).

### 간수의 종류에 따른 두부의 관능 평가

각 간수의 첨가 농도는 두유 양에 대하여 1.0%인 두부와 대두 무게에 대해 2%  $MgCl_2$ 를 첨가한 두부를 선택하여 간수 종류에 따른 두부의 관능검사를 실시하여 조직감과 맛을 관찰하였다(Table 5). Na 함량이 높았던 BSS로 제조한 두부는 짠 맛이 높게 나와 관능검사에서 제외하였다(data not shown).  $MgCl_2$ 를 비롯하여 SSB, DSB, CSW를 이용하여 제조한 두부는 모두 향미, 맛에 차이가 없었지만 혀에서 느끼는 조직감과 색 항목에서 차이가 확인되었다.

견고성, 점착성, 촉촉함 항목에서 각 응고제에 따른 유의적 차이가 없었으나 부드러움은 관능 평가의 견고성과 기계적 물성 측정 항목 중의 견고성이 가장 낮게 나타난 CSW로 제조한 두부가 가장 높았고  $MgCl_2$ 로 제조한 두부가 가장 낮았다. 그러나 간수로 제조한 두부는 상호간에 유의적인 차이가 없었고 이들은 모두  $MgCl_2$ 로 제조한 두부보다 수분 함량이 높았다(Table 2). 이러한 결과는 두부의 부드러움이 낮을수록 수분 함량이 낮다고 보고된 문헌과 유사하였다(12). 색 항목에서 CSW로 제조한 두부가 다른 두부들에 비해 높은 점수를 받았으며, 이는 다른 두부에 비해 압착 후 두부 내부의 기포 형성이 적고 흰 색의 두부를 형성했기 때문으로 판단된다. 맛 항목에서는 응고제 종류에 따라 유의적인 차이가 확인되지 않았다. 그러나 전체적인 기호도는  $MgCl_2$ 를 사용한 두부보다 간수를 사용한 두부가 높은 점수를 받았으며, 특히 간수 종류에 따른 유의차는 없었다.

### 요 약

본 연구에서는 소금 제조에 따른 부산물인 간수를 사용해 두부를 제조하고 이의 수율과 미네랄 분석, 조직감 특성 및 관능평가를 실시하였다. 간수는 천일염 간수(SSB), 탈수염 간수(DSB), 함수(CSW) 및 숙성 천일염 간수(BSS)를 사용하였고 10° Brix의 두유에 대해 간수를 0.8~1.7%의 농도로 하여 10% (v/v) 부피로 첨가하여 두부를 제조하였다. BSS는 다른 간수에 비해 Na 함량이 1.5~2.0 배 더 높았으나 모든 간수의 Mg의 함량은 유사하였다. 두부 수율은 함수(CSW)를 제외하고 첨가량에 따른 유의차는 없었으나 ( $p < 0.05$ ), 탈수염 간수(DSB)와 CSW가 가장 높았다.  $MgCl_2$ 에 비해 간수를 사용한 두부에서 Na와 K의 함량이 높았고 간수 중 1.7%를 첨가한 경우를 제외하고 CSW로 제조한 두부에서 다른 간수와 달리 Pb가 검출되지 않았다. 두부의 기계적 물성 중 부착성은 사용한 간수에 따른 유의차는 없었으나 DSB와 CSW로 제조한 경우 견고성이 다른 응고제에 비해 낮았다. 관능평가 결과, 전체적인 기호도와 부드러운 조직감 항목에서  $MgCl_2$ 에 비해 간수를 사용하여 제조한 두부가 높게 평가받았고 특히 CSW로 제조한 두부가 가장 부드러운 것으로 나타났다. 그러므로 CSW는 수율이

높고 부드럽고 맛이 좋으며 중금속 함량이 낮은 두부를 제조하는데 적합할 것으로 판단된다.

### 참고문헌

1. Korea Food and Drug Administration (2011) Korean Foods Standard Codex I. Korea Food Industry Association, Seoul, Korea, p 84-85
2. Lee HJ, Hwang IK (1994) Textural characteristics and microstructure of soybean curds prepared with different coagulants. Korean J soc Food Sci, 10, 284-290
3. Schroder DJ, Elliot JI, Jackson H (1973) Nutritional studies on soybean curd produced by calcium sulfate precipitation of soybean milk. J Food Sci, 38, 1091-1092
4. Chang ICL, Murry HC (1949) Biological value of protein and the mineral, vitamin and amino acid content of soymilk and curd. Cereal Chem, 26, 297
5. Kang HY (1997) Tofu taste and quality as affected by coagulants. Korean Soybean Digest, 14, 37-42
6. Kim GW, Kim GH, Kim JS, An HY, Hu GW, Son JK, Kim OS, Cho SY (2008) Quality of tofu prepared with deep seawater as coagulant. J Kor Fish Soc, 41, 77-83
7. Han SB (2005) Management system of tofu in Korea. Food Industry Nutr, 10, 1-5
8. Ha JO, Park KY (1998) Comparison of mineral contents and external structure of various salts. J Korean Soc Food Sci Nutr, 27, 413-418
9. Shin TS, Park CK, Lee SH, Han KH (2005) Effects of age on chemical composition in sun-dried salts. Korean J Food Sci Technol, 37, 312-317
10. Korea Food and Drug Administration (2010) Notification No. 2010-82 of Korea Food & Drug Administration, Seoul, Korea
11. Kim CJ (1998) Processing and utilization of tofu. J East Asian Soc Dietary Life, 8, 508-535
12. Lee SM, Hwang IK (1997) Texture characteristics of soybean curds prepared with different coagulants and compositions of soybean-curd whey. Korean J Soc Food Sci, 13, 78-85
13. Baik YK, Kim SH, Park I (2008) Quality characteristics of mugwort-tofu with various salts. J Korean Soc Food Sci Nutr, 37, 1307-1311
14. 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

15. 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
16. Kim PG, Park ME, Sung KY, Lim ST, Oh SM (2009) Comparative study on distribution of heavy metals of the surface sediments in East/West oceanic dumping areas. *Econ Environ Geol*, 42, 121-131
17. Kim KT, Kim ES, Ra KT, Moon DS, Kim HJ (2009) Introduction of clean techniques for trace metal analysis in seawater. *J Korean Soc Marine Environ Safety*, 15, 157-164
18. Kim MH, Lee YD, Park HJ, Park SK, Lee JO (2005) Contents of heavy metals in soybean curd and starch jelly consumed in Korea. *Korean J Food Sci Technol*, 37, 1-5
19. Kim DW, Ko SN, Kim WJ (1994) Effects of the mixed coagulants ratio on SPI-tofu characteristics. *J Korean Soc Food Nutr*, 23, 98-103
20. Metussin R, Alli I, Kermasha S (1992) Micronization effects on composition and properties of tofu. *J Food Sci*, 57, 418-422
21. Park CK, Hwang IK (1994) 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, 155-158
22. Oh YJ, Lee SP, Kim CS (2004) Optimization for the industrial production of traditional Jeju tofu. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 33, 603-608
23. Kim TY, Kim JM, Yoon IN, Chang CM (1994) Changes in chemical components of soybean cheese making from cow's milk added soybean curd. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 23, 837-844

---

(접수 2012년 10월 9일 수정 2013년 1월 10일 채택 2013년 1월 10일)