

응고제 종류와 농도에 따른 전지대두분 두부의 품질

김주영 · 김준한 · 문광덕
경북대학교 식품공학과

Quality Attributes of Whole Soybean flour Tofu Affected by Coagulant and Theirs Concentration

Ju-Young Kim, Jun-Han Kim, Jong-Kuk Kim* and Kwang-Deog Moon
Department of Food Sci. & Technol., Kyungpook National University,

Abstract

To investigate the textural and physical characteristics of WSF(whole soybean flour) tofu affected by coagulant and its concentration, CaCl_2 , CaSO_4 , GDL(glucono- δ lactone), MgCl_2 , and some mixed coagulants were used in this study. Yields of WSF tofu coagulated with CaSO_4 and GDL were ranged 4.3-4.5(g/g WSF), but common tofu was 2.2-3.0(g/g soybean). As the water addition ratio increased, L and a value were increased while heating time increased, b value increased. L value of WSF tofu was lower and b value was higher than conventional tofu and 4 commercial tofus. Kinds of coagulant and its concentration significantly affected to textural properties of WSF tofu. As the concentration of coagulant increase, the hardness increased in most all coagulants. WSF tofu coagulated with CaSO_4 and GDL recorded low hardness and adhesiveness, and high springiness among the used coagulants at the same concentration. As the hardness increased, the gumminess and chewiness increased in most all coagulants. As coagulation temperature and molding pressure increase, hardness also increased. WSF tofu coagulated with 0.3% CaSO_4 +GDL was the most similar in the textural properties with conventional tofu and 4 commercial tofus. WSF tofu coagulated with 0.3% of CaSO_4 +GDL at 85°C, 10 times water addition, 5min. heating and 25.0g/cm² molding pressure recorded the highest score in the sensory evaluation.

Key words : whole soybean flour, tofu, coagulants, texture, quality attributes

서 론

대두는 단백질과 지방뿐만 아니라 올리고당, isoflavone, saponin 및 섬유질 등과 같은 기능성 성분 또한 많이 존재하여 영양적으로 우수한 식품으로 인정되고 있다. 최근 들어 식품의 생체조절기능에 대한 연구가 활발해지면서 대두의 각종질병에 대한 예방기능⁽¹⁻⁵⁾이나 기능성성분에 대한 많은 연구^(6,7)가 수행되어 왔다. 그러나, 대두를 이용한 가장 보편적인 가공식품은 바로 두부이다. 대두에는 전체단백질의 80-90%를 차지하는 glycinin과 albumin등의 단백질 성분과 비단백질소 화합물이 함유되어 있는데 이것은 물과 함께

마쇄할 때 단백질과 각종 염류가 용액 내로 녹아 들어가 교질 현탁액인 대두유를 형성한다. 여기에 응고제를 첨가하면 교질 상태로 현탁 되었던 단백질이 침전, 응고되어 gel을 형성한 것이 두부이다. 이러한 대두단백질의 gel형성에 관한 연구로는 Oscar 등⁽⁸⁾의 soy protein isolate(SPI)를 이용한 겔형성 촉진, 전지대두분을 이용한 콩묵 제조를 위한 조건선정에 관한 연구⁽⁹⁾, alginate와 pectin 첨가에 의한 콩묵의 텍스처 특성⁽¹⁰⁾ 연구 등이 있다. 두부의 제조시 품질과 수율에 영향을 미치는 요인으로는 대두의 단백질, 수침시간, 가수량, 가열온도, 응고제의 종류와 첨가방법, 성형조건 등 다양하지만 무엇보다 품질에 중요한 인자는 응고제의 종류와 양으로 알려져 있다^(11,12).

한편, 전지대두분으로 두부를 제조할 경우에는 대두의 침지·마쇄·여과에 이르는 일련의 공정을 생략할 수 있어 제조공정을 단순화시키고 제조시간을 단축시킬 수 있을 뿐만 아니라 대두 속에 들어 있는 유용성분

Corresponding author : Kwang-Deog Moon, Dept. of Food Science and Technology, Kyungpook National University, 1370, Sankyukdong, Taegu, 702-701, Korea
Tel : 82-53-950-5773
Fax : 82-53-950-6772
E-mail : kdmooon@knu.ac.kr

의 손실을 줄일 수 있는 장점이 있으나 응고제의 종류와 농도에 따른 전지대두분 두부의 품질에 관한 연구는 국내외적으로 거의 없는 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 전지대두분을 이용한 두부의 제조에 있어 각종 응고제의 종류 및 농도가 두부제품의 texture 특성, 물리적 및 관능적 특성에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

전지대두분(whole soybean flour, WSF)은 단백질 38.47%, 수분 4.96%, 지방 23.22%, 회분 4.80%, 조섬유 2.13%, 비질소화합물 26.42%인 것을 420 mesh로 분쇄한 재료(칠보산업(주))를 실험에 사용하였다. 응고제는 CaCl_2 , CaSO_4 , GDL(glucono- δ lactone), MgCl_2 , Ca-gluconate 등은 1급 시약을 사용하였고, 소포제로서는 실리콘 수지(고제(주), 식품첨가물용)를 사용하였다.

