

특집 : 두부류의 생산·유통체계 현황 및 발전방향

환경친화형 전두부 제조 및 제품의 다양화

구 경 형

한국식품연구원

Preparation and Diversity of Environment Attractive Chundubu (whole soybean curd)

Kyung-Hyung Ku

Korea Food Research Institute, Gyeonggi 463-746, Korea

서 론

콩(대두, *Glycine max.*)은 *Leguminosae*과에 속하는 작물로서 우리나라 콩의 재배 역사는 확실하지 않으나 삼국시대 초기인 기원전 1세기 경부터 재배되었다고 기록되어 있고, 중국, 한국, 일본 등 동북아시아 지역에서 생산되어 단백질의 급원으로서 중요한 역할을 해왔다. 두부는 대두의 가용성 단백질을 물과 함께 가열 추출한 후 응고시킨 다음 압착 성형시킨 것으로 약 2100년전(B.C. 178~122) 중국의 한나라 회남왕 류안이 처음 만들었고, 우리나라에는 고려말 또는 그 이전에 전파된 것으로 알려져 있다. 최근 두부는 콩의 암, 심장질환, 골다공증, 신장 질환 등에서 탁월한 예방 효과가 있다는 것이 발표되면서 대중 식품으로 확산되고 있다. 이렇게 각광을 받고 있는 두부의 원료인 대두는 2001년 기준으로 국내에서 소비되는 양이 총 164만톤이었고, 이중 식품으로 소비되는 양은 50만톤 정도였으며, 식품용 대두중 두부에 제조에 이용된 양은 약 118,000톤으로 이 양은 식품용 대두의 약 20% 이상에 해당한다(1).

두부에 관한 연구는 두부의 일반성분(2), 가열시 두유농도가 두부 성장에 미치는 영향(3), 두부의 물성, 수침시간, phytic acid 함량, 두유 농도, 가열 시간, 가열온도 및 응고제 종류와 양, 응고온도, 응고제 첨가속도, 응고시간, 성형압력에 관한 연구(4-13) 등 두부의 원료인 대두의 품종에서 응고, 압착, 포장에 이르기까지 화학적, 물리적, 미생물학적, 관능적 연구 등 전반에 걸쳐 많은 연구가 이루어져 왔다. 이외에 두부 부산물인 비지에도 관심을 가지면서 비지를 용매 처리하여 식이섬유를 제조한 후 이를 일정량 면류에 첨가하여 이화학적 및 관능적 특성을 조사한 연구,

비지를 압착 성형시켜 중간 식품을 소재화한 것과 비지의 유용성분을 식품 소재화하기 위한 연구가 진행되고 있으나 아직 활용단계는 미비하다(14-17).

한편 일반적인 두부 제조 방법은 부산물로 비지가 발생되는데 그 양이 원료 대두보다 많은 160,000톤 정도가 발생되어 폐수 처리 등 환경문제가 대두되고 있다(1). 이를 해결할 목적으로 개발된 전두부는 부산물인 비지의 발생이 없고 양질의 대두 성분을 그대로 함유하고 있어 환경문제를 유발하지 않는다는 장점이 있으나, 일반 두부 제품과는 달리 조직감이 매우 거칠어 소비자에게 크게 호응을 얻지 못하고 있다. 전두부에 관한 연구는 두부소비 및 종류가 다양한 일본의 경우 효소처리 또는 물리적인 방법에 의하여 조직감을 개선한 것이 있으나, 기업내 know-how로서 발표된 것은 없고, 현재 국내에서 발표된 논문은 Kim 등(18)의 전지 대두분을 이용하여 두부를 제조한 것과 Ku 등(19)의 대두미세분말 및 제조 조건이 전두부의 조직감에 미치는 영향 이외에는 거의 없다.

본 연구는 부산물인 비지의 발생이 없으면서 일반두부의 조직감을 갖는 전두부 제품 개발 및 다양화를 위하여 수행되었다.

재료 및 방법

재료

두부용 대두로 사용하는 국내산(백태)은 농협에서 구입하였고, 수입산(미국산)은 두부 제조업체에서 제공받았다. 또 전두부의 원료인 대두미세분말은 입도 크기가 다른 MSPI(microparticulated soybean powder, USA)와 MSPII(microparticulated soybean powder, Australia)을 구입하여 시료로 이용하였다. 응고제와 소포제는 일반적으로 두

부제조에 이용하는 4종의 응고제($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Glucono-delta-lactone, Calcium Gluconate, Sigma Co.)와 실리콘 소포제(엘에스-303, 한국다우코닝)를 사용하였다.

대두의 미분쇄 및 성분분석

두부용 대두로 사용하는 국내산(백태) 및 수입산(미국산) 대두를 이용하여 탈피 공정을 완료한 후 미분쇄 및 분급 공정에 투입하였다. 또 전두부용 대두 미세분말은 MSPI(200 mesh) 및 MSPII(325 mesh)였고, 중간 크기의 시료 분급은 Fluidized bed opposed jet mill(Model 100AFG, Alpine Aktiengesellschaft Augsburg, Germany)을 이용하여 CWS(cut-off wheel speed) 5,000 rpm에서 분급하여 제조하였다. 대두 및 대두미세분말의 일반성분은 AOAC방법(20)에 의하여 수분은 105°C에서 항량이 되도록 건조하여 정량하였으며, 단백질은 microkjeldhal법으로, 지방은 soxhlet 추출법, 회분은 550°C에서 회화시켜 정량하였다.

전두부 제조

대두미세분말(MSPI, MSPII)을 증류수로 두유 농도가 6~10% 되도록 1 L를 제조하고, 균질기(Omni 5000, USA)로 5분간 교반한 다음 소포제를 대두액 양의 0.05% 첨가하

여 전두부의 원료인 두유를 제조하였다. 균질화된 두유를 용기에 담아 밀봉하고, 95°C 이상에서 10분간 가열한 후 10%로 각각 제조한 단일 및 혼합 응고제 용액을 첨가하여 80°C 항온수조에서 약 4~5분간 방치시켜 응고시켰다. 전두부의 성형은 일정한 구멍이 뚫린 PVC 원통(지름 6 cm, 높이 6.5 cm)에 두겹의 cheese cloth를 놓은 후, 전두부 응고액을 성형틀에 붓고 성형틀 내부에 누름추(지름 5 cm, 높이 2.4 cm, 무게 380 g)로 20분간 압착 성형하였다.

대두미세분말의 최적 농도 및 응고제의 영향

전두부 제조를 위한 두유의 최적 농도와 응고제의 첨가 영향은 4종의 응고제를 10% 용액으로 제조한 후 전두부 제조에 이용하였다(Table 1). 단일응고제의 첨가량은 응고가 어느 정도 되는 점을 기준으로 3단계로 첨가량 범위를 넓혀 전두부를 제조한 후 수율과 조직감을 측정하였다. 혼합 응고제는 단일 응고제가 전두부 수율과 조직감에 미치는 영향을 조사한 결과 최적 농도라고 선정된 응고제의 소요량을 1로 하고 혼합 비율별(1:0, 0.75:0.25, 0.5:0.5, 0.25:0.75, 0.1)로 10% 용액을 제조하여 사용하였다. 또 전두부의 수율과 조직감에 중요한 인자가 되는 혼합 응고제와 두유의 가열시간을 반응표면분석법(response surface methodology, RSM)을 사용하여 중심합성계획(central composite design)에 따라 전두부를 제조하고 수율과 조직감을 측정하

Table 1. Actual value of coded level and composite design metrics of independent variables for experimental design of microparticulated soybean powder and coagulant concentration

