

젖산칼슘을 응고제로 한 두부의 품질특성과 저장성

이명예 · 김순동[†]

대구가톨릭대학교 식품산업학부 식품공학전공

Shelf-life and Quality Characteristics of Tofu Coagulated by Calcium Lactate

Myung-Ye Lee and Soon-Dong Kim[†]

Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Food Science and Industrial Technology,
Catholic University of Daegu, Gyeongsan 712-702, Korea

Abstract

To investigate the utilization of calcium lactates (CaL) as coagulants for tofu manufacture, the quality characteristics and shelf-life of tofu made by CaL-P (black snail powder) and CaL-A (black snail ash) were investigated and compared to calcium chloride (CC), magnesium chloride (MC), calcium sulfate (CS) and standard calcium lactate (CaL-S). And also, total microbe and turbidity of the tofu were determined during storage at 10°C. Coagulation ability of CaL-A was the highest, and the ability of CaL-P was higher than that of CaL-S. Yield of CaL-A tofu was similar to those of CS and CC tofu, while the yield of CaL-P tofu was 50% compared to that of CC. L* value of CaL-P tofu was lower, but a* and b* values were higher than those of other tofus. The hardness of tofu showed in the order of CaL-S>CS>CC>CaL-P>MC>CaL-A, while the cohesiveness showed in the order of MC>CaL-S>CC>CS>CaL-P>CaL-A. Calcium contents were 57 mg% in MC tofu, 174 mg% in CS tofu, 116 mg% in CaL-S tofu, 95 mg% in CaL-A tofu and 172 mg% in CaL-P tofu. From the results of microscopic observations, the lower hardness showed the more soft and the smaller particle. The particle of CaL-A tofu was small and uniformity but the size of CaL-P and CC tofu showed coarse. Sensory quality of CaL-P and -A tofu were better than the other tofu evaluated by texture, springiness, flavor and overall taste. The shelf-life estimated by total microbe was 4~6 days in CC, MC, CS, CaL-S and CaL-A tofu, but 8 days in CaL-P tofu at 10°C. From the above results, the CaL-P and -A may believe to use as coagulant for tofu manufacture due to its softened taste and enhanced shelf-life, and higher calcium content which has higher absorbability in human body.

Key words: tofu, calcium lactate, black snail, quality, shelf-life

서론

두부는 가열한 두유에 칼슘이나 마그네슘을 함유하는 염류를 가하였을 때 두유단백질인 glycinin과 글리시이온이 반응하여 생긴 응고물이며 이때 두유 내에 존재하는 다양한 영양 성분이 함께 존재하는 우수한 식품이다(1). 그러나 수분함량이 80% 이상으로 높고, 콩에 존재하는 미생물이 두부로 이행되어 보존성을 떨어뜨린다(2). 두유에는 칼슘과 반응하여 불용성의 칼슘염을 만드는 phytic acid가 함유되어 있어 칼슘의 이용성을 저하시키며, 또한 두부 제조 시에 사용하는 칼슘염은 맛과 수율이 좋은 황산칼슘을 사용하고 있으나 해리도가 매우 낮아 칼슘의 체내 이용성이 낮다. 해리도가 높은 calcium chloride는 수율이 낮고 맛이 좋지 않은 것으로 알려져 있다(3). 따라서 두부는 섭취량이 부족한 칼슘을 함유하는 염류를 사용하여 제조되고 있음에도 실제로 이용 가능한 칼슘의 함량은 낮은 편으로 칼슘의 체내 흡수와 보존성을 증진

시킬 수 있는 새로운 응고제에 관한 연구가 요망되고 있다. Park과 Hwang(4)은 응고제의 농도가 두부내의 칼슘과 인의 함량에 미치는 영향을 조사하였으며, Lee와 Hwang(5)은 응고제를 달리하여 제조한 두부의 텍스처 특성을 분석하였다. Kim 등(3)은 콩가루를 이용한 두부제조 시 품질에 미치는 응고제의 종류와 농도를 연구하였으며, Choi 등(6)은 응고제를 달리한 천연물을 첨가한 두부 제조에 있어서 응고제의 영향을 연구하였으나 기존에 사용되고 있는 응고제를 대체할 수 있는 칼슘의 체내 흡수력이 높은 응고제에 관한 연구는 거의 보이지 않는다.

한편, 젖산칼슘은 무독성의 수용성 유기칼슘으로 빵, 두유, 오렌지쥬스, 요거트 등 각종 식품에 칼슘의 보충제로 사용되고 있으며(7-9), 항균작용, 골밀도 증진 등의 효과(10,11)가 있는 것으로 보고되었으며 일반적으로 CaCO₃로 제조되고 있다.

본 연구에서는 최근 식육과 인스턴트식품의 과식으로 체내 칼슘의 부족과 이로 인한 각종 성인병 발생이 사회문제로

[†]Corresponding author. E-mail: kimsd@cu.ac.kr
Phone: 82-53-850-3216, Fax: 82-53-850-3216

대두되고 있음에 따라 체내 흡수력이 양호한 칼슘을 강화한 두부제조를 목적으로 전보(12)에서 제조한 젓산칼슘을 이용하여 두부를 제조하였으며 여타 응고제와의 품질을 비교하는 동시에 저장성을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

두부 제조용 대두는 국내산 은하콩(*Glycine max* L. *Eunha*)으로 4°C에서 보관하면서 공시하였다. 다슬기(*Semisulcopira bensoni*)는 북한산을 경주 아화영농조합에서 분양 받아 60°C에서 충분히 건조시킨 후 100 mesh로 분쇄한 분말을 사용하였다. 응고제는 Table 1과 같이 calcium chloride(CC), magnesium chloride(MC), calcium sulfate(CS), calcium lactate(standard: CaL-S), 다슬기로부터 만든 calcium lactate (CaL-A, CaL-P)를 사용하였다.