전지대두분 두부의 제조

전지대두분 100g에 10배의 증류수를 혼합한 후 가열하고 응고제를 첨가하여 천천히 저어준 뒤 30분간 응고시켜 두부성형틀(10×12×12 cm)에 응고물을 넣어 일정 압력으로 1시간 성형한 후 두부를 꺼내어 1시간 동안 tap water로 overflow시켜 과잉의 응고제를 용출시켰다⁽¹¹⁻¹⁵⁾. 응고제로는 CaCl_2 , CaSO_4 , GDL, MgCl_2 의 단일응고제와 Ca-gluconate : CaSO_4 , Ca-gluconate : CaCl_2 , Ca-gluconate : GDL, Ca-gluconate : MgCl_2 , GDL : CaSO_4 , GDL : $\text{CaCl}_2 = 50 : 50$ (W/W)의 혼합응고제를 두유량에 대하여 0.2%, 0.3%, 0.4%, 0.5% 및 0.6%를 첨가하여 제조하였다. 가수량은 10배, 전지대두유 가열시간은 85°C에서 5분, 성형압력은 25.0 g/cm²

으로 전지대두분 두부를 제조하였다.

일반두부의 제조

대두 100 g을 수세하여 24시간 수침 팽윤시킨 후 마쇄기로 마쇄하여 얻은 두미를 가열·여과하여 두유를 제조하였다. 응고제는 0.3% CaSO_4 +GDL을 사용하였으며 가수량 등의 제조조건은 전지대두분 두부제조와 같은 방법으로 하였다.

두부수율 및 색도 측정

두부의 수율은 성형된 두부의 무게를 측정하여 이 값을 전지대두분 1 g 당 얻어진 두부의 중량으로 하였다^(11,12). 색도는 color difference meter(Minolta Co., Model CR-200, Japan)로서 L, a, b값을 측정하였으며 표준백판의 L, a 및 b값은 각각 97.79, -0.38 및 +2.05 이었다⁽¹³⁾.

Texture 측정

두부의 texture측정은 두부제조 후 24시간 동안 4°C로 저장한 두부를 일정크기(2.5×2.5×3 cm)로 절단하여 Texture analyser(TA-XT2, England)를 이용하여 Sample height(3 cm), Clearance(3 mm), Plunger(ϕ 5 mm), Force threshold(20 mm/sec), Contact force (5.0 g), T.P.A speed(3 mm/sec)의 조건으로 시료당 5회 반복 측정하여 견고성(hardness), 접착성(adhesiveness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 뭉치는 성질(gumminess), 부취짐성(fracturability) 및 씹힘성(chewiness)의 값으로 나타내었다^(14,15).

관능검사

육안과 손의 촉감에 의한 관능평가방법은 각각의 제

Table 1. Effect of various coagulant concentrations on the WSF (Whole Soybean flour) tofu colors made at the heating for 85°C, 5 min and 25 g/cm² molding pressure

Coagulant	Tofu Yield(g/g WSF)				
	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%
CaCl_2	3.48 ^{bl1)}	3.62 ^a	3.41 ^{bc}	3.36 ^c	3.34 ^c
CaSO_4	NG ²⁾	4.29 ^a	3.86 ^b	3.78 ^b	3.58 ^c
GDL	NG	4.39 ^a	3.84 ^{ab}	3.72 ^b	3.69 ^b
MgCl_2	NG	3.56 ^a	3.51 ^a	3.38 ^b	3.35 ^b
Ca-gluconate+ CaCl_2	3.38 ^b	3.39 ^b	3.44 ^{ab}	3.49 ^a	3.43 ^{ab}
Ca-gluconate+ CaSO_4	NG	4.10 ^a	3.93 ^a	3.76 ^b	3.62 ^c
Ca-gluconate+ MgCl_2	NG	3.43 ^{ab}	3.47 ^a	3.46 ^a	3.43 ^{ab}
GDL+ CaSO_4	4.15 ^b	4.48 ^a	4.28 ^b	3.81 ^c	3.74 ^c
GDL+ CaCl_2	3.53 ^{ab}	3.54 ^{ab}	3.57 ^a	3.50 ^{ab}	3.43 ^b

¹⁾Means followed by the same letter in column are not significantly different at the 5% level using Duncan's multiple range test.

²⁾NG: Non-gelation

Table 2. Effect of coagulant concentrations on the WSF tofu colors made at the heating for 85°C, 5 min and 25g/cm² molding pressure