X_i	Independent variables	Coded levels			Design point	Independent variables	
		-1	0	1		X_1	X_2
X_1	Microparticulated soybean powder concentration (%)	6	8	10	1	-1 (6)	-1 (0.8)
					2	-1 (6)	1 (1.2)
					3	1 (10)	-1 (0.8)
					4	1 (10)	1 (1.2)
					5	0 (8)	0 (1.0)
					6	1 (10)	0 (1.0)
X_2	Coagulant concentration (% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	0.8	1.0	1.2	7	-1 (6)	0 (1.0)
					8	0 (8)	0 (1.0)
					9	0 (8)	-1 (0.8)

Table 2. Actual value of coded level and composite design metrics of independent variables for experimental design of heating time and mixed coagulant ratio

X_i	Independent variables	Coded levels					Design point	Independent variables	
		-1.414	-1	0	1	1.414		X_1	X_2
X_1	Heating time (min)	0	10	20	30	34.14	1	-1 (10)	-1 (0.75:0.25)
							2	-1 (10)	1 (0.25:0.75)
							3	1 (30)	-1 (0.75:0.25)
							4	1 (30)	1 (0.25:0.75)
							5	0 (20)	0 (0.5:0.5)
X_2	Mixed coagulant ratio	1:0	0.75:0.25	0.5:0.5	0.25:0.75	0:1	6	1.414 (34.14)	0 (0.5:0.5)
							7	0 (20)	1.414 (1:0)
							8	0 (20)	-1.414 (0:1)

였다(Table 2). 이때 전두부의 수율은 원료 두유로부터 제조된 응고물을 성형시킨 후 무게를 측정하여 이 값을 대두 미세분말(microparticulated soybean powder) 1 g당 얻어진 두부의 무게로 하였다. 텍스처 측정은 수율을 측정하고, 24시간 상온에서 유지시킨 후 일정 크기(가로 2 cm×세로 2 cm×높이 1 cm)로 절단하고, Textur analyzer (Model TA XT-2, Stable Micro Systems, Ltd., England)로 TPA test를 행하였다. 측정조건은 probe: Φ 35 mm, graph type: force vs time, force threshold: 300 g, test speed: 1.0 mm/s, strain: 30%였으며, 각 실험은 16회 반복한 평균치를 구하였다. 한편 중심합성계획에 의한 실험결과는 SAS (21) program을 이용하여 분산분석과 ANOVA test를 실시하였고, 전두부의 물리적 특성인 단단함, 탄력성 등을 회귀분석으로 model식을 유도하여 두유의 농도, 혼합 응고제 및 가열시간의 영향 정도를 분석하였다.

첨가물 및 효소처리의 영향

대두액을 12%로 조절한 후 homogenizer(OMNI 5000, USA) 1단으로 5분간 균질화하여 0.05% 소포제 첨가하고 20분간 밀폐용기에서 가열하였다. 첨가제의 경우 제조한 두유 100 mL에 일정농도의 0.5% gelling agent용액을 첨가한 즉시 5초간 균질화시킨 다음, 혼합응고제(0.6% GDL: 1.0% CaSO₄=0.75:0.25)로 80°C 항온수조에서 40분간 응고, 20분간 냉각시켰다. 이때 사용한 첨가제는 alginate, carrageenan, gellan gum, pectin, sodium alginate(Sigma Co.)를 선정하여 0.5%로 잘 용해시킨 후, 80°C로 유지시키면서 사용하였다. 효소 처리의 경우 효소는 식품산업에서 이용되고 있는 복합효소인 viscozyme과 celluclast(Novo Nordisk Co., Denmark)를 사용하였다. 즉 대두미세분말을 8%(pH 6.5)로 조정하여 분산시킨 후 각각 100 mL를 비이커에 취하고, 효소액(viscozyme, celluclast)을 0.1, 0.5, 1%농도로 첨가하여 잘 혼합한 후 교반 항온 수조에서 대두액을 반응시켰다. 이때 반응온도는 50°C였고, 30분 간격으로 두유액을 꺼내어 100°C에서 5분간 가열하여 효소를 불활성화시킨 후 입도, 색도 및 점탄성을 측정하였고, 대조구는 효소 처리를 하지 않은 대두미세분말을 동일하게 반응시킨 것을 시료로 이용하였다.

전두부의 품질 특성 조사

전두부를 30°C와 0°C에서 저장하면서 pH, 산도, 탁도 및 미생물 수를 측정하였다. pH의 경우 pH meter(Corning 440)를 사용하여 시료 원액을 교반하면서 직접 측정하였고, 적정산도는 전두부 10 g과 증류수 20 mL를 가하여 1분간 마그네틱바로 혼화시킨 후 0.1 N NaOH로 중화될 때까지 적정하였다. 전두부 현탁액의 탁도는 두부 10 g과

증류수 20 mL를 가하여 1분간 혼화시킨 후 Toyo여지 No.2로 여과하고 여액의 흡광도를 비색계(Jasco, V-550) 600 nm에서 측정하였다. 또 두부의 미생물수는 마쇄한 두부를 멸균생리식염수를 이용하여 10진법으로 희석한 후 호기성 세균은 Trypic soy agar(Difco)로 30°C에서 1일간 평판 배양 후 colony counter로 계수하였다. 조직감의 경우 전두부를 제조한 후 24시간 상온에서 유지시키고 texture analyzer(Model TA XT-2, Stable Micro Systems, Ltd., England)로 TPA test를 행하였다. 이때 측정조건은 probe: Φ 35 mm, graph type: force vs time, force threshold: 300 g, test speed: 1.0 mm/s, strain: 10%였으며, 각 실험은 16회 반복한 평균치를 구하였다. 또한 전두부의 유리당, 대두 올리고당 및 이소플라본 등의 유용 성분을 조사하였다.

전두부의 제품 다양화

전두부의 원료인 대두미세분말로 제조한 두유액에 천연색소와 멸치, 표고버섯, 새우, 명란젓, 가쓰오부시, 녹차분말, 클로렐라, 코코아, 커피, 땅콩 및 흑임자, 과일 등의 식품을 첨가하여 제조한 후 관능검사에 의해 전두부에 적당한 첨가물을 선별하여 전두부의 제품 다양화 측면을 조사하였다. 한편 발효두부를 위하여 전두부를 원료로 하여 *Monascus anka*, *Mucor hiemalis* 등을 접종한 후 25°C에서 3~7일간 발효시킨 후 발효 전두부의 가능성을 타진하였다.

결과 및 고찰

대두의 전처리 및 분쇄 조건에 따른 대두미세분말의 특성

대두를 구입하여 탈피 공정을 완료한 후 미분쇄 및 분급 공정에 투입하였다. 대두는 지방이 많아 일반 분쇄 방법 즉 물밀, 햄머밀, 디스크 밀, 볼 밀 등으로는 미세분말화하기 불가능하므로 냉동 분쇄를 하여 200 mesh 및 325 mesh로 미분쇄를 하였고, 중간 크기의 시료 분급은 Fluidized bed opposed jet mill(Model 100AFG, Alpine Aktiengesellschaft Augsburg, Germany)을 이용하여 CWS(cut-off wheel speed) 5,000 rpm에서 분급하였다.