다슬기로부터 젓산칼슘의 제조

젓산칼슘의 제조는 다슬기분말로 만든 것(CaL-P)과 다슬기분말을 회화시킨 것으로 만든 것(CaL-A)으로 나누어 전보(12)에 준하여 제조하였다. 10% lactic acid 100 mL을 냉각장치를 부착한 500 mL의 삼각 플라스크에 넣은 후 magnetic stirrer를 부착한 hot plate(Misung, MS-300, Korea)상에서 70~80°C로 가열하면서 다슬기분말과 그 회화분을 가하여 pH 7.0까지 중화시켰다. Glass filter로 여과하여 얻은 여액을 120°C에서 3시간 건조시켜 무수 calcium lactate를 얻었다.

두유의 제조와 응고력 측정

두유는 Park과 Hwang(4)의 방법에 준하여 제조하였다. 깨끗이 씻은 대두에 4배량의 증류수를 가하여 12시간 수침시켰다. 콩을 건져 물기를 제거한 후 원료 콩 무게의 8배량의 증류수를 가하면서 Blender(SJM-557L, Sung Kwang Co. Ltd, Korea)로 약 3분간 파쇄한 후 10분간 저어주면서 끓인 뒤 면포에 넣어 압착하여 미지를 분리하고 두유를 얻었다. 두유는 80°C로 유지시킨 후 35 mL의 원심관에 25 mL씩 취하여 10%로 조정된 응고제 용액을 두유에 대하여 0.2~0.5% 범위로 첨가한 후 생성된 침전물을 3,000×g에서 15분간 원심분리하여 중량을 측정하였으며 응고력은 두유 100 mL에서 얻어진 침전물의 양으로 나타내었다.

두부의 제조

두유 1000 mL를 끓인 후 80°C로 유지시키고 10% 농도로

조정된 각 응고제 용액을 가하여 응고시킨 후 면포를 간 두부틀(32×16×10.5 cm)을 사용하여 2.5 kg/100 cm²의 압력으로 두부를 제조하였다. 이때 사용한 응고제는 응고력 시험에서 가장 양호한 농도로 첨가하였다.

수율 측정

두부의 수율은 대두량에 대하여 가수량을 8배로 하고 이때 얻어진 두유 1 L로부터 만들어진 생두부의 무게를 측정 후 두유량에 대한 %로 나타내었다.

색상의 측정

두부의 색상은 절단면을 색차계(Chromameter CR 200, Minolta, Japan)를 사용하여 L*(lightness), a*(redness), b*(yellowness) 값을 측정하였다.

텍스처 측정

텍스처는 두부를 1×1×1 cm의 크기로 절단하여 Rheometer(Compac-100, Sun Scientific Co., Japan)을 사용하여 견고성(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 점착성(gumminess) 및 파쇄성(brittleness)을 측정하였으며, 측정조건은 sample width, sample height 및 sample depth를 각각 20 mm, sample moves 10 mm, table speed 60 mm/min, probe diameter 10 mm로 하였다.

칼슘함량의 측정

두부 10 g을 예비 건조한 후 회화로(HY-4500, Hwashin Co., Korea)를 사용하여 600°C에서 회화시킨 후 얻은 회분에 6 N HCl 5 mL을 4회 가하여 충분히 용해시킨 후 25 mL로 정용하고 여과지(Whatman No. 6)로 여과하여 ICP-AES (JY 38 Plus, France)로 분석하였다. 분석조건은 frequency 40.66 MHz, plasma gas flow 12 L/min, sheath gas flow 0.2 L/min, auxiliary gas flow 0.1 L/min, sample flow rate 1 L/min으로 하였다.

현미경 관찰

두부를 1×1×1 cm 크기로 절단하여 동결기(MDF-V 2086S, Sanyo, Japan)로 동결시킨 후 동결건조기(Pvtfd 20k, Ilshin Lab, Korea)로 건조시켰다. 다음에 Carbon Coater(108-CA, Jeol, Japan)를 사용하여 도금한 후 가 전압 15 kV, 전류 10 μA의 주사형 전자현미경(SEM-6335F, Jeol, Japan)를 이용하여 500배로 관찰하였다.

관능검사

관능검사는 35명의 관능요원에 의해 두부의 질감, 견고성,

Table 1. Coagulants and its abbreviations for preparation of tofu

Abbreviations	Coagulants	Remarks
CC	CaCl ₂ · 2H ₂ O	Ultrapure reagent, Duksan Pharmaceutical. Co. Ltd., Korea
MC	MgCl ₂ · 6H ₂ O	Ultrapure reagent, Duksan Pharmaceutical. Co. Ltd., Korea
CS	CaSO ₄ · 2H ₂ O	Ultrapure reagent, Junsei Chemical. Co. Ltd., Japan
CaL-S	Ca(CH ₃ CHOHCO ₂) ₂ · 5H ₂ O	Ultrapure reagent, Duksan Pharmaceutical. Co. Ltd., Korea
CaL-A	Ca(CH ₃ CHOHCO ₂) ₂	Prepared from ash of black snail
CaL-P	Ca(CH ₃ CHOHCO ₂) ₂	Prepared from powder of black snail

탄력성, 풍미, 비린맛, 뽀은맛 종합적인 맛을 5점 척도법(13)으로 측정하였다. 즉, 질감, 탄력성, 풍미 및 종합적인 맛은 아주 좋다(5점), 좋다(4점), 보통이다(3점), 나쁘다(2점), 아주 나쁘다(1점)로 하였으며, 견고성, 비린맛, 뽀은맛은 아주 강하다(5점), 강하다(4점), 보통이다(3점), 약하다(2점), 아주 약하다(1점)로 평가하였다.

총균수와 탁도의 측정

성형된 두부를 10×10×2 cm의 크기로 절단하여 멸균된 비이커에 넣은 후 두부량에 대하여 2.5배의 증류수를 가하였다. 다음에 polyethylene film으로 밀봉하여 10°C에 15일간 저장하였으며 저장 중 총균수와 침지액의 탁도를 측정하였다. 총균수는 두부와 침지액과 함께 Polytron homogenizer (PT-1200C, Swizerland)로 파쇄한 후 0.1% peptone 용액으로 단계적으로 희석하여 plate count agar(Difco) 배지에 접종하여 37°C의 항온기에서 48시간 배양한 후 생성된 colony를 계수하였으며(14), 탁도는 침지액을 여과지(Whatman No. 5)로 여과한 후 여액의 흡광도(600 nm)를 spectrophotometer (UV-160A, Shimadzu, Japan)로 측정하였다(15).