Coagulant	Conc.(%)	Color		
		L	a	b
CaCl ₂	0.2	86.97 ^{ab1)}	-2.81 ^a	+17.57 ^{ab}
	0.3	87.49 ^a	-2.96 ^{ab}	+18.82 ^a
	0.4	86.98 ^{ab}	-2.88 ^a	+18.36 ^a
	0.5	86.72 ^b	-2.80 ^a	+17.96 ^{ab}
	0.6	86.26 ^c	-2.97 ^{ab}	+17.28 ^b
CaSO ₄	0.3	86.89 ^a	-2.68 ^a	+17.58 ^b
	0.4	86.28 ^b	-2.77 ^a	+17.45 ^b
	0.5	85.94 ^b	-2.74 ^a	+18.20 ^a
	0.6	85.59 ^c	-2.91 ^b	+17.61 ^b
GDL	0.3	87.18 ^a	-2.58 ^a	+18.01 ^b
	0.4	85.81 ^b	-2.53 ^a	+18.52 ^a
	0.5	85.76 ^b	-2.58 ^a	+17.80 ^b
	0.6	85.14 ^c	-2.47 ^a	+17.53 ^b
MgCl ₂	0.3	86.42 ^b	-3.00 ^b	+17.29 ^b
	0.4	87.82 ^a	-2.84 ^a	+17.55 ^a
	0.5	87.50 ^a	-2.82 ^a	+17.47 ^a
	0.6	86.63 ^b	-2.78 ^a	+17.21 ^b
Ca-gluconate+CaCl ₂	0.2	85.92 ^{c1)}	-2.74 ^b	+16.67 ^c
	0.3	87.00 ^a	-2.45 ^a	+17.40 ^b
	0.4	86.87 ^{ab}	-2.50 ^a	+17.39 ^b
	0.5	86.66 ^{ab}	-2.64 ^a	+18.03 ^a
	0.6	86.45 ^b	-2.56 ^a	+18.03 ^a
Ca-gluconate+CaSO ₄	0.3	85.57 ^{bc}	-2.99 ^b	+19.73 ^a
	0.4	86.32 ^a	-2.88 ^b	+18.90 ^b
	0.5	86.09 ^b	-2.53 ^a	+17.89 ^c
	0.6	85.75 ^{bc}	-2.68 ^{ab}	+17.59 ^c
Ca-gluconate+MgCl ₂	0.3	86.37 ^b	-2.86 ^b	+18.36 ^a
	0.4	86.54 ^b	-2.73 ^b	+17.36 ^b
	0.5	87.39 ^a	-2.73 ^b	+17.33 ^b
	0.6	87.37 ^a	-2.43 ^a	+17.31 ^b
GDL+CaSO ₄	0.2	86.85 ^a	-3.02 ^b	+18.21 ^a
	0.3	86.51 ^{ab}	-2.64 ^{ab}	+18.80 ^a
	0.4	86.44 ^{ab}	-2.23 ^a	+17.56 ^b
	0.5	86.34 ^b	-2.29 ^a	+17.32 ^b
	0.6	86.27 ^b	-2.42 ^a	+17.32 ^b
GDL+CaCl ₂	0.2	85.75 ^c	-2.49 ^{ab}	+16.93 ^b
	0.3	86.72 ^b	-2.65 ^{ab}	+17.97 ^a
	0.4	87.27 ^a	-2.08 ^b	+17.40 ^{ab}
	0.5	86.65 ^b	-2.01 ^b	+17.44 ^{ab}
	0.6	86.54 ^b	-1.28 ^a	+17.39 ^{ab}

¹⁾Means followed by the same letter in column are not significantly different at the 5% level using Duncan's multiple range test.

조조건으로 제조된 두부를 관능검사요원에게 각 특성의 강도를 (+)기호의 수로 표시하는 Kim 등의 5점법⁽¹⁶⁾으로 평가하였다. 균일성은 일정두께의 두부를 손으로 휘어서 잘려진 단면의 균일한 정도를 육안으로 평가하고 매끄러움은 손으로 만져보았을 때의 촉감으로 하였다. 직접 맛을 보는 관능평가방법은 각각 다른 조건으로 제조된 두부의 냄새, 맛, texture를 5단계 평점법(1: 매우 좋지 않다/very poor, 2: 좋지 않다/poor,

3: 보통이다/fair, 4: 좋다/good, 5: 매우 좋다/very good)으로 관능검사를 실시하였다.

통계처리

Texture 측정결과와 수율, 색도 및 관능검사의 결과의 통계처리는 SAS program에 의한 분산분석(ANOVA)으로, 유의성 검정은 Duncan's multiple range test로 실시하였다.

결과 및 고찰

수율의 변화

각 응고제 종류와 농도에 따른 WSF 두부의 수율을 측정한 결과는 Table 1과 같다. CaCl₂, CaSO₄, GDL, MgCl₂ 단일응고제 첨가구와 Ca-gluconate+CaSO₄, GDL+CaSO₄ 혼합응고제 첨가구에서는 응고제 농도 0.3%에서 가장 수율이 높았으며, Ca-gluconate+CaCl₂ 혼합응고제 첨가구에서는 0.5%, Ca-gluconate+MgCl₂, GDL+CaCl₂ 혼합첨가구에서는 0.4%에서 가장 높았다. 응고제의 종류에서는 GDL+CaSO₄ 혼합 첨가구가 4.48 (g/g WSF)로 가장 높은 수율을 나타내었다. WSF 두부수율은 일반두부의 수율이 1.5~2.0(g/g soybean)인 것과 비교해 볼 때^(11,12) 매우 높은 수준이며 이는 식이섬유, 기타 생리활성물질의 회수에 매우 유용한 수단으로 여겨진다. 전반적으로 응고제 함량이 높을수록 증가하다가 감소하는 경향을 보였는데 이는 과잉의 응고제 첨가시 오히려 단백질 응고형성을 방해하는 요인에 의한 것으로 보인다.

색도의 변화

각 응고제 농도에 따른 WSF 두부의 색도는 Table 2와 같다. L 값은 단일응고제 첨가구에서는 0.3%에서 높은 값을 나타내었고 혼합 응고제에서는 Ca-gluconate+CaCl₂는 0.3%, Ca-gluconate+CaSO₄, GDL+CaCl₂는 0.4%, Ca-gluconate+MgCl₂는 0.5%, GDL+CaSO₄는 0.2%에서 높은 값을 보였으며 전체적으로 L 과 b 값은 응고제 함량이 증가함에 따라 점차 높아지다가 낮아지는 경향이였다.

일반두부와 시판두부의 색도를 측정한 결과는 Table 3과 같다. L 값이 85.14~87.8 정도인 WSF 두부와 비교해 보면 일반두부와 시판두부 경우는 89.07~90.45 범위로 WSF 두부의 L 값이 대체로 낮았으며, b 값은 WSF 두부인 경우 +16.93~+19.73, 일반두부와 시판두부인 경우 +14.74~+15.74 범위로 WSF 두부의 b 값이 현저히 높아 많은 차이를 나타내었으나, a 값은 비슷한 범위를 나타내었다.