두부의 원료로 사용하는 국내외산 대두와 전두부의 원료인 대두미세분말의 일반성분을 분석한 결과(Table 3) 단백질함량이 높으면 지방의 함량이 상대적으로 낮은 함량을 나타냈다는 Jang 등(8)의 결과와 마찬가지로 지방 함량이 높으면 상대적으로 단백질 함량은 약간 낮았고, 대두미세분말의 경우는 대두에 비하여 탄수화물 함량이 낮게 나타났는데, 이는 대두피가 제거되어 대두피 유래의 식이섬유가 제외되었기 때문이라 여겨진다. 한편 iso-flavone계 phytoestrogen은 콩과에 많이 함유되어 있는 것

Table 3. Proximate composition and isoflavone of soybean and microparticulated soybean powder

Sample	Dry basis (%)				Isoflavone (mg/kg)				Total (mg/kg)
	Ash	Fat	Protein	CHO	Daidzin	Genistin	Daidzein	Genistein	
Domestic (baektae)	5.19	19.67	37.33	37.80	117.8	186.2	619.8	891.3	1815.1
USA NO1	5.45	21.15	35.72	37.68	53.6	69.4	466.2	498.0	1087.2
MSPI ¹⁾	5.81	23.59	37.04	33.56	96.4	148.8	773.0	882.2	1900.4
MSPII ²⁾	5.42	22.77	38.87	32.94	161.6	232.9	994.4	1230.2	2619.1

¹⁾Microparticulated soybean powder (USA). ²⁾Microparticulated soybean powder (Australia).

으로 암세포를 억제하고, 이들 중 daidzein과 genistein은 에스트로겐보다 친화력은 낮지만 에스트로겐 수용체에 결합하여 에스트로겐의 대체물질로 각광을 받고 있다. 대두 및 대두 미세분말의 총 isoflavone 함량을 분석한 결과 1087.2~2619.1 mg/kg으로 비교적 넓은 분포를 보였다. 즉 외국산 대두보다는 국내산 대두가 약간 높은 isoflavone 함량을 보였고, 입자 크기가 작은 MSPII가 MSPI보다 높게 나타나는데, 이는 MSPII의 경우 입자가 적어 시료 전처리시 추출과 회수가 용이했기 때문으로 여겨진다.

한편 전두부의 원료로 사용한 대두미세분말의 색도와 입도를 측정된 결과 육안으로는 차이를 느낄 수 없었으나, 밝기를 나타내는 L값의 경우 MSPII가 MSPI보다 약간 높은 86.89를 나타내었고, 그 외의 a와 b값에는 큰 차이가 없었다. 또 입도는 표준망체를 기준으로 200 mesh는 75 μm , 325 mesh는 45 μm 를 통과해야 하는데, 본 실험에 사용한 MSPI는 50% 정도가 31.30 μm , 평균 입도가 56.38 μm 였으며, MSPII는 90% 이상이 28.50 μm , 평균 입도 14.42 μm 로 분석되어 MSPI는 200 mesh 내외이고, MSPII의 경우는 325 mesh 미만인 것을 알 수 있었다. 일반적으로 인간의 혀에서 독립된 입자로 인지될 수 있는 입자의 최소 크기는 15 μm 정도로 보고되어 있는데, 특히 MSPII의 경우는 평균 입도가 15 μm 미만으로 거의 입자로 인지될 수 없을 정도의 크기였다.

미세분말 농도의 영향

대두 미세분말(MSPI, MSPII)을 중심합성계획법(central composite design, Table 1)에 의해 전두부를 제조한 후, 수율 및 두부의 특성인 조직감을 측정하였다(Table 4). 수율은 전두부의 무게를 g당 대두미세분말로 환산한 결과, 3.82 g~4.11 g soybean curd/MSP g으로 시료에 따라 약간의 차이가 있었다. 즉 MSPI 처리구는 MSPC 6%, 응고제 1.2%가 가장 높게 나타난 반면, MSPII 처리구는 대두미세분말 농도(MSPC; microparticulated soybean powder concentration)는 8%, 10%, 응고제 농도(CC; coagulant concentration)는 1.0, 1.2%가 다른 시료에 비하여 높게 나타났다. Wang 등(22)은 대두 품종에 따른 두부 건물량의 수율에는 큰 차이가 없으나 두부의 수율에는 차

이가 있는데, 이는 두부의 수분함량에 따른 것이라고 하였다. 본 실험의 경우도 건물량 수율은 전두부 제조시 소요된 대두미세분말을 환산한 것이므로 두부의 건물량에는 차이가 거의 없었다. 또 일반 두부의 물리적 특성인 탄력성은 농도간에 큰 차이가 없었으나, 단단함은 MSPI와 MSPII 모두 8% 농도에서 약간 높은 값을 보였다.

한편 미세분말 농도와 응고제의 영향을 전체적으로 조사하기 위하여 전두부의 물리적인 특성(Table 4)을 미세분말 농도(X_1)와 응고제(X_2)로 반응표면 회귀분석하여 비교적 R^2 값이 0.7이상인 것만 표시하였다(Table 5). 그 결과 미세분말 입도에 따라 약간의 차이가 있었는데, 즉 MSPI처리구는 응집성을 제외하고 높은 R^2 값을 보인 반면 MSPII처리구는 단단함과 씹힘성이 미세분말 농도와 응고제의 영향을 받았다. Fig. 1은 전두부의 물리적 특성인 탄력성, 단단함, 씹힘성, 응고제 첨가량이 MSPI처리구와 MSPII처리구 모두 전두부의 단단한 정도에 미치는 영향보다는 미세분말의 농도의 영향이 컸다. 즉 MSPI처리구는 대두미세분말의 농도가 증가함에 따라 전두부의 단단한 정도가 증가하는 경향이었으나, MSPII의 경우는 8% 이상인 경우에는 단단한 정도가 감소하였다.

단일 응고제, 혼합응고제 및 가열시간의 영향

대두 미세분말 농도를 8%로 고정하고, 각각의 단일응고제를 농도별로 전두부를 제조하여 수율 및 조직감을 측정하였다. 그 결과(Table 6), 수율은 시료간에 차이가 있어 MSPI처리구는 CaCl_2 첨가구가 3.76~3.85 전두부 g/MSP g으로 낮은 수율을 보였고, 그 외의 응고제 첨가구는 3.92~4.01 전두부 g/MSP g의 비슷한 수율을 보였다. 또 MSPII처리구는 MSPI처리구와 달리 Ca-gluconate 응고제가 다른 응고제에 비하여 낮은 수율을 보였다.

두부의 물리적인 특성인 탄력성, 단단한 정도와 씹힘성 경우 전반적으로 MSPII처리구가 MSPI처리구보다 높았고, 응고제 별로 탄력성은 CaCl_2 첨가구와 Ca-gluconate첨가구가 다른 응고제보다 높게 나타났으며, 단단함은 GDL첨가구가 높은 반면 응집성은 CaSO_4 첨가구가 가장 높게 나타나 응고제마다 특성이 있었다.

Table 4. Effects of microparticulated soybean powder and coagulant concentration on the yield and textural properties of *Chundubu*