통계처리

분석은 3회 반복하여 평균치 또는 평균치±표준편차로 나타내었으며 관능검사 결과는 관능요원 35명의 평균치로 나타내었다. 평균치의 유의성 검증은 SPSS(Statistical Package Social Science, version 7.5)를 이용하여 Duncan' multiple range test를 행하였다.

결과 및 고찰

두부의 응고력과 수율

응고제에 따른 응고력을 측정한 결과는 Table 2와 같다. 응고제별로 가장 높은 응고력을 나타내는 농도는 10%(w/v) 염화칼슘과 염화마그네슘을 첨가하였을 때 각각 0.4%(v/v)이었다. 황산칼슘은 0.2~0.3%에서는 응고물이 생성되지 않

Table 2. Amounts of precipitate from soymilk by treatment of different concentration of coagulants

Coagulants ¹⁾	Concentration (% , v/v)				
	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
CC	32.53 ^{dc(2)}	35.27 ^{cC}	37.52 ^{aA}	36.28 ^{obA}	35.50 ^{cA}
MC	34.98 ^{cB}	37.64 ^{abB}	38.02 ^{aA}	37.60 ^{abA}	36.51 ^{bA}
CS	- ³⁾	-	27.00 ^{cC}	34.97 ^{bB}	35.59 ^{aA}
CaL-S	-	29.20 ^{cE}	31.28 ^{obB}	32.56 ^{cC}	30.23 ^{bcB}
CaL-A	36.88 ^{bA}	38.52 ^{aA}	37.20 ^{abA}	36.24 ^{bcA}	35.50 ^{cA}
CaL-P	28.08 ^{cd}	33.05 ^{ad}	29.68 ^{bB}	28.32 ^{cd}	27.71 ^{cdC}

¹⁾Abbreviations: See Table 1. All coagulants was adjusted to 10% (w/v) then added 3~5 mL to 1 L of heated soymilk.

²⁾Values are means of triplicate determination, different superscripts within a row (a~d) and column (A~D) indicates significant differences at p<0.05.

³⁾The precipitate was not formed.

았으며 0.4%부터 응고가 시작되었고 0.6%에서 가장 높은 응고력을 보여 타 응고제에 비하여 응고력이 낮았다. 표준품으로 사용한 젖산칼슘(CaL-S)은 0.5%이었다. 다슬기로 제조한 젖산칼슘인 CaL-A와 CaL-P는 다같이 0.3%를 나타내어 표준품 젖산칼슘의 0.5%보다 낮은 농도의 사용이 가능하였다. 가장 높은 응고력을 나타내는 농도에서의 응고제별 응고력은 CaL-A>MC>CC>CS>CaL-P>CaL-S 순으로 나타났으며 CaL-A 및 CaL-P는 표준품으로 사용한 젖산칼슘인 CaL-S보다 높은 응고력을 나타내었다.

Kim 등(16)은 80°C에서의 두유의 응고는 10% 염화칼슘과 10% 염화마그네슘의 경우 각각 0.3%와 0.4%에서 시작된다고 하였으나 본 실험에서는 0.2%의 농도에서 32.53~34.98 g/100 mL을 나타내어 상이한 결과를 나타내었다. 또, 황산칼슘이 다른 응고제에 비하여 높은 농도가 필요한 현상은 응해도가 낮은 때문이라 생각되며(3), Lee와 Hwang(17)의 응고제를 달리하여 제조한 두부의 질감과 구조특성의 연구에서 황산칼슘이 다른 응고제에 비해 높은 농도에서 응고가 된다는 연구결과와 일치한다. 또 응고제의 농도가 적정수준 이상 이 될 경우 응고력이 다시 감소하는 현상은 Lee와 Hwang(5)의 설명에서와 같이 과잉의 Ca²⁺이나 Mg²⁺가 단백질 응고를 방해하기 때문으로 생각되며, Kim 등(18)과 Saio(19)는 응고제에 따른 응고개시 최저농도의 차이는 두유 제조시 가수량, 분쇄도, 응고온도 및 단백질 내 disulfide 결합수와 관계가 있다고 하였다.

두유 1 L에 응고제 용액을 최저농도로 첨가하였을 때 얻어진 두부의 수율은 Table 3과 같다. CC의 경우 수율은 358.9 g/100 mL이었으며 다슬기회화분으로 만든 CaL-A의 경우는 CC의 110%로 가장 높은 수율을 나타내었다. MC와 CS의 수율은 각각 CC의 103 및 92%이었으며, 젖산칼슘의 표준품으로 사용한 CaL-S와 다슬기분말로 만든 CaL-P는 각각 CC의 50% 및 82%로 다슬기 젖산칼슘이 시판 젖산칼슘에 비하여 높은 수율을 나타내었다.

일반적으로 응고제에 따른 두부의 수율은 용해도 및 이온화 정도에 따라 달라지는 것으로 알려져 있으며(20), Ca⁺⁺가 Mg⁺⁺보다 단백질과의 반응성이 높아 빠른 침전을 보이며(21) 이에 따라 수율은 오히려 Mg⁺⁺의 경우가 높게 나타난

Table 3. Yields of tofu prepared with various coagulants

Coagulants ¹⁾	Yields (g/1 L)
CC	358.9 (100) ^{C1)}
MC	369.5 (103) ^B
CS	331.3 (92) ^D
CaL-S	179.5 (50) ^F
CaL-A	395.3 (110) ^A
CaL-P	294.8 (82) ^E

¹⁾Abbreviations: See Table 1. All coagulants adjusted to 10%, then added 3~5 mL to 1 L of heated soymilk.