Texture 특성

각 응고제 농도에 따른 WSF 두부의 texture 특성을 측정한 결과는 Table 4와 같다. WSF 두부의 texture에 미치는 응고제 농도의 영향을 조사하고자 각 응고제를 0.2~0.6%의 농도로 첨가하여 두부를 제조하였으나 CaSO₄, GDL, MgCl₂, Ca-gluconate+CaSO₄, Ca-gluconate+MgCl₂, GDL+CaSO₄ 첨가구에서는 0.2% 첨

Table 3. Colors of WSF tofu, conventional and commercial tofu

Sample	Color		
	L	a	b
WSF tofu ¹⁾	86.51 ^{b2)}	-2.64 ^{ab}	+18.80 ^a
Conventional tofu ¹⁾	89.89 ^a	-1.28 ^c	+14.74 ^c
Commercial tofu A	90.45 ^a	-2.57 ^{ab}	+15.16 ^b
Commercial tofu B	89.07 ^a	-2.45 ^{ab}	+15.33 ^b
Commercial tofu C	87.95 ^a	-1.75 ^c	+15.49 ^b
Commercial tofu D	89.85 ^a	-2.58 ^{ab}	+15.74 ^b
Commercial tofu E	89.80 ^a	-2.62 ^{ab}	+15.02 ^{bc}

¹⁾Tofu(WSF tofu, Conventional tofu) made with 0.3% GDL+CaSO₄ coagulant the heating for 5 min and 25g/cm² molding pressure.

²⁾Means followed by the same letter in column are not significantly different at the 5% level using Duncan's multiple range test.

가시 단백질 응고현상은 보이나 미미하여 두부상의 응고라 할 수 없었다.

견고성(Hardness)은 단일 응고제로 제조한 경우는 CaSO₄ 첨가구와 GDL첨가구에서 각각 131.53~244.03(g)과 161.28~311.65(g)으로 낮게 나타났으며, 혼합 응고제로 제조한 경우에는 GDL+CaSO₄ 첨가구에서 103.33~294.48(g)으로 가장 낮게 나타났다. 대체적으로 응고제 농도가 높을수록 견고성(hardness)이 증가하는 경향이였으나 CaCl₂ 첨가구에서는 0.4%에서 가장 높았다가 감소하였고 MgCl₂, Ca-gluconate+MgCl₂, GDL+CaCl₂ 첨가구는 0.5%까지 증가하다가 감소하였다. 이는 응고제 마다 단백질과 결합하는 염의 양이 다르기 때문에 과잉의 응고제를 사용하면 결합에 사용된 염 이외의 나머지 염은 전해질로 작용하여 단백질에 양이온은 알칼리 분해를 일으키고 음이온은 산 분해를 일으켜 오히려 단백질과 응고제의 결합을 방해하기 때문에 두부조직의 견고성(hardness)을 낮게 하는 것으로 여겨진다⁽¹⁷⁻¹⁹⁾.

접착성(adhesiveness)은 각 응고제별로 응고제 농도가 높아질수록 대체로 감소하는 경향이였으나 Ca-gluconate+CaCl₂ 첨가구에서는 증가하였고 GDL+CaCl₂ 첨가구에서는 거의 차이가 나지 않았는데 수율이 높았던 CaSO₄, GDL, Ca-gluconate+CaSO₄ 및 GDL+CaSO₄ 첨가구가 다른 구에 비하여 비교적 낮은 경향을 보여 두부 자체의 수분 함량과 관계가 있는 것으로 생각된다.

응집성(cohesiveness)은 응고제 종류와 농도에 따른 통계적인 유의차가 없었고, 탄력성(springiness)은 다른 구와 마찬가지로 GDL이나 CaSO₄ 단일 응고제 첨가구에서는 유의차가 없었으나 GDL+CaSO₄ 혼합첨가구

Table 4. Effects of various coagulant concentrations on the textural properties of WSF tofu made at the heating for 85°C, 5 min and 25g/cm² molding pressure