Sample	MSPC ¹⁾ (%)	CC ²⁾ (%)	<i>(Chundubu</i> g/SPC g)	Textural properties			
				Springiness	Cohesiveness	Hardness (g)	Chewiness
MSPI	6	0.8	3.95±0.04 ^{cd3)}	0.76±0.05 ^a	0.59±0.03 ^{ab}	689.9±74.1 ^{cd}	306.7±43.2 ^{cd}
		1.0	4.09±0.06 ^{ab}	0.75±0.04 ^{ab}	0.57±0.02 ^c	677.0±95.4 ^d	297.9±49.1 ^{cd}
		1.2	4.11±0.11 ^a	0.71±0.04 ^b	0.59±0.02 ^{ab}	641.5±88.6 ^d	270.5±51.3 ^d
	8	0.8	3.92±0.07 ^{cd}	0.74±0.05 ^{ab}	0.58±0.01 ^{abc}	817.4±115.8 ^{ab}	354.7±60.6 ^{ab}
		1.0	3.95±0.09 ^{cd}	0.73±0.04 ^{ab}	0.58±0.01 ^{abc}	758.7±74.5 ^{bc}	325.4±38.38 ^{bc}
		1.2	4.00±0.08 ^{abc}	0.75±0.05 ^{ab}	0.59±0.02 ^{ab}	789.5±136.0 ^{ab}	351.9±82.4 ^{ab}
	10	0.8	3.87±0.04 ^d	0.77±0.04 ^a	0.58±0.01 ^{bc}	846.2±118.1 ^a	379.5±61.1 ^a
		1.0	3.88±0.09 ^{cd}	0.74±0.09 ^{ab}	0.60±0.03 ^a	821.9±123.3 ^{ab}	368.1±86.8 ^{ab}
		1.2	3.98±0.07 ^{bcd}	0.77±0.02 ^a	0.57±0.01 ^c	829.3±72.6 ^{ab}	366.3±33.6 ^{ab}
F-value			4.60 ^{**}	2.17 [*]	3.33 [*]	8.72 ^{***}	6.62 ^{***}
MSPII	6	0.8	4.07±0.04 ^a	0.77±0.07 ^{ab}	0.58±0.01 ^{ab}	718.3±99.9 ^{cd}	325.1±54.4 ^{bcd}
		1.0	3.98±0.01 ^{ab}	0.77±0.04 ^{ab}	0.59±0.01 ^a	708.6±93.7 ^{cd}	319.2±46.5 ^{cd}
		1.2	4.08±0.08 ^a	0.76±0.04 ^b	0.58±0.02 ^{ab}	682.6±64.2 ^d	310.4±47.4 ^d
	8	0.8	3.87±0.03 ^b	0.78±0.07 ^{ab}	0.59±0.01 ^a	811.2±95.6 ^{ab}	371.3±59.9 ^{ab}
		1.0	4.09±0.05 ^a	0.80±0.02 ^a	0.58±0.02 ^{ab}	764.5±103.2 ^{bc}	353.2±48.6 ^{bc}
		1.2	4.01±0.07 ^a	0.77±0.02 ^a	0.59±0.02 ^{ab}	795.2±99.9 ^{bc}	359.9±46.9 ^{bc}
	10	0.8	3.82±0.08 ^c	0.79±0.04 ^{ab}	0.59±0.02 ^a	854.1±79.8 ^a	392.8±40.4 ^a
		1.0	4.08±0.06 ^a	0.79±0.03 ^{ab}	0.57±0.01 ^b	760.0±92.3 ^{bc}	345.4±49.8 ^{bcd}
		1.2	4.07±0.18 ^a	0.77±0.04 ^{ab}	0.58±0.01 ^{ab}	778.3±117.8 ^{bc}	351.1±60.4 ^{bc}
F-value			5.96 ^{***}	1.50	1.28	4.75 ^{***}	3.64 ^{***}

¹⁾Microparticulated soybean powder concentration. ²⁾Coagulant concentration.

³⁾Means with the different letters in same column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple test.

*Significance at 5%, **Significance at 1%, ***Significance at 0.1%.

Table 5. Values of regression equation calculated with microparticulated soybean powder and coagulant concentration for *Chundubu*

Sample	Variables	Regression equation	R ²
MSPI ¹⁾	Hardness	=777.58+81.5X ₁ -15.53X ₂ +7.88X ₁ X ₂ -16.43X ₁ ² +16.43X ₂ ²	0.939
	Chewiness	=337.7+40.63X ₁ -8.69X ₂ +5.74X ₁ X ₂ -13.32X ₁ ² +9.43X ₂ ²	0.877
MSPII ²⁾	Springiness	=0.79+0.085X ₁ -0.0055X ₂ +0.0005X ₁ X ₂ -0.0078X ₁ ² -0.0138X ₂ ²	0.802
	Hardness	=771.02+47.15X ₁ -21.25X ₂ -10.02X ₁ X ₂ -39.98X ₁ ² +28.92X ₂ ²	0.771
	Chewiness	=353.2+22.41X ₁ -11.31X ₂ -6.75X ₁ X ₂ -20.83X ₁ ² +12.49X ₂ ²	0.827

¹⁾Microparticulated soybean powder (USA). ²⁾Microparticulated soybean powder (Australia).

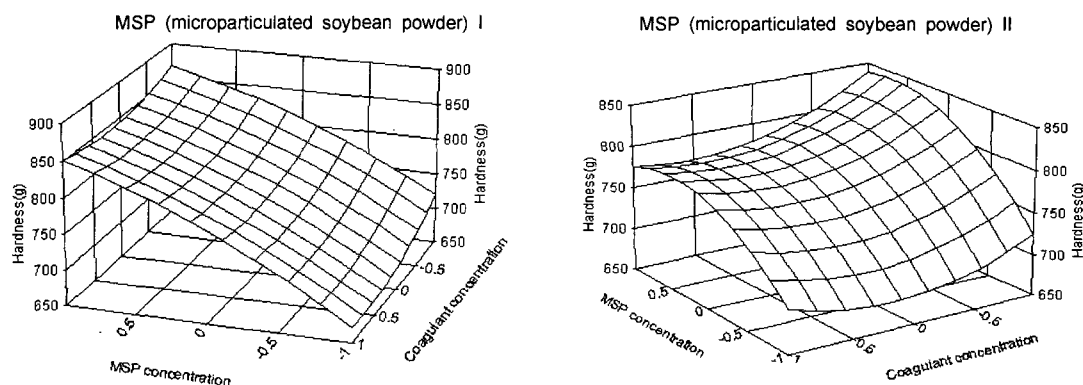


Fig. 1. Response surfaces on the hardness of *Chundubu* according to microparticulated soybean powder and coagulant concentration.

Table 6. Effects of coagulant varieties and concentration on the yield and textural properties of *Chundubu*