²⁾Values are mean of triplicate determinations and parenthesis denotes percent of CC, different superscripts within a column (A~F) indicate significant differences at p<0.05.

것으로 생각되나 같은 2가 금속인 염화칼슘과 황산칼슘의 경우 후자에서 수율이 낮아 이들의 결과와 상이하였다. Lee와 Hwang(5)은 CS는 응고제 중에서 용해도가 가장 낮고 단백질과 반응이 서서히 이루어지기 때문에 두부의 수율이 응고제 중에서 가장 높다고 하였으며, Choi 등(6)은 CS의 적정 첨가 농도는 두유량에 대하여 2%라 하였다. 젖산칼슘의 경우 수율이 CaL-A>CaL-P>CaL-S 순을 나타낸 것은 결합수의 유무, 유기물질의 유무 및 타 금속의 함유정도와 관련이 있는 것으로 생각되는데 표준품으로 사용한 CaL-S는 5수염이며, CaL-P는 다슬기의 조직과 껍질이 함께 존재하는 분말로 제조하여 다슬기 육에 존재하는 다양한 유기물질이 함유되어 있으며, CaL-A의 경우는 Fe, Mn, Zn, Na 등과 같은 무기질(12)이 상당량 함유된 데 그 원인이 있는 것으로 사료된다.

색상

응고제의 종류를 달리하여 제조한 두부내부의 색상을 측정한 결과는 Table 4와 같다. L*값은 MC의 경우가 가장 높았으며, 다음으로 CS>CaL-S>CaL-A>CC>CaL-P 순으로 CaL-P에서 가장 낮았다. a*값은 CS<CC<MC<CaL-S<CaL-A<CaL-P 순으로 CS가 가장 낮고 CaL-P가 가장 높았으며, b*값은 CaL-A에서 가장 낮았고 CaL-P에서 가장 높았으며, 기타 응고제의 경우는 16.21±16.96의 범위를 나타내었다. 다슬기로부터 제조한 CaL-A와 -P는 다슬기껍질로부터 녹황색이 혼합되어 있어 이것이 두부로 이행되어 두부의 색상에 영향을 미친 것으로 사료된다.

Lu 등(21)은 칼슘염을 이용한 두부제조에서 응고제에 따

Table 4. Color of tofu prepared with various coagulants

Coagulants ¹⁾	L*	a*	b*
CC	82.72 ^{BC2)}	-1.72 ^{BC}	16.96 ^B
MC	84.17 ^A	-1.70 ^{BC}	16.94 ^B
CS	84.01 ^A	-1.80 ^C	16.42 ^B
CaL-S	83.11 ^B	-1.63 ^B	16.21 ^B
CaL-A	82.91 ^B	-1.54 ^{AB}	15.52 ^C
CaL-P	82.16 ^B	-1.12 ^A	22.16 ^A

¹⁾Abbreviations: See Table 1. All coagulants were adjusted to 10%, then added 3~5 mL to 1 L of heated soymilk.

²⁾Values are mean of triplicate determinations, different superscripts within a column (A~C) indicate significant differences at p<0.05.

Table 5. Texture of tofu prepared with various coagulants

Coagulants ¹⁾	Hardness (×10 ⁶ dyne/cm ²)	Cohesiveness (%)	Springiness (%)	Gumminess (g)	Brittleness (g)
CC	1.74 ^{C2)}	60.05 ^C	85.31 ^C	66.05 ^C	56.35 ^B
MC	0.98 ^D	75.08 ^A	134.56 ^A	42.04 ^D	56.57 ^B
CS	2.40 ^B	58.33 ^C	88.45 ^B	105.58 ^B	93.39 ^A
CaL-S	2.74 ^A	69.04 ^B	83.67 ^D	111.15 ^A	93.00 ^A
CaL-A	0.72 ^F	49.12 ^E	86.18 ^{BC}	32.42 ^E	27.94 ^D
CaL-P	1.14 ^D	51.73 ^D	89.35 ^B	51.73 ^C	46.22 ^C

¹⁾Abbreviations: See Table 1. All coagulants were adjusted to 10%, then added 3~5 mL to 1 L of heated soymilk.

²⁾Values are mean of triplicate determinations, different superscripts within a column indicate significant differences at p<0.05.

라 L*값은 66.1~67.5, a*값은 -1.50~-1.05, b*값은 8.4~9.6의 범위를 나타내었다고 하였으며 특히, 초산칼슘의 경우 백색에서 연황색을 나타내 가장 우수하였다고 하였다. 본 실험의 CaL-A 두부는 이들의 결과에서 보다 L*, b*값이 다소 높았는데 이는 대두의 품종과 두유제조 시 온도에 의한 영향으로 사료되며, CaL-P 두부는 L*값이 낮은 반면 a*, b*값이 높아 다른 응고제의 경우보다 다소 어두운 두부가 되었다.

텍스처

응고제에 따른 두부의 텍스처를 조사한 결과는 Table 5와 같다. 견고성은 CaL-S>CS>CC>CaL-P>MC>CaL-A 순으로 높았다. 이러한 현상은 두부의 수율에서와 마찬가지로 응고제의 특성과 밀접한 관련이 있는 것으로 생각된다. Moon 등(22)의 연구에서는 두부의 견고성은 CS의 경우가 가장 높고, MC가 CC보다 높다고 하였으며, Saio(19)는 CS의 경우 농도는 물론 응고시에 젓는 정도 등 제조시의 조건에 상당한 영향을 받는다고 하였다. 두부의 견고성은 두유 내 고형분의 함량, 응고제 첨가량, 단백질 함량과 조성에 따라서 크게 영향을 받으며(4), 또한 응고제 마다 단백질과의 결합하는 양이 다르므로 응고제의 양이 부족하거나 과잉이 될 경우 응고되지 못하여 유출되거나 과잉의 응고제가 두부형성을 오히려 저해함으로써 수율은 물론 견고성에 영향을 주게된다(23).