Coagulant	Conc.(%)	Textural properties ¹⁾						
		Hard.(g)	Adhes.	Cohes.	Spring.	Gumm.(g)	Fra.	Chew.
CaCl ₂	0.2	283.13 ^{cd3)}	-404.9 ^a	0.519 ^a	0.932 ^a	147.12 ^{bc}	ND ²⁾	137.03 ^{bc}
	0.3	270.50 ^d	-533.0 ^{ab}	0.501 ^a	0.940 ^a	135.66 ^c	ND	127.59 ^c
	0.4	350.03 ^a	-651.9 ^b	0.514 ^a	0.957 ^a	180.09 ^a	194.90	172.36 ^a
	0.5	321.45 ^{ab}	-633.6 ^{ab}	0.507 ^a	0.947 ^a	162.92 ^{ab}	ND	154.23 ^{ab}
	0.6	312.73 ^{bc}	-688.8 ^b	0.501 ^a	0.961 ^a	156.73 ^{bc}	ND	150.61 ^b
CaSO ₄	0.3	131.53 ^c	-298.56 ^a	0.501 ^a	0.963 ^a	65.99 ^c	97.33 ^b	63.56 ^c
	0.4	201.10 ^b	-446.26 ^b	0.502 ^a	0.955 ^a	101.62 ^b	ND	97.27 ^b
	0.5	231.35 ^a	-526.35 ^c	0.516 ^a	0.969 ^a	119.16 ^{ab}	ND	115.43 ^{ab}
	0.6	244.03 ^a	-600.99 ^c	0.499 ^a	0.973 ^a	121.75 ^a	148.70 ^a	118.41 ^a
GDL	0.3	161.28 ^d	-336.18 ^a	0.475 ^a	0.960 ^a	77.29 ^d	131.40 ^b	74.36 ^d
	0.4	202.03 ^c	-435.45 ^a	0.489 ^a	0.967 ^a	98.84 ^c	164.50 ^{ab}	95.67 ^c
	0.5	271.25 ^b	-569.07 ^b	0.481 ^a	0.951 ^a	130.38 ^b	200.50 ^{ab}	124.13 ^b
	0.6	311.65 ^a	-647.14 ^b	0.507 ^a	0.972 ^a	157.95 ^a	214.08 ^a	153.43 ^a
MgCl ₂	0.3	244.13 ^c	-422.05 ^a	0.509 ^a	0.942 ^{ab}	126.21 ^b	ND	114.97 ^b
	0.4	279.43 ^b	-485.42 ^{ab}	0.491 ^a	0.925 ^b	136.88 ^b	ND	126.68 ^b
	0.5	309.50 ^a	-557.49 ^b	0.513 ^a	0.961 ^a	158.94 ^a	ND	152.77 ^a
	0.6	259.10 ^c	-521.08 ^{ab}	0.491 ^a	0.948 ^{ab}	127.14 ^b	ND	120.50 ^b
Ca-gluconate+CaCl ₂	0.2	260.20 ^d	-530.40 ^{ab}	0.486 ^a	0.972 ^a	127.27 ^c	ND	123.62 ^c
	0.3	289.88 ^c	-561.40 ^{bc}	0.510 ^a	0.959 ^{ab}	147.85 ^b	ND	141.74 ^b
	0.4	293.00 ^c	-512.51 ^{ab}	0.467 ^a	0.942 ^b	136.76 ^{bc}	152.4 ^b	128.87 ^{bc}
	0.5	309.75 ^b	-608.28 ^c	0.486 ^a	0.954 ^{ab}	150.39 ^b	246.1 ^a	143.42 ^b
	0.6	344.53 ^a	-460.65 ^a	0.493 ^a	0.940 ^b	169.91 ^a	ND	159.85 ^a
Ca-gluconate+CaSO ₄	0.3	167.70 ^{d3)}	-357.41 ^a	0.516 ^a	0.926 ^a	86.65 ^b	105.75 ^a	80.40 ^c
	0.4	195.05 ^c	-439.21 ^b	0.486 ^a	0.967 ^a	94.86 ^b	134.10 ^a	91.73 ^{cb}
	0.5	238.08 ^b	-546.17 ^c	0.493 ^a	0.926 ^a	117.47 ^a	158.00 ^a	108.80 ^b
	0.6	257.10 ^a	-575.20 ^c	0.512 ^a	0.973 ^a	131.80 ^a	131.40 ^a	128.30 ^a
Ca-gluconate+MgCl ₂	0.3	169.93 ^c	-321.49 ^a	0.510 ^a	0.960 ^a	86.50 ^b	ND ²⁾	83.45 ^b
	0.4	252.68 ^b	-482.02 ^b	0.497 ^a	0.954 ^a	125.19 ^a	153.60	119.37 ^a
	0.5	277.58 ^a	-455.57 ^b	0.473 ^a	0.958 ^a	131.61 ^a	ND	126.04 ^a
	0.6	261.83 ^{ab}	-482.11 ^b	0.500 ^a	0.943 ^a	130.70 ^a	ND	123.23 ^a
GDL+CaSO ₄	0.2	103.33 ^d	-206.63 ^a	0.464 ^a	0.946 ^c	48.69 ^c	84.10 ^b	45.68 ^c
	0.3	186.60 ^c	-418.90 ^b	0.501 ^a	0.967 ^{ab}	93.53 ^b	142.45 ^{ab}	90.35 ^b
	0.4	194.83 ^c	-403.28 ^b	0.462 ^a	0.946 ^c	90.36 ^b	155.60 ^a	86.73 ^b
	0.5	257.08 ^b	-650.60 ^c	0.510 ^a	0.975 ^a	130.83 ^a	156.20 ^a	127.52 ^a
	0.6	294.48 ^a	-694.46 ^c	0.464 ^a	0.977 ^a	136.42 ^a	172.10 ^a	133.31 ^a
GDL+CaCl ₂	0.2	190.38 ^c	-504.39 ^a	0.481 ^a	0.934 ^a	91.76 ^b	115.5 ^b	86.46 ^b
	0.3	294.35 ^b	-595.36 ^a	0.492 ^a	0.954 ^a	144.62 ^a	ND	137.93 ^a
	0.4	292.78 ^b	-496.24 ^a	0.483 ^a	0.960 ^a	140.15 ^a	244.0 ^a	134.53 ^a
	0.5	337.00 ^a	-532.18 ^a	0.471 ^a	0.950 ^a	158.48 ^a	ND	150.49 ^a
	0.6	307.43 ^{ab}	-516.43 ^a	0.474 ^a	0.936 ^a	146.17 ^a	ND	137.16 ^a

¹⁾Hard.; Hardness, Adhes.; Adhesiveness, Cohes.; Cohesiveness, Spring.; Springiness, Gumm.; Gumminess, Fra.; Fracturability, Chew.; Chewiness. ²⁾ND; Not-detected ³⁾Means followed by the same letter in column are not significantly different at the 5% level using Duncan's multiple range test.