Sample	Coagulant varieties	CC ¹⁾ (%)	(Chundubu g/MSP g)	Textural properties			
				Springiness	Cohesiveness	Hardness (g)	Chewiness
MSPI ²⁾	CaCl ₂	0.3	3.76±0.06 ^{d4)}	0.76±0.06 ^{abc}	0.58±0.01 ^{bcd}	834.0±76.5 ^{cd}	364.2±50.7 ^{bcd}
		0.4	3.83±0.06 ^{cd}	0.75±0.03 ^{abc}	0.58±0.01 ^{bc}	803.2±76.9 ^{cde}	351.3±40.0 ^{bcd}
		0.5	3.85±0.08 ^{bcd}	0.78±0.04 ^{ab}	0.58±0.01 ^{bc}	816.5±77.6 ^{cde}	368.0±50.7 ^{bc}
	CaSO ₄	0.8	3.92±0.07 ^{abc}	0.74±0.05 ^{bc}	0.58±0.01 ^{ab}	817.4±115.8 ^{cde}	354.7±70.6 ^{bcd}
		1.0	3.95±0.09 ^{ab}	0.73±0.04 ^c	0.58±0.01 ^{ab}	758.7±74.5 ^{de}	325.4±38.4 ^d
		1.2	4.00±0.08 ^a	0.73±0.04 ^c	0.59±0.01 ^a	763.6±123.4 ^e	330.9±62.7 ^{cd}
	GDL	0.4	3.92±0.03 ^{abc}	0.73±0.04 ^c	0.58±0.01 ^{bcd}	913.9±106.7 ^a	387.9±56.4 ^{ab}
		0.6	3.96±0.08 ^{ab}	0.75±0.03 ^{bc}	0.57±0.01 ^{cd}	990.1±72.5 ^a	424.3±33.6 ^a
		0.8	3.98±0.02 ^a	0.75±0.04 ^{bc}	0.57±0.01 ^d	975.6±106.7 ^{ab}	419.8±49.9 ^a
	Ca-gluconate	0.8	3.95±0.05 ^{ab}	0.77±0.02 ^{ab}	0.57±0.01 ^{cd}	750.0±65.9 ^e	331.7±32.8
		1.0	3.92±0.05 ^{abc}	0.79±0.03 ^a	0.57±0.01 ^{cd}	838.7±70.6 ^c	379.4±40.3 ^b
		1.2	4.01±0.03 ^a	0.77±0.05 ^{ab}	0.58±0.01 ^{bcd}	810.9±59.5 ^{cde}	362.5±39.3 ^{bcd}
F-value			5.35 ^{***}	2.95 ^{**}	4.91 ^{***}	11.26 ^{***}	6.41 ^{***}
MSPI ³⁾ I	CaCl ₂	0.6	3.83±0.07 ^{fg}	0.81±0.03 ^{cde}	0.58±0.01 ^a	1447.8±125.6 ^{bc}	680.7±68.7 ^b
		0.8	3.90±0.04 ^{ef}	0.85±0.03 ^a	0.58±0.01 ^a	1389.9±93.3 ^{bcd}	679.4±56.8 ^b
		1.0	4.06±0.03 ^{abc}	0.84±0.04 ^{ab}	0.58±0.01 ^a	1071.9±78.6 ^e	521.4±50.9 ^d
	CaSO ₄	0.8	3.87±0.03 ^{efg}	0.78±0.06 ^{de}	0.59±0.01 ^a	811.2±95.9 ^f	371.3±58.4 ^e
		1.0	4.09±0.05 ^a	0.79±0.02 ^{cde}	0.58±0.02 ^a	764.5±99.9 ^f	353.2±46.9 ^e
		1.2	4.01±0.07 ^{bc}	0.77±0.07 ^e	0.59±0.02 ^a	795.2±56.4 ^f	359.9±43.1 ^e
	GDL	0.6	3.93±0.07 ^{de}	0.79±0.05 ^{cde}	0.58±0.01 ^{ab}	1695.3±184.2 ^a	769.7±110.9 ^a
		0.8	4.00±0.02 ^{cd}	0.80±0.04 ^{cde}	0.57±0.01 ^{bc}	1710.2±170.5 ^a	782.5±97.2 ^a
		1.0	4.07±0.02 ^{ab}	0.79±0.04 ^{cde}	0.56±0.01 ^c	1348.3±137.1 ^d	602.8±70.3 ^c
	Ca-gluconate	1.0	3.81±0.02 ^g	0.82±0.04 ^{abc}	0.58±0.01 ^a	1479.4±112.6 ^b	699.1±65.5 ^b
		1.2	3.85±0.03 ^{fg}	0.81±0.04 ^{abc}	0.59±0.01 ^a	1420.6±139.4 ^{bcd}	674.6±77.9 ^b
		1.4	3.85±0.06 ^{fg}	0.80±0.74 ^{cde}	0.58±0.71 ^a	1379.3±71.6 ^{cd}	644.6±44.4 ^{bc}
F-value			17.57 ^{***}	4.17 ^{***}	5.45 ^{***}	123.15 ^{***}	6.41 ^{***}

¹⁾Coagulant concentration. ²⁾Microparticulated soybean powder (USA). ³⁾Microparticulated soybean powder (Australia).

⁴⁾Means with the different letters in same column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple test.

Significance at 1%, *Significance at 0.1%.

한편 혼합응고제와 가열시간이 전두부의 수율 및 조직 감에 미치는 영향을 조사하기 위하여 중심합성 중심법으로 설계하여 실험을 하였다. 이때 혼합응고제의 경우는 단단응고제 중 주로 유부 제조에 주로 쓰이고 있는 CaCl₂를 제외하고, CaSO₄, GDL, Ca-gluconate를 선정하여 수율 및 물리적 특성에서 비교적 양호하게 평가되었던 응고제 소요량을 1로 하여 혼합비율별(1:0, 0.75:0.25, 0.5:0.5, 0.25:0.75, 0:1)로 응고제를 제조한 후, 이들 응고제와 가열시간이 전두부에 미치는 영향을 조사하였다.

그 결과 수율은 MSPI 처리구와 MSPII 처리구 모두 CaSO₄-GDL 혼합응고제가 비교적 높았다. 물리적 특성중 탄력성은 200 mesh CaSO₄-Ca-gluconate>GDL-Ca-gluconate>CaSO₄-GDL 첨가구 순이었고, MSPII는 응고제 간에 큰 차이가 없었다. 또 단단한 정도는 MSPII 처리구의 경우 응고제 간에 약간의 차이는 있으나, 최저 1441.9 g~1993.4 g의 값으로 MSPI의 1041.8 g~1459.9 g의 값과 비교할 때 MSPII의 가장 낮은 단단함과 MSPI 처리구의

최고값과 비슷하였다.

두유의 가열시간과 혼합응고제의 영향을 전체적으로 조사하기 위하여 전두부의 물리적인 특성을 조사한 결과 혼합응고제와 입도에 따라 약간 차이가 있었는데, MSPI 처리구는 CaSO₄-GDL 혼합응고제가 두부의 물리적 특성이 단단함에 영향을 미쳤으며, MSPII 처리구는 GDL-Ca-gluconate 혼합 응고제가 단단함, 탄력성, 씹힘성 및 응집성에 영향을 미쳤다. Fig. 2는 가열시간과 혼합응고제가 단단함에 미치는 영향을 도시화한 것이다. MSPI 처리구의 경우 두유의 가열시간이 증가함에 따라 전두부의 강도가 증가하다가 20분 이상이 되면 다시 감소하는 경향을 보여준 반면 MSPII 처리구는 가열시간의 증가에 따라 단단한 정도가 서서히 증가하는 경향이였다. 이는 두부 제조시 열처리를 과도하게 하면 견고성이 감소된다는 보고와 두유 가열시 SH group의 수가 서서히 증가하다가 최고치에 도달한 후에는 다시 감소한다는 보고와 MSPI 처리구는 일치하나 MSPII 처리구는 계속 서서히 증가하는 경향

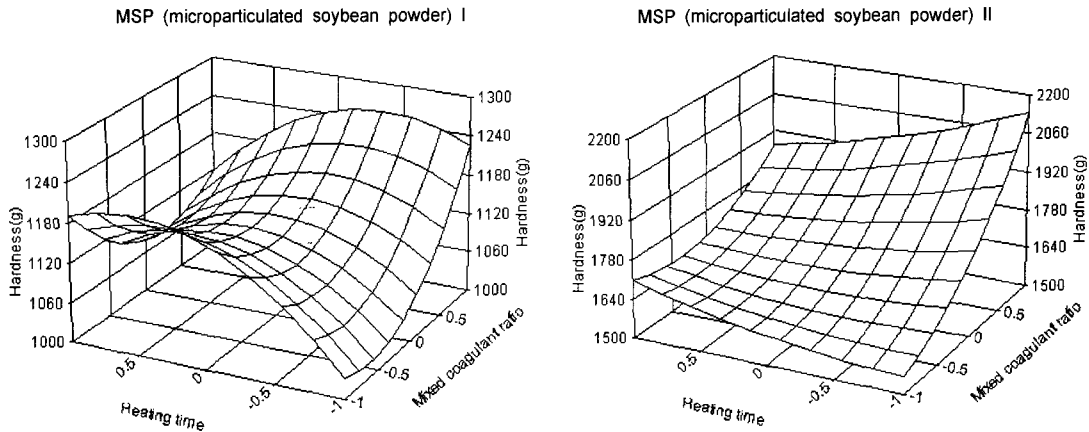


Fig. 2. Response surfaces on the hardness of *Chundubu* according to heating time and mixed coagulant ratio.

을 보였다. 또 혼합 응고제의 경우는 MSPI 처리구는 GDL 첨가량이 증가할수록 단단한 정도가 증가하였고, MSPII 처리구는 Ca-gluconate 첨가량이 증가할수록 서서히 증가하는 추세였다.