응집성은 MC>CaL-S>CC>CS>CaL-P>CaL-A 순으로 CaL-P, CaL-A는 다른 응고제에 비해 낮은 값을 보였다. 탄력성은 MC가 가장 높았고, 젖산칼슘 중에서는 CaL-P>CaL-A>CaL-S 순으로 다슬기 젖산칼슘이 표준품 젖산칼슘보다 높았으며 CaL-P는 CS의 경우와 비슷하였다.

Mulvihill과 Kinsella(24)는 단백질의 겔 형성은 단백질과 단백질, 단백질과 용매 사이의 인력에 의하여 이루어지는데 단백질의 3차원 망이 물을 보유하여 탄력성을 나타낸다고 하였으며, 응고가 빠르면 단백질이 일정한 모양을 갖추지 못하여 단단한 두부가 되나 이수현상을 가져온다고 하였다. 결과적으로 CaL-P와 CaL-A 두부는 견고성이 낮은 반면 부드럽고 탄성이 높은 특성을 보였다.

칼슘함량

두부의 칼슘함량을 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 칼슘함량은 CC>CS>CaL-P>CaL-S>CaL-A>MC 순으로 칼슘

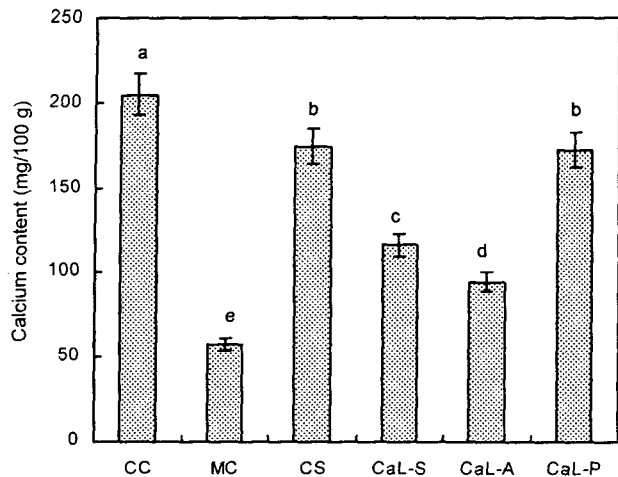


Fig. 1. Calcium content of tofu prepared with various coagulants.

Abbreviations: See Table 1. Values are mean \pm standard deviations (SDs) of triplicate determinations, different superscripts on a bars indicate significant differences at $p < 0.05$.

염을 사용한 경우는 116.12~204.48 mg/100 g이었으며, MC 두부는 57.1 mg으로 낮았다. Kim 등(23)은 두부의 칼슘함량은 응고제에 따라 큰 차이를 보이며 칼슘염을 사용한 경우는 마그네슘염이나 산을 사용한 경우보다 2-3배 높았다고 하였다. 다슬기로 제조한 CaL-P 두부의 칼슘함량은 172.08 mg/100 g으로 CS 두부와 대등한 함량을 나타내었으나 CaL-A 두부는 94.51 mg/100 g으로 다소 낮은 값을 보였다. Kim 등(16)은 우유를 첨가한 CC 두부의 칼슘함량은 1622.5 mg%이라 하였으며, Kim 등(25)은 해조류를 첨가한 CC 두부는 무첨가에 비하여 1.5~2배가 증가한다고 하였다.

이상의 결과 일반적으로 사용하고 있는 CS는 칼슘의 해리도가 낮아 칼슘의 체내 이용성에 문제가 있는 것으로 사료되며 흡수력 양호한 젖산칼슘을 두부에 적극 활용하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

현미경 관찰

응고제를 달리하여 제조한 두부의 미세구조를 전자현미경으로 관찰한 결과는 Fig. 2와 같다. 두부의 미세구조는 응고제에 따라 상당한 차이를 보였는데, 텍스처 측정에서 나타난

결과와 연관해서 견고도가 낮고 부드러울수록 입자가 작고 균일한 구조를 보였다. CaL-A와 MC 두부가 대체적으로 작고 균일한 구조를 나타내었으며, CaL-P와 CC는 구조가 불규칙적이며 큰 형태를 나타내었다. CaL-S와 CS 두부는 입자의 형태가 매우 컸다. Lee와 Hwang(17)은 부드러운 GDL (glucono- δ -lactone)을 응고제로 한 두부와 CS 두부는 입자의 크기가 작고 균일하며 망상구조를 나타낸다고 하였으며, CC, MC 두부는 반대로 단백질의 큰 집합체를 나타내며 망상구조를 이루는 구멍의 크기가 크고 불규칙하여 거칠다고 하였다. 본 실험에서는 CS 두부에서 망상구조가 큰 형태를 보여 차이를 나타내었다. 그러나 대체적으로 단백질 집합체의 형태가 클수록 단단해진다는 연구와 비슷한 경향을 나타냈다.

관능적 품질

관능검사를 행한 결과는 Table 6과 같다. MC, CC, CaL-S 두부는 타 두부에 비하여 질감과 탄력성은 낮았고 견고성은 보통이었으나 CC 두부의 견고성은 비교적 높았다. CC 두부의 풍미는 다른 응고제의 경우보다 낮았으나 짙은맛과 콩비린내는 높아 종합적인 맛의 평가치가 가장 낮았다. CS 두부는 질감, 탄성, 풍미는 높고 콩비린내, 짙은맛은 낮아 종합적인 맛이 높았다. 이러한 결과는 Lee와 Hwang(17)의 응고제를 달리하여 제조한 두부의 관능적인 특성에서 나타난 결과와 비슷한 양상을 보였다.

이에 비해 CaL-P, CaL-A 두부는 질감, 탄력성, 풍미가 매우 높았는데 특히 콩의 담백한 맛과 더불어 구수한 맛이 높은 것으로 평가되었다. 그러나 CaL-A의 경우 견고성이 낮았다. CaL-A, CaL-P의 자체적인 비린내와 짙은 맛에도 불구하고 예상과는 다르게 두부에서는 콩비린내와 짙은맛이 다른 응고제를 첨가한 두부보다 오히려 매우 낮게 나타나 종합적인 맛이 양호하였다. 결과적으로 CaL-A와 CaL-P를 응고제로 사용할 경우 두부의 품질특성 뿐 아니라 관능적 특성도 높게 나타났으며, 특히 CaL-P는 두부의 기호도를 높일 수 있는 응고제로서의 가치가 있는 것으로 판단된다.