에서는 응고제 농도가 높을수록 탄력성(springiness)이 높게 나타났다. 또한, CaSO₄, GDL, Ca-gluconate +CaSO₄ 및 GDL+CaSO₄ 첨가구의 탄력성(springiness)이 다른 구에 비하여 비교적 높아 GDL과 CaSO₄ 응고제 첨가시 탄력성(springiness)이 높은 두부를 제조할 수 있는 것으로 여겨진다. 뭉치는 성질(gumminess)과 씹힘성(chewiness)은 탄력성(hardness)이 높을수록 높은

결과를 보여 견고성(hardness)에 영향을 받았고, 단일 응고제보다 혼합 응고제 첨가구의 씹힘성(chewiness)이 대체로 낮은 경향을 보였다.

관능적 품질특성 평가

각 응고제 농도에 따른 WSF 두부의 관능검사를 실시한 결과는 Table 5와 같다. 견고성(hardness)은 texture

Table 5. Sensory evaluation of WSF tofu made at various coagulant concentrations

Coagulant	Conc.(%)	Texture ¹⁾		Flavor ¹⁾				Over.	Texture ²⁾	
		H	Sth	TR	TB	TBt	TS		Uty	Sth
Ca-gluconate+CaCl ₂	0.2	1.8 ^{d3)}	3.9 ^a	3.5 ^a	2.1 ^a	1.7 ^c	1.6 ^b	4.7 ^a	++++	++++
	0.3	2.6 ^c	2.6 ^b	2.9 ^{ab}	2.4 ^a	2.3 ^{bc}	2.0 ^{ab}	3.5 ^b	++	++
	0.4	3.2 ^{bc}	2.5 ^b	2.9 ^{ab}	2.6 ^a	3.1 ^{ab}	2.5 ^{ab}	2.7 ^{bc}	++	+
	0.5	3.4 ^{ab}	1.7 ^c	2.4 ^{bc}	2.6 ^a	3.8 ^a	2.8 ^a	2.4 ^{cd}	++	+
	0.6	4.0 ^a	1.9 ^c	2.0 ^c	2.6 ^a	3.9 ^a	2.9 ^a	1.7 ^d	++	+
Ca-gluconate+CaSO ₄	0.3	2.4 ^c	3.6 ^a	3.4 ^a	2.0 ^a	1.9 ^a	1.6 ^a	3.1 ^a	+++	+++
	0.4	3.0 ^{bc}	3.3 ^a	3.6 ^a	2.4 ^a	1.9 ^a	1.7 ^a	3.6 ^a	+++++	+++++
	0.5	3.4 ^{ab}	2.1 ^b	2.6 ^{ab}	2.9 ^a	2.6 ^a	2.1 ^a	2.3 ^b	+++	++
	0.6	4.0 ^a	1.1 ^c	1.9 ^b	2.9 ^a	2.7 ^a	2.1 ^a	1.0 ^c	+	+
Ca-gluconate+MgCl ₂	0.3	2.4 ^b	3.1 ^a	3.0 ^a	2.6 ^a	1.9 ^b	1.7 ^b	3.0 ^a	++++	++++
	0.4	3.0 ^a	2.4 ^{ab}	2.5 ^a	2.6 ^a	2.7 ^{ab}	1.9 ^b	2.8 ^a	++++	+++
	0.5	3.0 ^a	2.3 ^b	2.3 ^a	2.7 ^a	2.8 ^{ab}	2.2 ^{ab}	2.3 ^b	+++	++
	0.6	3.1 ^a	2.1 ^b	2.6 ^a	2.9 ^a	3.0 ^a	2.6 ^a	1.8 ^c	++	+
GDL+CaSO ₄	0.2	1.6 ^c	4.1 ^a	3.0 ^a	1.8 ^b	1.5 ^a	1.5 ^b	3.1 ^b	++++	+++++
	0.3	2.0 ^b	4.0 ^a	3.3 ^a	2.2 ^{ab}	1.8 ^a	1.5 ^b	3.6 ^a	+++++	+++++
	0.4	2.5 ^b	3.9 ^a	2.9 ^a	2.5 ^a	1.8 ^a	1.7 ^b	3.0 ^b	+++	++++
	0.5	3.7 ^a	3.0 ^b	2.4 ^{ab}	2.8 ^a	2.7 ^a	2.0 ^{ab}	2.0 ^c	+++	++
	0.6	4.1 ^a	3.0 ^b	2.1 ^b	2.7 ^a	2.4 ^b	2.5 ^a	1.6 ^c	+++	+
GDL+CaCl ₂	0.2	2.5 ^c	3.0 ^a	3.0 ^a	2.1 ^a	1.6 ^b	1.8 ^b	4.3 ^a	++++	++++
	0.3	3.4 ^b	2.5 ^{ab}	2.5 ^b	2.3 ^a	2.0 ^b	1.7 ^b	3.5 ^b	+++	+++
	0.4	4.0 ^a	2.0 ^b	2.5 ^b	2.5 ^a	3.2 ^a	2.0 ^a	3.3 ^b	+++	++
	0.5	4.5 ^a	2.1 ^b	2.1 ^b	2.4 ^a	3.3 ^a	2.2 ^a	2.4 ^{bc}	++	++
	0.6	4.3 ^a	2.0 ^b	1.6 ^c	2.3 ^a	3.6 ^a	2.5 ^a	1.7 ^c	+	+

¹⁾Evaluated by mouth- H: hardness, Sth: smoothness, TR: roasted nutty taste, TB: beany taste, TBt: bitter taste, TS: sour taste, Over.: overall acceptance, Each values represent the mean of the rating by panels using 5 point scale(1: very poor, very weak, 5 : very good, very strong).