이상의 결과에서 전두부 제조를 위한 미세분말의 입도는 전두부의 수율에는 큰 영향을 끼치지 않았으나, 두부의 물리적 특성인 탄력성, 단단한 정도 및 씹힘성 등의 조직감에는 영향을 상당히 끼쳤다. 즉 MSPII 처리구가 MSPI 처리구보다는 전반적으로 높은 탄력성과 단단함을 나타내었는데, 이는 입도 크기가 작은 MSPII의 경우 전두부 제조시 대두 미세분말 입자와 비교적 단단하게 결합하여 기계적인 조직감 측정시 힘을 가할 때 MSPI보다는 그 저항성이 더 있는 것으로 여겨진다. 또 가열시간 및 혼합

응고제에 따라서 전두부의 특성인 강도 및 탄력성에 미치는 영향이 다르게 나타났다.

첨가물에 의한 영향

첨가물의 영향은 Table 7과 Fig. 3은 첨가제 및 혼합응고제 사용량에 따른 전두부의 물리적 특성을 조사한 것으로 혼합응고제 0.3%에 첨가제 0.01%가 가장 양호한 전두부 상태를 나타내었고, 전두부에 적용 가능한 첨가제로는 carrageenan, gellan gum, sodium alginate 0.01%로 나타났다.

전두부 제조 공정 및 저장성

Fig. 4는 대두미세분말을 이용한 예비 전두부 제조 공정

Table 7. Sensory properties of *Chundubu* according to addition of various additives

Additive varieties	Mixed coagulant (additive) content (%)					
	0.35 (0)	0.4 (0.025)	0.3 (0.01)	0.2 (0.015)	0.3 (0.05)	0.5 (0.01)
Alginate	대단히 단단함	단단함	단단함	단단함	단단함	단단함
Carrageenan	절단면 거침	작은 응고물	비단두부	목과 유사	강한 탄성	성형상태 불량
Gellan gum	분리 현상	작은 기포	상태 양호	기포 형성	기포형성, 강한 탄성	기포 형성
Pectin	성형 불량	성형 불량	성형 불량	성형 불량	성형 불량	성형 불량
Sodium alginate	절단면 거침	기포형성, 응고	상태 양호	성형 불량	작은 기포	응고, 기포형성

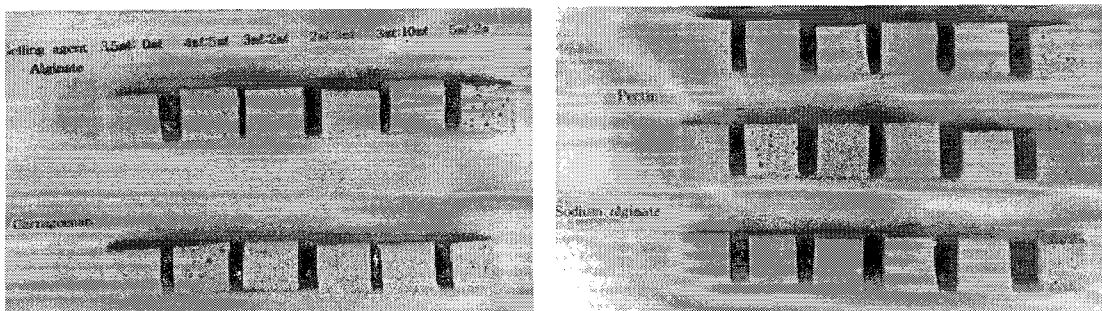


Fig. 3. *Chundubu* prepared with various additives.

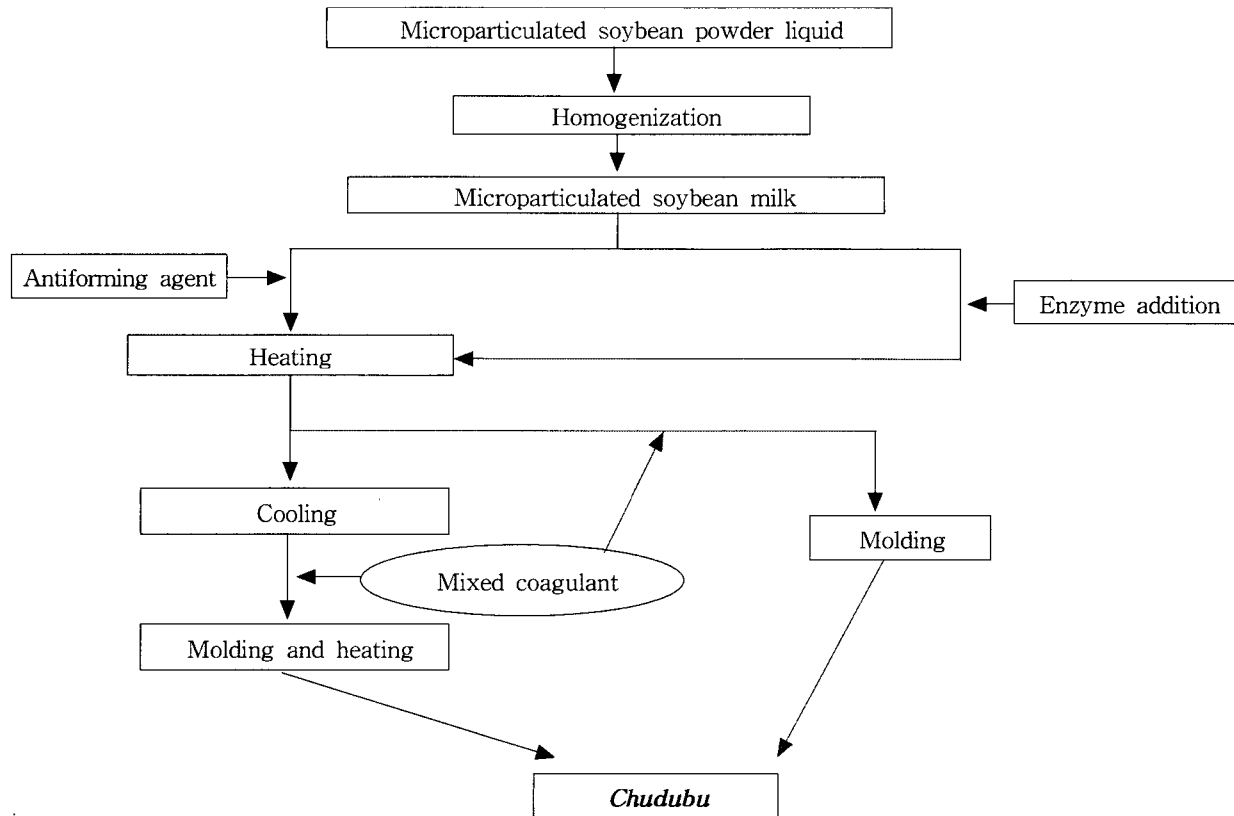


Fig. 4. Processing sheet of *Chudubu*.