저장중 총균수와 탁도의 변화

응고제를 달리하여 제조한 두부를 10°C에서 15일간 저장

Table 6. Sensory evaluation of tofu prepared with various coagulants

Coagulants ¹⁾	Texture ²⁾	Firmness ³⁾	Elasticity ⁴⁾	Flavor ⁵⁾	Beany flavor ⁶⁾	Astringent taste ⁷⁾	Overall taste ⁸⁾
CC	3.3 ^{C9)}	4.3 ^A	3.3 ^B	3.6 ^B	3.7 ^A	4.4 ^A	3.5 ^B
MC	3.9 ^B	3.3 ^B	3.5 ^B	3.8 ^B	3.2 ^B	4.0 ^{AB}	3.6 ^B
CS	4.0 ^B	3.5 ^B	3.7 ^{AB}	4.0 ^B	3.1 ^B	2.5 ^C	4.0 ^B
CaL-S	3.8 ^B	2.7 ^C	3.1 ^B	3.7 ^B	3.2 ^{AB}	3.5 ^B	3.7 ^B
CaL-A	4.7 ^A	3.3 ^B	4.0 ^A	4.0 ^B	3.0 ^B	2.0 ^D	4.4 ^{AB}
CaL-P	4.9 ^A	3.7 ^B	3.7 ^{AB}	4.7 ^A	2.7 ^B	1.7 ^D	4.6 ^A

¹⁾Abbreviations: See Table 1. All coagulants were adjusted to 10%, then added 3~5 mL to 1 L of heated soymilk.

^{2,4,5,8)}The scores of texture, elasticity, flavor and overall taste were evaluated from very poor (1 point) to very good (5 points).

^{3,6,7)}The scores of firmness, beany flavor and astringent taste were evaluated from very low (1 point) to very strong (5 points).

⁹⁾Values are mean of 35 panels, different superscripts within a column indicate significant differences at $p < 0.05$.

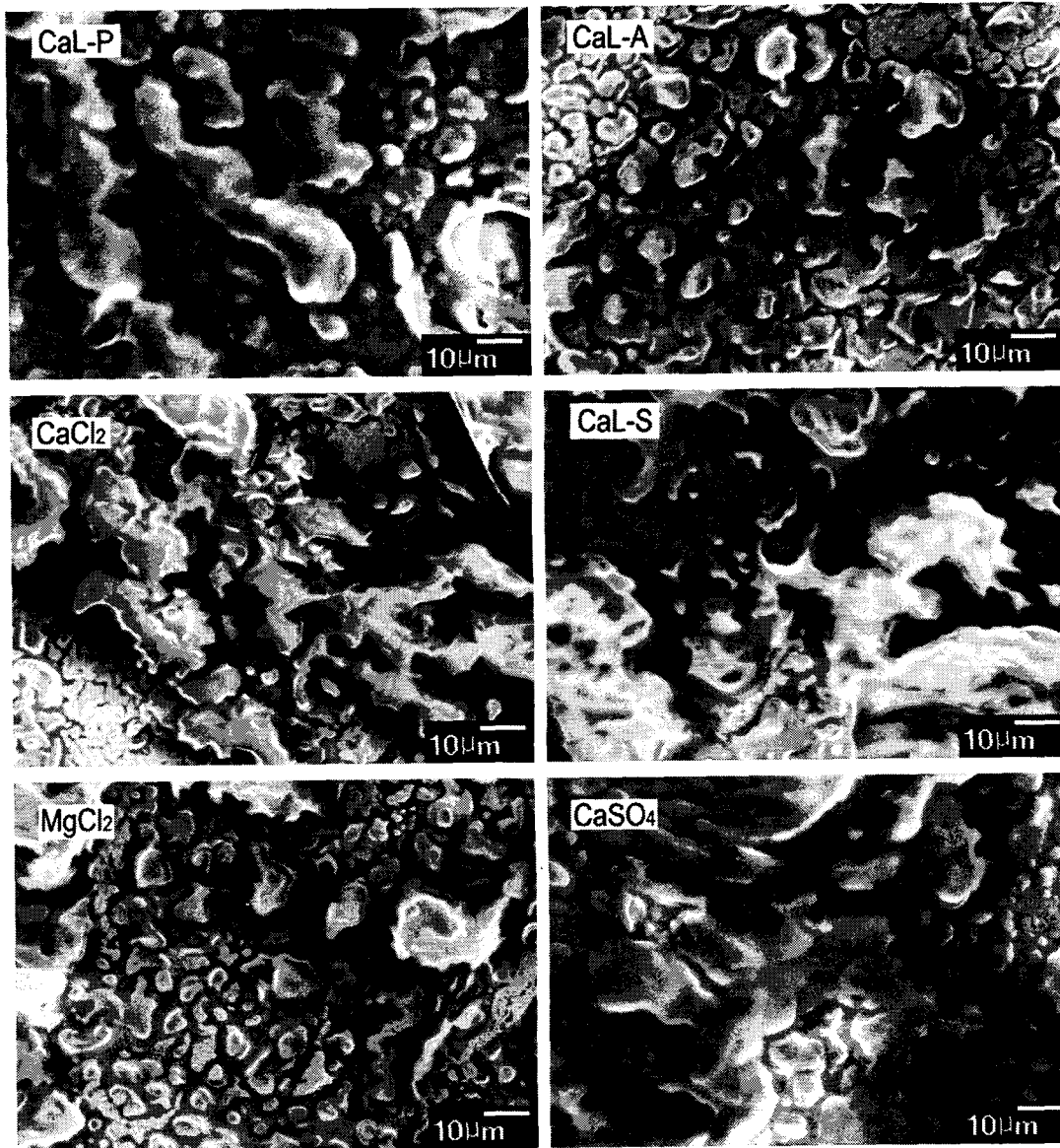


Fig. 2. Scanning electron microscopic photograph of tofu tissue ($\times 500$).
Abbreviations: See Table 1.

