

콩미세분말로 제조된 두유 및 전두부의 물성

심재진 · 서지현 · 소한섭 · 유병승* · 이삼빈[†]

계명대학교 식품가공학전공

*동국대학교 식품공학과

Rheological Properties of Soymilk and Curd Prepared with Micronized Full-fat Soyflour

Jae-Jin Shim, Ji-Hyun Seo, Han-Sup Soh, Byoung-Seung Yoo* and Sam-Pin Lee[†]

Dept. of Food Science and Technology, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea

*Dept. of Food Science and Technology, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea

Abstract

Rheological properties of micronized full-fat soyflour (MFS) milk were determined according to solid content, heat-treatment and type of coagulants. Heat-treated MFS milk showed a pseudoplastic flow pattern. The consistency and flow index of heated MFS milk was greatly affected by increasing the concentration of MFS and/or soy protein isolate (SPI). Apparent viscosity of MFS milk was gradually decreased by heating below 60°C, but was drastically increased by raising temperature further. Addition of coagulants and SPI resulted in dropping the temperature that allows to increase apparent viscosity drastically. A coagulant for MFS tofu was formulated based on the gelling property of a single coagulant. The textural properties of MFS tofu were improved using 7.1% total protein fortified with SPI.

Key words: micronized full-fat soyflour, viscosity, coagulant, tofu

서 론

대두(*Glycine max*)는 예로부터 장류 등의 발효식품과 두부, 콩나물 등 다양한 용도로 이용되어 왔으며, 양질의 식물성 단백질 공급원으로 다양한 식품의 단백질 보강재료 및 가공원료로 사용되고 있다(1,2). 콩의 기능성 및 생리활성물질에 기인한 성인병 예방효과 등이 보고(3-5)되면서 콩은 중요한 식물성단백질과 기능성소재로서 이용이 증가될 것으로 본다.

콩의 전형적인 가공품인 두부의 품질은 대두의 종류에 따른 단백질의 함량과 질, 두유 중의 고형분 농도, 가열온도 및 시간, 응고과정, 성형시 압착 등과 같이 응고조건에 의해서 두부의 조직감에 영향을 주어 품질을 좌우한다(6-8). 특히, 두부의 응고는 주된 콩 단백질인 glycinin의 음이온잔기와 금속염인 Ca⁺⁺ 및 Mg⁺⁺에 의한 가교결합으로 응고되면서 두부 겔을 형성한다(9). 응고제의 종류에는 chloride-type(MgCl₂, CaCl₂), sulfate-type(MgSO₄, CaSO₄), Glucono- δ -lactone (G δ) 및 산성 응고제(acetic acid, lactic acid) 등이 있으며, 각각의 응고제는 단백질겔의 형성과정과 두부의 조직감에 큰 영향을 준다(10,11). 특히 GDL은 물에 용해되어 산으로 해리되는데 다소 시간이 걸리기 때문에 포장한 후 응고시키

는 충전두부제조에 주로 이용되고 있다(10). 두부제조과정에서 부산물로 생산되는 비지와 순물은 일부 식품 및 생물소재로 활용을 위해서 연구가 진행되고 있으나(12,13), 대부분이 사료로 이용되거나 폐기되는 것이 현실이다. 따라서 섬유소를 비롯한 영양성분이 풍부한 비지의 손실을 최소화하는 두부제조 방법에 관한 연구가 필요한 실정이다.

최근 분체공학의 발전과 더불어 콩의 지방성분의 제거 없이 미세분말화가 가능하게 되었다. 원료대두를 수세, 탈피, 조분쇄, 유동상건조 및 미분쇄 등의 과정을 거쳐서 생산된 300 mesh 이상의 입도로 미세분말화된 전지활성대두미세분말(micronized full-fat soyflour, MFS)은 가공식품소재로 널리 이용될 수 있다고 사료된다. MFS는 생 대두의 껍질만을 제거한 후 대두 고유한 영양 및 생리활성성분, 맛과 풍미를 그대로 유지하고 단백질 변성이나 지방질의 산패를 최소화하는 조건에서 미세분말화한 것으로, 우수한 유흥력, 보수성이 양호하며, 가공적성이 우수하여 앞으로 식품소재로서 활용이 기대된다(14). 콩미세분말을 활용한 대표적인 예로서 충전두부인 전두부의 제조를 들 수 있다. 전두부는 콩미세분말을 이용하여 두유를 제조한 후 열처리와 응고제의 첨가에 의해서 포장용기 안에서 두부겔을 형성시킨 제품으로, 기존의 두부제조에 비해서 가공공정의 간소 및 경제성이 있

[†]Corresponding author. E-mail: splee@kmu.ac.kr
Phone: 82-53-580-5554, Fax: 82-53-580-5554

으며, 다양한 부원료가 첨가된 다양한 전두부 제품의 제조가 가능하다(15,16). 이처럼 전두부가 기존의 두부보다 다양한 이점에도 불구하고 콩미세분말로 제조되는 전두부의 조직감은 아직 전형적인 두부의 조직감과 다른 특성을 보인다. 전두부 제조시에 콩미세분말중의 일부 불용성물질이 두부 조직형성에 관여함으로써 전두부의 점탄성이 부족한 것이 단점으로 지적되고 있다.

따라서 본 연구에서는 MFS를 주원료로 한 두유의 물성과 두유의 열처리, 응고제 및 콩단백질 첨가에 따른 물성을 평가함으로써 MFS로부터 조직감이 향상된 전두부의 제조방법을 개발하려고 한다. 이에 MFS용액의 농도, 열처리, 응고제 및 분리대두단백 첨가에 따른 점도 측정을 통하여 MFS의 물성을 평가하였으며, 제조된 충전 전두부의 물성을 기계적 측정에 의해서 평가하였다.