도 중의 하나이고, Table 8은 제조된 전두부의 관능적 특성을 조사한 결과이다. 시판되고 있는 일반 두부와 비교하여 첨가된 응고제에 따라 다른 특성을 나타내었는데, 특히 고소한 냄새와 맛은 시판되고 있는 두부보다 높다고 평가

하였고, 콩비린맛과 콩비린내 등의 항목에서 전두부 제조에 사용한 응고제 종류에 따라 다른 평가를 나타내어 전두부의 상품 가능성을 보였으나, 탄력성, 씹힘성 등의 두부의 물리적 특성은 시판 두부보다 낮게 평가되어 전두부의

Table 8. Sensory evaluation of *Chudubu* (uncompressed) according to various coagulant

Sensory attribute		Coagulant			Commercial tofu
		Coagulant I	Coagulant II	Coagulant III	
Flavor	Roasted nutty	6.30 ± 1.78 ^{a1)}	5.65 ± 1.73 ^a	5.65 ± 1.90 ^a	3.35 ± 1.69 ^b
	Beany	3.75 ± 1.94 ^a	3.70 ± 2.05 ^a	4.55 ± 2.29 ^a	4.15 ± 2.18 ^a
	Off	2.70 ± 1.98 ^a	2.75 ± 2.15 ^a	2.75 ± 1.80 ^a	3.50 ± 2.33 ^a
Color		4.60 ± 1.67 ^b	4.80 ± 1.54 ^b	5.05 ± 1.82 ^b	7.10 ± 1.89 ^a
Textural properties	Cutted surface	5.45 ± 2.33 ^a	4.25 ± 1.65 ^{ab}	5.40 ± 1.82 ^a	3.50 ± 3.14 ^b
	Homogenousness	5.35 ± 1.95 ^b	4.95 ± 1.70 ^b	4.40 ± 2.04 ^b	7.30 ± 2.36 ^a
	Hardness	2.85 ± 1.76 ^b	3.10 ± 0.97 ^b	3.65 ± 1.84 ^b	5.70 ± 1.98 ^a
	Springiness	2.05 ± 0.89 ^c	3.00 ± 1.17 ^b	3.05 ± 1.73 ^b	6.35 ± 1.60 ^a
	Cohesiveness	2.95 ± 1.70 ^b	3.85 ± 2.08 ^{ab}	4.00 ± 2.15 ^{ab}	4.95 ± 2.06 ^a
	Chewiness	3.50 ± 2.31 ^a	3.85 ± 2.28 ^a	4.10 ± 2.15 ^a	5.05 ± 2.35 ^a
Taste	Roasted	5.35 ± 1.84 ^a	5.30 ± 1.81 ^a	4.80 ± 1.74 ^a	4.55 ± 1.82 ^a
	Beany	4.45 ± 1.93 ^a	3.90 ± 1.74 ^a	5.00 ± 2.13 ^a	3.95 ± 2.28 ^a
	Bitter	3.90 ± 2.13 ^{ab}	2.75 ± 1.74 ^{bc}	4.10 ± 2.31 ^a	2.30 ± 1.56 ^c
	Astringent	4.55 ± 2.04 ^a	4.20 ± 2.17 ^{ab}	4.90 ± 2.63 ^a	2.85 ± 1.84 ^b
	Sweet	3.95 ± 2.11 ^a	3.20 ± 1.61 ^{ab}	2.90 ± 1.80 ^{ab}	2.60 ± 0.99 ^b
Total acceptability		3.70 ± 1.87 ^b	4.95 ± 2.19 ^a	3.20 ± 1.40 ^b	5.45 ± 2.33 ^a

¹⁾Means with the different letters in same column are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple test.

상품화를 위해서는 조직감의 개선이 요구되고 있다.

한편 응고제별 제조된 전두부와 시판품을 0°C 냉장온도와 30°C 항온기에 저장하면서 pH와 산도의 변화를 측정하였다(Fig. 5). pH의 경우 냉장온도에서는 6일까지 두부 제조 직후의 초기 pH 6.0내외에서 크게 벗어나지 않았고, 총산도에 있어서도 제조 초기와 비슷하게 유지되었으나 시판품의 경우 저장 6일에 초기 산도보다 약간 증가하는 경향을 보였다. 또 30°C에서 저장한 경우는 시료에 관계없이 저장 1일 이후부터 급격히 pH는 낮아지고 총산도 역시 급격하게 증가하였다.

또 시판품이 전두부에 비하여 pH, 총산도 등의 변화 속도가 약간 빨랐는데, 이는 시판품의 경우 유통에 의한 시간 경과에 따른 결과로 보여진다. 저장 기간별 두부액의 흡광도와 호기성 미생물을 측정된 결과도 pH와 총산도 결과와 유사하게 시판품이 실험실내에서 제조된 전두부에 비하여 높은 값을 나타냈고, 저장온도의 경우도 냉장온도에서는 두부액의 흡광도도 크게 증가하지 않았고, 호기성 미생물도 검출되지 않았으나, 30°C 저장 시료는 흡광도도 증가되고 호기성 미생물도 검출되었다. 즉 제조된 전두부의 저장성은 사용한 응고제에 따라 차이는 있었지만, 시판되고 있는 두부와 유사한 저장성을 나타내었다.

전두부 기능성 및 제품 다양화

식품의 역할이 과거에는 적절한 영양섭취를 통한 건강

유지에서 현재는 건강을 증진시키고, 만성퇴행성 질환의 위험성을 낮추는 쪽으로 변화되고 있다. 이러한 추세에 맞추어 대두는 만성 퇴행성 질환을 예방하고 그 위험을 줄일 수 있는 중요한 기능성 식품소재로 인식되고 있는데, 대두는 분자내 여러 개의 페놀성 수산기를 가지며 A, B, C환의 기본 골격을 가진 폴리페놀의 일종인 여성 호르몬인 에스트로젠과 닮은 구조와 작용으로 “파이토 에스트로젠”이라고 하는 이소플라본이 배축부에 많이 함유되어 있다. 대두 이소플라본은 동물 및 세포 모델을 이용한 여러 연구 결과에서 여성호르몬과 비슷한 작용 및 암예방, 골밀도의 저하 억제, 항산화, 콜레스테롤 저하 등의 생리활성을 나타내는 것으로 알려졌다.

이소플라본의 이용측면에서 살펴보면 두부는 마쇄된 대두액을 끓인 다음 여과시킨 두유를 응고·제조하기 때문에 이소플라본의 상당량이 두부순물로 손실되고 두부 제조시 부산물로 생산되는 비지에도 많이 함유되어 있어 일반적인 두부제조 방법은 양질의 기능성 성분이 손실된다. 이에 반해 전두부는 마쇄된 대두액 또는 대두분을 여과하지 않고 응고시켜 제조하기 때문에 대두 이소플라본이 손실되지 않고 그대로 이용될 수 있다. 이에 본 연구에서는 전두부 제조에 있어서 중요한 공정인 효소처리 공정에 있어서 대두분의 입자 크기별, 효소처리 시간별 제조된 전두부의 이소플라본 함량 변화와 12가지 대두 이소플라본의 물리화학적 특성치와 암예방 관련 효소활성의 지표