하면서 총균수 측정결과는 Fig. 3과 같다. 두부 제조 직후 총균수는 응고제 종류와 상관없이 3.95~4.11 log CFU/g으로 유의적인 차이가 없었으나 모든 구간에서 저장 10일째까지 급격히 증가하였다. 그 증가추세는 $CC > MC > CS > CaL-S > CaL-A > CaL-P$ 순으로 CaL-P에서 증가추세가 가장 낮았다. 저장 5일 및 10일의 총균수는 CaL-P의 경우 5.61 및 7.74 log CFU/g을 나타내었으나 타 응고제의 경우는 각각 6.40~6.54 log CFU/g 및 8.10~8.36 log CFU/g으로 높았다. Jung과 Cho(1)는 두부의 총균수가 10^7 CFU/mL에 이르면 부패가 시작된다고 하였는데 이 결과를 감안할 때 CaL-P 두부의 경우는 총균수가 10^7 CFU/g에 도달하는 기간이 약 8일이었으나 타 응고제의 경우는 4~6일로서 저장성이 현저하게 향상됨을 나타내었다. 녹차(1), 키토산(2) 등 첨가가 두부의 저장

성 향상에 미치는 영향에 관한 연구가 있으나 응고제가 저장성 향상에 영향을 주는 사례는 매우 적어 CaL-P의 산업적 활용이 기대된다. 저장중 두부 침지액의 탁도를 조사한 결과는 Fig. 4와 같다. 모든 구간에서 저장기간이 길어질수록 탁도가 증가하였다. 그러나 CaL-P와 -A의 경우는 탁도의 증가가 둔화되었으며 그 중에서도 CaL-P에서는 현저하였다.

침지액의 탁도 증가는 두부의 변질 시 생성되는 점질물과 미생물의 증가에 기인하는 것으로 알려져 있음(26,27)을 감안할 때 특히 CaL-P의 경우는 총균수의 결과와 일치하였으나 타 응고제의 경우는 다소 차이를 보였다. 이러한 결과를 미루어 볼 때 타 응고제의 저장성에 미치는 영향은 뚜렷하지 않은 것으로 판단된다.

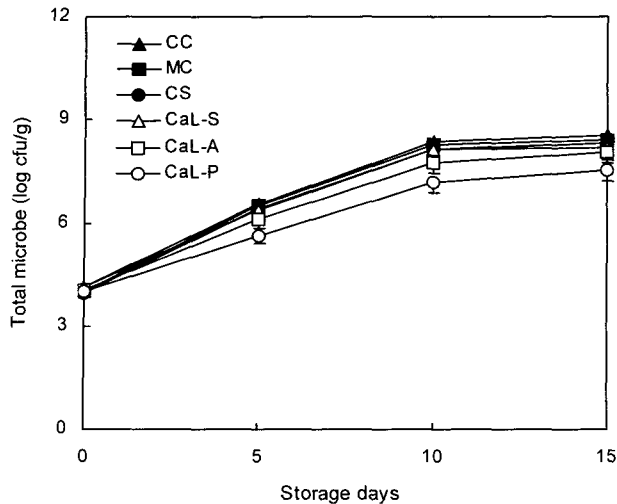


Fig. 3. Changes in number of total microbe of tofu prepared with various coagulants during storage at 10°C.

All coagulants were adjusted to 10%, then added 3~5 mL to 1 L of heated soymilk. Abbreviations: See Table 1. Values are mean \pm SDs of triplicate determinations.

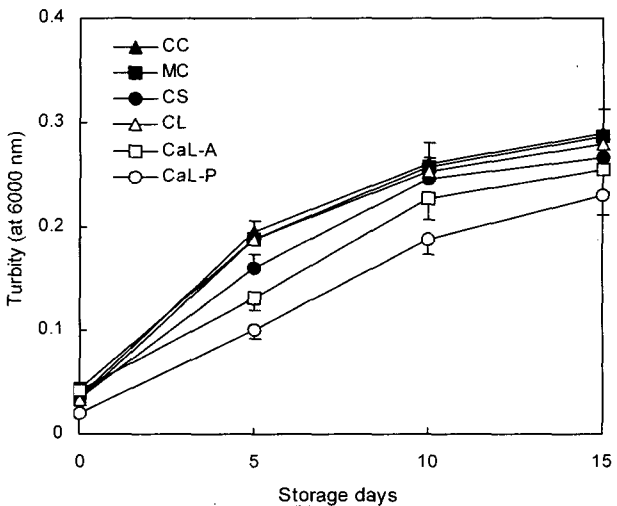


Fig. 4. Changes in turbidity of immersing water of tofu prepared with various coagulants during storage at 10°C.

All coagulants were adjusted to 10%, then added 3~5 mL to 1 L of heated soymilk. Abbreviations: See Table 1. Values are mean \pm SDs of triplicate determinations.