²⁾Evaluated by hand- Uty: uniformity, Sth: smoothness, Each values represent the mean of the rating by panels(+: very poor, very weak, +++++: very good, very strong).

³⁾Means followed by the same letter in column are not significantly different at the 5% level using Duncan's multiple range test.

analyser로 측정된 값과 유사한 경향으로 CaCl₂, MgCl₂ 첨가구에서는 응고제 농도 0.4-0.5%일때 가장 단단하게 느껴졌고 다른 실험구에서는 대체로 응고제 농도가 높을수록 단단하게 나타났다. 부드러움(smoothness)은 CaSO₄와 GDL 및 GDL+CaSO₄ 첨가구에서는 응고제 농도에 따라 큰 차이가 없이 모두 부드러운 경향을 나타내었으나 다른 구에서는 응고제 농도가 0.2~0.3%일 때 가장 부드럽고 농도가 높을수록 거칠었다.

Ca-gluconate+MgCl₂ 첨가구는 응고제 농도별 고소한 맛의 차이가 없었으나 나머지 첨가구들은 응고제 농도가 낮을수록 고소한 맛이 강하였고, 콩 비린내는 각 응고제별 농도에 따른 유의적 차이가 없이 비슷한 경향을 나타내었다. 쓴맛과 신맛은 각 응고제 농도가 높을수록 강하였으며 다른 구에 비해 GDL첨가구가 신맛이 강하였고 CaSO₄, Ca-gluconate+CaSO₄ 첨가구는 신맛에서 유의적 차이가 나타나지 않았다.

전체적 기호도에서는 CaCl₂, Ca-gluconate+CaCl₂,

GDL+CaCl₂ 첨가구는 0.2%, CaSO₄, GDL, MgCl₂, Ca-gluconate+MgCl₂, GDL+CaSO₄ 첨가구는 0.3%, Ca-gluconate+CaSO₄ 첨가구는 0.4%에서 적당히 견고하고 균일하여 높은 기호도를 보였는데 응고제 농도가 낮고 부드러운 정도가 클수록, 고소한 맛이 강하고 쓴맛과 신맛이 약한 구를 선호하였다. 또한, 전체적 기호도에는 견고성(hardness)이 가장 큰 영향을 주는 것으로 나타났다. GDL 0.3%첨가구는 견고성(hardness)이 낮고 부드러웠으나 신맛이 강하여 전체 기호도는 다소 낮았다.

요 약

전지대두분(WSF) 두부의 응고제 종류와 농도별 수율은 CaCl₂, CaSO₄, GDL, MgCl₂, Ca-gluconate+CaSO₄, GDL+CaSO₄ 첨가구는 0.3%에서, Ca-gluconate+MgCl₂, GDL+CaCl₂ 첨가구는 0.4%에서, 그

Table 6. Sensory evaluation of WSF tofu appreciated high overall acceptance by panels

Coagulant	Conc(%)	Texture ¹⁾		Flavor ¹⁾				Over.	Texture ²⁾	
		H	Sth	TR	TB	TBt	TS		Uty	Sth
CaCl ₂	0.2	3.6 ^{a3)}	1.9 ^c	3.4 ^a	2.1 ^a	3.0 ^{ab}	2.2 ^{ab}	2.5 ^{ab}	++	++
CaSO ₄	0.3	1.5 ^c	4.2 ^a	3.2 ^a	2.2 ^a	1.8 ^c	1.7 ^b	3.4 ^a	++++	++++
GDL	0.3	1.8 ^c	4.0 ^a	2.4 ^b	2.3 ^a	2.8 ^{abc}	2.8 ^a	2.8 ^{ab}	++++	++++
MgCl ₂	0.4	3.3 ^a	1.7 ^c	3.3 ^a	2.4 ^a	3.3 ^a	2.3 ^{ab}	2.1 ^h	++	++
Ca-gluconate+CaCl ₂	0.2	3.4 ^a	2.0 ^b	2.8 ^{ab}	2.2 ^a	3.4 ^a	2.2 ^{ab}	2.4 ^{ab}	+++	++
Ca-gluconate+CaSO ₄	0.4	2.9 ^{ab}	2.6 ^b	2.8 ^{ab}	2.6 ^a	2.9 ^{abc}	2.3 ^{ab}	2.4 ^{ab}	++++	+++
Ca-gluconate+MgCl ₂	0.3	2.7 ^b	2.2 ^b	2.7 ^{ab}	2.5 ^a	3.3 ^a	2.5 ^{ab}	2.3 ^{ab}	++	++
GDL+CaSO ₄	0.3	1.9 ^c	4.1 ^a	3.2 ^a	2.0 ^a	1.8 ^c	1.8 ^b	3.7 ^a	+++++	+++++
GDL+CaCl ₂	0.2	2.8 ^{ab}	2.3 ^b	2.7 ^{ab}	2.3 ^a	3.2 ^{ab}	2.5 ^{ab}	2.8 ^{ab}	+++	+++

¹⁾Evaluated by mouth- H: hardness, Sth: smoothness, TR: roasted nutty taste, TB: beany taste, TBt: bitter taste, TS: sour taste, Over.: overall acceptance, Each values represent the mean of the rating by panels using 5 point scale(1: very poor, very weak, 5: very good, very strong).

²⁾Evaluated by hand- Uty: uniformity, Sth: smoothness, Each values represent the mean of the rating by panels, (+: very poor, very weak, +++++: very good, very strong).

³⁾Means followed by the same letter in column are not significantly different at the 5% level using Duncan's multiple range test.