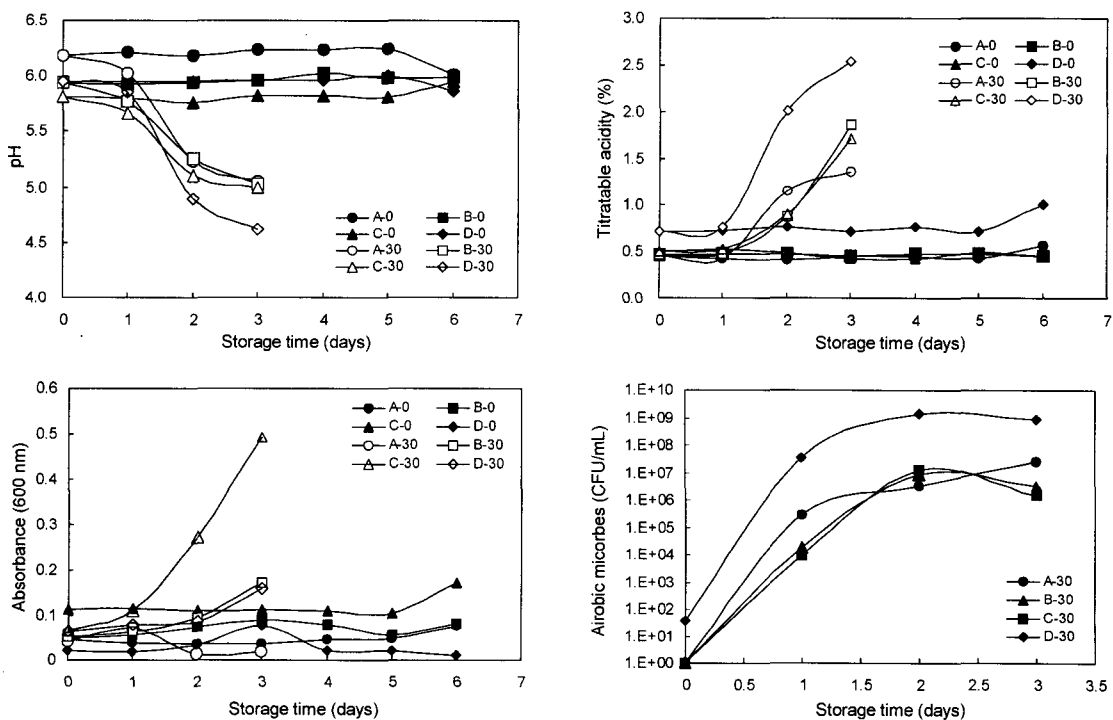


Fig. 5. Changes in pH, titratable acidity, absorbance and airobic micorbes of Chundubu during storage at 0°C and 30°C. A: coagulant I, B: coagulant II, C: coagulant III, D: commercial tofu.

활성으로 인식되고 있는 cytochrome P450 1 저해활성과 quinone reductase 유도 활성을 조사하여 물리화학적 특성과 활성과의 관계 및 구조활성관계를 살펴보았다. 그 결과 품종이나 제조 방법에 따라 차이는 있지만, 전반적으로 전두부와 일반두부에 있어서 배당체 또는 말로닐과 아세틸기가 붙은 글루코스 결합체의 비율은 크게 차이가 없었던 반면 daidzein과 genistein과 같은 비당체의 비율이 전두부가 일반두부에 비해 약 2~5배 높았다. 또 12종 대두 이소플라본의 암예방 활성의 지표로 측정된 B[a]P 유도 EROD 저해활성이나 QR 유도 활성을 측정한 결과에서는 genistein, daidzein과 같은 비당체의 활성이 가장 높았다. 이소플라본 함량이 높은 동시에 비당체의 비율이 높은 전두부는 일반두부에 비해 이소플라본의 생리활성, 생체이용성 및 약물동력학(pharmacokinetics) 측면에서 장점이 있을 것으로 판단되었다.

한편, 국민 소득 증가와 함께 소비자들이 위생적인 측면에 더욱 관심을 갖게 되자 전통적인 방법인 가용성 단백질을 물과 함께 가열 추출한 후 응고시킨 다음 압착 성형시킨 비포장된 일반 두부보다 일부 소비자들은 위생적으로 만들어진 포장두부와 브랜드가 있는 제품이 더 안전하다고 생각하여 선택하는 경우가 더 많아지고 있는 추세이다. 이렇게 각광을 받고 있는 두부의 경우 국내에서는 일반두부가 90% 정도를 차지하고 있고, 그 외에 포장 순두부, 연두부, 유부 등이 거의 국내시장을 점유하고 있다. 우리와 비슷하게 두부를 섭취하여 온 일본 및 중국 등에서는 일반두부뿐만 아니라, 두부를 소재로 하는 제 2차 가공품이 많이 발달되어 있다.

즉 두부소시지, 두부 크로켓, 두부햄, 두부스테이크, 두부 아이스크림, 두부 젤리 등이 일본에서 쉽게 찾아볼 수 있고, 두부를 얇게 하여 여기에 여러 조미액을 줄여 만든 두건(豆乾)과 미생물을 접종시킨 후 발효시킨 발효 두부 등이 있다. 현재 우리나라의 경우 소비자 층의 변화로 두부를 이용한 제 2차 가공품을 서서히 요구할 것이라 여겨지고 두부 업체들은 이에 관해 많은 관심을 가지고 있다.

그러므로 비지의 발생이 없으면서 양질의 영양분을 그대로 가지고 있는 전두부의 경우도 다양화 측면에서 전두부를 원료로 하여 색을 가미한 유색두부, 두부와 어울리는 여러 가지 맛을 첨가한 맛 두부 및 발효두부에 주로 사용하는 곱팡이 균주를 순수 배양하여 전두부에 접종한 후 발효 전두부의 가능성을 조사하였다.

참 고 문 헌

1. Nongsuchuksan newspaper Co. 2000. *Korea Food Yearbook*. Korea. p 701.
2. Watanabe T, Fukumachi C, Nakayama O, Teramachi Y, Abe K, Suruga S, Miyana S. 1964. *Research into the standardization of the tofu making process*. National Food Research Institute, Japan.
3. Kawaguch Y. 1979. Effect of heat treatment of soymilk, coagulants and yeast inoculation of the texture of soy curds. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogakukaishi* 26: 434-441.
4. 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.
5. Hwang IK, Park CK. 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.
6. Kim HJ, Kim BY, Kim MH. 1995. Rheological studies of the processing conditions. *Korean J Food Sci Technol* 27: 324-328.
7. Baik SH, Kim MK, Yun SE, Joo HK. 1996. Improvement on textural properties of soybean curd by freeze denaturation of soybeans. *Korean J Food Sci Technol* 28: 267-272.
8. Jang WY, Kim BY, Kim MH. 1995. Prediction of the rheological of soybean curd during storage by using WLF equation. *Korean J Food Sci Technol* 27: 193-198.
9. Ko SN, Kim WJ. 1992. Effect of coagulants and coagulation temperature on physical properties of ISP-tofu. *Korean J Food Sci Technol* 24: 154-159.
10. Saio K. 1979. Tofu-relationships between texture and fine structure. *Cereal Foods World* 24: 342-254.
11. Wang HL, Hesseltine CW. 1982. Coagulation condition in tofu processing. *Process Biochem* 17: 7-12.
12. Lim BT, De Man JM, De Man L, Buzzell RI. 1990. Yield and quality of tofu as affected by soybean and soymilk characteristics. Calcium sulfate coagulant. *J Food Sci* 55: 1088-1093.
13. Tasi ST, Lan CY, Kao CS, Chen SC. 1981. Studies on the yield and quality characteristics of the tofu. *J Food Sci* 46: 1734-1741.
14. Lee WJ, Choi MR, Sosulski FW. 1992. Separation of tofuresidue (Biji) into dietary fiber and protein fractions. *Korean J Food Sci Technol* 24: 97-100.
15. Hong JS, Kim MK, Yoon S, Ryu NS, Kim YK. 1993. Preparation of noodle supplemented with treated apple pomace and soymilk residue as a source of dietary fiber. *J Korean Agric Chem* 36: 80-85.
16. Van der Riet WB, Wihgt AW, Chilliers JJJ, Datel JM. 1989. Food chemical investigation of tofu and its by-product okara. *Food Chem* 34: 193-202.
17. Kweon MN, Ryu HS, Moon JH. 1993. Nutritional evaluation of tofu containing dried soymilk residue 1. Evaluation of protein quality. *J Korean Soc Food Nutr* 22: 255-261.
18. Kim JY, Kim JH, Moon KD. 2000. Quality attributes of

- whole soybean flour tofu affected by coagulant and their concentration. *Korean J Food Sci Technol* 32: 402-409.
19. Ku KH, Kim MJ, Kim NY, Chun HS. 2001. Effects of microparticulated soybean powder and its preparation condition on textural properties of Chundubu. *Food Sci Biotechnol* 10: 211-218.
20. AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Association of official analytical chemists, Washington, DC, USA.
21. SAS Institute, Inc. 1988. *SAS/STAT. User's Guide*. Version 6. 2th ed. Cary, NC, USA.
22. Wang HL, Swain EW, Kwolek WF. 1983. Effect of soybean varieties on yield and quality of tofu. *Cereal Chem* 60: 245-248.