요 약

다슬기 분말과 그 회분으로 제조한 젖산칼슘인 CaL-P와 -A의 두부 응고제로의 이용성을 검토하기 위하여 염화칼슘(CC), 염화마그네슘(MC), 황산칼슘(CS) 및 표준품 젖산칼슘(CaL-S)과의 응고력, 수율, 색상, 텍스처, 칼슘함량, 미세구조 및 관능적 특성을 상호 비교하였으며 저장중의 총균수와 침지액의 탁도변화를 살펴보았다. 응고력은 CaL-A가 가장 우수하였으며 CaL-P의 경우도 CaL-S보다 높았다. CaL-A 두부의 수율은 CC 두부의 110%로 CS와 대등하였으나 CaL-P 두부의 수율은 CC의 50% 수준으로 낮았다. 응고제에

따른 두부의 색상은 뚜렷한 차이를 보이지 않았으나 CaL-P 두부는 L*값이 낮은 반면 a*, b*값이 높았다. 두부의 견고성은 CaL-S>CS>CC>CaL-P>MC>CaL-A 순, 응집성은 MC>CaL-S>CC>CS>CaL-P>CaL-A 순을 나타내었으며, 탄력성은 MC가 가장 높았다. 두부의 칼슘함량은 116.12~204.48 mg/100 g이었으나 MC 두부는 57.1 mg으로 낮았다. 두부의 미세구조는 견고도가 낮고 부드러울수록 입자가 작고 균일하였는데 CaL-A와 MC 두부가 대체적으로 작고 균일하였으며 CaL-P는 CC와 같이 불규칙하였다. CaL-P와 CaL-A 두부는 타 두부에 비하여 질감, 탄력성, 풍미가 좋고 종합적인 맛이 우수하였으며 CaL-A의 경우는 견고성이 낮아 부드러운 맛이 높았다. 총 균수로 평가한 10°C에서의 shelf-life는 타 응고제를 사용한 경우 4~6일을 나타내었으나 CaL-P는 8일로 연장되었다. 탁도도 CaL-P의 경우가 가장 낮았다. 이상의 결과 CaL-P와 -A는 두부의 품질을 높일 수 있음과 동시에 체내 흡수력이 높은 칼슘을 공급할 수 있어 산업적으로 많이 사용하고 있는 칼슘의 체내 이용율이 낮은 CS를 대체할 수 있는 두부 응고제로 바람직한 것으로 평가되었다.

문 헌

- Jung JY, Cho EJ. 2002. The effect of green tea powder levels on storage characteristics of tofu. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 18: 129-135.
- Chun KH, Kim BY, Son T, Hahm YT. 1997. The extension of tofu shelf-life with water-soluble degraded chitosan as immersion solution. *Korean J Food Sci Technol* 29: 476-481.
- Kim JY, Kim JH, Kim JK, Moon KD. 2000. Quality attributed of whole soybean flour tofu affected by coagulant and theirs concentration. *Korean J Food Sci Technol* 32: 402-409.
- 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: 355-358.
- 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.
- Choi YO, Chung HS, Youn KS. 2000. Effects of coagulants on the manufacturing of soybean curd containing natural materials. *Korean J Postharvest Sci Technol* 7: 249-255.
- Martin BR, Weaver CM, Heaney RP, Oackard PT, Smith DL. 2002. Calcium absorption from three salts and CaSO₄-fortified bread in premenopausal women. *J Agri Food Chem* 50: 3874-3876.
- Ranhotra GS, Gelroth JA, Leinen SD, Schneller FE. 1997. Bioavailability of calcium in breads fortified with different calcium sources. *Cereal Chem* 74: 361-363.
- Sharma M, Beuchat LR, Doyle MP, Chen J. 2001. Survival of salmonellae in pasteurized, refrigerated calcium fortified orange juice. *J Food Prot* 64: 1299-304.
- Shelef LA. 1994. Antimicrobial effects of lactates: a review. *J Food Prot* 57: 445-450.
- Wang YL, Wu H, Liu YB, Leblanc J. 1998. Newborn bone mineral density and health care during pregnancy. *J Bone Mineral Metab* 16: 190-192.
- Kim KT, Im JS, Kim SS. 1996. A study of the physical

- and sensory characteristics of ginseng soybean curd prepared with various coagulants. *Korean J Food Sci Technol* 28: 965-969.
13. Herbert A, Jeol LS. 1993. *Sensory Evaluation Practices*. 2nd ed. Academic Press, New York, USA. p 68-94.
 14. Lee YK, Kim SD. 2003. Preparation and characteristics of calcium lactate from black snail. *Nutraceuticals & Food* 8: 166-172.
 15. Kim DH, Lee KS. 1992. Effects of coagulants on storage of packed tofu. *Korean J Food Sci Technol* 24: 92-96.
 16. Kim RY, Kim JM, Cho NJ. 1994. Effect of coagulants on the quality of soybean curd added with cow's milk. *Agri Chem Biotechnol* 37: 370-378.
 17. Lee HJ, Hwang IK. 1994. Textural characteristics and microstructure of soybean curds prepared with different coagulants. *Lpream J Soc Food Sci* 10: 284-290.
 18. Kim JM, Baek SH, Hwang HS. 1988. Preparation of the tofu coagulant from egg-shell and it's use. *J Korean Soc Food Nutr* 17: 25-31.
 19. Saio K. 1979. Tofu-relationships between texture and fine structure. *Cereal Foods Worlds* 24: 342-346.
 20. Kang HY. 1997. Tofu taste and quality as affected by coagulants. *Korea Soybean Digest* 14: 37-42
 21. Lu JY, Carter E, Chung A. 1980. Use of calcium salts for soybean curd preparation. *J Food Sci* 45: 32-34.
 22. Moon SJ, Sohn KH, Kim YH. 1979. The study of textural characteristics of soybean curd prepared with various coagulants. *Korean Home Economics Association* 11-19.
 23. Kim HJ, Kim BY, Kim MH. 1995. Rheological studies of the tofu upon the processing conditions. *Korean J Food Sci Technol* 27: 324-328.
 24. Mulvihill DM, Kinsella JE. 1987. Gelation characteristics of whey proteins and β -lactoglobulin. *Food Tech* 41: 102.
 25. Kim DH, Lim MS, Kim YO. 1996. Effect of seaweeds addition on the physicochemical characteristics of soybean curd. *J Korean Soc Food Nutr* 25: 249-254.
 26. Dotson CR, Frank HA, Cavaletto CG. 1997. Indirect methods as criteria of spoilage in tofu. *J Food Sci* 42: 273-276.
 27. Takeshi S. 1985. On the slimy spoilage of tofu (soybean curd). *Nippon Shokuhin Kogyogakkaishi* 32: 1-5.

(2003년 8월 22일 접수; 2003년 12월 16일 채택)