리고 Ca-gluconate+CaCl₂ 첨가구는 0.5%에서 각각 가장 높았으며 0.3% GDL+CaSO₄ 혼합응고제를 첨가하였을 때 4.48(g/g WSF)로 최고치를 나타내었다.

응고제 농도에 따른 WSF 두부의 색도는 응고제 농도가 증가함에 따라 L과 b값은 점차 증가한 후 감소하는 경향이었고, 일반두부와 시판두부에 비해 L값이 대체로 낮았으며 b값은 현저히 높았으나 a값은 비슷하였다.

WSF 두부의 각 응고제 농도에 따른 견고성(hardness)은 응고제 농도가 높을수록 증가하는 경향이었고, 응고제 종류에 따른 견고성(hardness)은 전반적으로 CaCl₂를 사용한 경우 비교적 높았으며 CaSO₄와 GDL 응고제를 사용한 첨가구에서는 낮게 나타났다. 점착성(adhesiveness)은 응고제 농도가 높아질수록 대체로 감소하는 경향이었으나 CaSO₄, GDL, Ca-gluconate+CaSO₄ 및 GDL+CaSO₄ 첨가구가 다른 첨가구에 비하여 비교적 낮은 경향을 보였다. 응집성(cohesiveness)은 응고제 종류와 농도에 따른 통계적인 유의적 차이가 없었고, 탄력성(springiness)은 GDL+CaSO₄ 혼합 첨가구에서는 응고제 농도가 높을수록 높게 나타났다. 씹힘성(chewiness)은 혼합 응고제 첨가구에서 대체로 낮은 경향을 보였으며 뭉치는 성질(gumminess)은 견고성(hardness)이 증가함에 따라 증가하였다.

WSF 두부의 각 응고제 농도에 따른 관능평가 중 전체적기호도에서는 CaCl₂, Ca-gluconate+CaCl₂, GDL+CaCl₂ 첨가구는 0.2%에서, CaSO₄, GDL, MgCl₂, Ca-gluconate+MgCl₂, GDL+CaSO₄ 첨가구는 0.3%에서, 그리고 Ca-gluconate+CaSO₄ 첨가구는 0.4%에서 높게 나타났다. 그 중 0.3% GDL+CaSO₄ 첨가구가 적당한

경도를 가지면서도 부드럽고 고소한 맛이 강하여 가장 높은 기호도를 나타내었다.

문 헌

1. Goldberg, A.C. Perspective on soy protein as a non-pharmacological approach for lowering cholesterol. *J. Nutri.* 125: 675-678 (1995)
2. Sung, M. K. The anticarcinogenic properties of soybeans. *Korea Soybean Digest* 13: 19-31 (1996)
3. Lee, J.K., Park, B.J., Yoo, K.Y. and Ahn, Y.O. Dietary factors and stomach-cancer-A case-control study in Korea. *Int. J. Epidemiol.* 24: 33-41 (1995)
4. Kim, K. H. Nutritions of soybean curd. *Korea Soybean Digest* 2: 36-42 (1985)
5. Kim, K.H. and Kim, D.M. Improved soy food products through food science and nutrition application. *Food Science and Industry* 29: 37-44 (1996)
6. Kim, J. S. Current research trends on bioactive function of soybean. *Korea Soybean Digest* 13: 17-24 (1996)
7. Stephen, H. Soya; the Health food of the next millennium. *Korea Soybean Digest* 14: 77-90 (1997)
8. Oscar, C., Sandra, E.H., Helen, J.A., Isobel, D.S. and John, R.M. Gelation enhancement of soy protein isolate using the maillard reaction and high temperature. *J. Food Sci.* 59: 872-880 (1994)
9. Park, H.J., Ko, Y.S., Choi, H.S. and Kim, W.J. Effect of water addition ratio, stirring time and Ca salts on textural properties of soygel. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 329-334 (1995)
10. Choi, H.S., Park, H.J. and Kim, W.J. Textural properties of soygel with added alginate and pectin. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 336-341 (1995)
11. Shen, C.F., Man, L.D., Buzzel, R.I. and Man, J.M. Yield and quality of tofu as affected by soybean and soymilk characteristics (glucono-delta-lactone coagulant).

- J. Food Sci. 56: 109-112 (1991)
12. Lim, B.T., Man, J.M., Man, L.D. and Buzzel, R.I. Yield and quality of tofu as affected by soybean and soymilk characteristics(calcium sulfate coagulant). J. Food Sci. 55: 1088-1092 (1990)
 13. Wang, H.W., Swain, E.W. and Kwoleck, W.F. Effect of soybean varieties on yield and quality of tofu. Cereal Chem. 46: 245-254 (1983)
 14. Saio, K. Tofu-relationships between texture and fine structure. Cereal Foods World 24: 342-349 (1972)
 15. Kohyama, K., Sano, Y. and Doi, E. Rheological characteristics and gelation mechanism of tofu. J. Agric. Food Chem. 43: 1808-1812 (1995)
 16. Kim, W.J., Sosulski, F. and Lee, S.C. Chemical and gelation characteristics of ammonia-demethylated sunflower pectins. J. Food Sci. 43: 1436-1447 (1978)
 17. Wang, H.L. and Hesseltine, C.W. Coagulation condition in tofu processing. Process Biochem. 17: 7-13 (1982)
 18. Mulvihill, D.M. and Kinsella, J.E. Gelatin characteristics of whey proteins and lactoglobulin. Food Tech. 15: 102-108 (1987)
 19. Gandhi, A.P. and Brourune, M.C. Effect of pressure and storage time on texture profile parameters of soybean curd(tofu). J. Texture Studies 19: 137-143 (1988)

(2000년 2월 3일 접수)