재료 및 방법

재료

전지화성생대두미세분말(micronized full-fat soyflour, MFS, Perican Co., Japan), 분리대두단백질(soy protein isolate, SPI, Archer Daniels Midland Co., USA)을 사용하였다. MFS의 단백질 함량과 수분함량은 각각 39.1%와 5.8%였으며, SPI의 단백질함량과 수분함량은 각각 90% 및 6.5%였다. 두부제조시 응고제로서 GDL(glucono- δ -lactone, Sigma, USA), $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (1급, Duksan Pharmaceutical Co., LTD), 죽염(황학죽염, 백운산업), $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ (1급, Duksan Pharmaceutical Co., LTD)를 사용하였다.

고형분함량, 응고제 및 온도에 따른 MFS용액의 점도

고형분함량에 따른 MFS용액의 점도는 10~95°C 범위에서 원뿔평판형(cone and plate : 직경 4 cm, 각도 2°) adaptor가 장착된 Carri-Med viscometer(CSL2 100, TA instruments, USA)를 사용하여 측정하였다. 전두부 제조를 위한 용액은 MFS 및 MFS와 분리대두단백의 혼합 시료를 사용하여, 고형분과 물의 비율이 1 : 5.5, 1 : 6.0 및 1 : 6.5가 되도록 제조하여 121°C에서 3분간 열처리한 후 10°C로 냉각시켰다. 이들 MFS용액의 점도는 10°C에서 측정된 후 Power law model을 이용하여 점조성 지수(consistency index)와 지수 법칙상수(power law constant)를 구하였으며 Casson model 식으로부터 항복력(yield stress)을 결정하였다. 또한 이들 열처리된 용액을 10°C에서 95°C로 8.5°C/min의 가열속도로 열처리하면서 점도변화를 측정하였다. 동시에 전두부 제조용 응고제(죽염 0.1%, GDL 0.1%, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.2%)를 첨가하여 동일 온도상승(10~95°C/10 min)에 따른 MFS용액의 점도를 측정하였다.

단일 응고제 함량에 따른 MFS점도 및 전두부의 물성
단일응고제 첨가에 따른 MFS 및 SPI가 첨가된 MFS용액

의 점도변화를 측정하기 위하여 고형분(MFS/SPI)과 물의 함량이 1 : 6.0인 조건에서 혼합하여 총단백질 함량이 7.1% (w/w)가 되는 MFS용액(MFSS60)을 제조하였다. 단일 응고제로는 GDL, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 및 $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 를 각각 사용하였으며, 121°C에서 3분간 열처리된 MFS용액에 각각의 응고제를 0.2~0.5% 범위에서 첨가한 후 초기 10°C에서 3분 간격으로 30분 동안 shear rate 2.5 s^{-1} 에서 겔보기 점도를 측정하였다. 또한 응고제가 첨가되지 않은 MFS용액의 시료를 동일 조건에서 겔보기 점도를 측정하였다. MFS용액의 겔보기 점도측정은 Brookfield viscometer(Model DV-1, spindle number LV-3, Brookfield engineering LAB. Inc., USA)를 사용하였다.

전두부 제조방법

전두부 제조시 고형분인 MFS와 SPI를 사용하여 고형분과 물(hot water)의 비율이 1 : 6.0이 되도록 혼합하여 전두부 제조를 위한 MFS용액을 제조하였다. 이 때 SPI를 첨가하여 단백질농도를 각각 5.7, 7.1, 8.6, 10.0%(w/w)로 조정하였다. 이 MFS 및 혼합용액은 균질기(Model-AM, Nihonseiki Kaisha LTD., Japan)를 사용하여 10,000 rpm에서 1분 동안 균질화시킨 후 생성된 거품을 제거하기 위해 30분간 방치시킨 다음 121°C에서 3분 동안 1차 열처리를 하였다. 열처리된 MFS용액은 10°C까지 냉각하여 응고제(죽염 0.1, GDL 0.1, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.2%)를 첨가한 후, polyethylene-플라스틱 용기(78×110×40 mm)에 담아 수동용 포장기기(대해산업포장, Korea)를 사용하여 약 200°C에서 10초 동안 열처리하여 투명 포장 필름으로 용기를 밀봉하였다. 밀봉된 용기는 95~98°C 항온 수조에서 30분간 2차 열처리한 후 4~5°C 냉각수조에서 상온까지 냉각하여 전두부를 제조하였다.

전두부의 조직감 측정

전두부의 조직감 측정은 전두부를 일정크기(2×2×2 cm)로 절단하여 시료를 제조한 후 Rheometer(Model RE-3305, Yamaden Co., LTD., Japan)를 사용하여 고형분의 종류, 농도에 따라 제조된 전두부를 일정하게 눌렀을 때 변형을 일으키는 데 필요한 힘으로 견고성(hardness)과 전두부가 부서지는 데 필요한 힘으로 깨어지는 힘(breaking force)을 측정하였다(17). 측정조건은 힘 2 kg(full scale force), table speed 30 mm/min, clearance 4 mm(20% compression ratio)이었으며 측정에 사용한 원통형 탐침(No. 3)은 지름이 15 mm인 것으로 5회 측정하여 평균값을 구하였다.

결과 및 고찰

고형분 함량에 따른 MFS용액 점도

MFS 고형분과 물의 비율이 1 : 5.0, 1 : 6.0 및 1 : 6.5로 혼합된 MFS용액과 여기에 SPI를 첨가한 MFSS용액을 1차 열처리 후 10°C에서 점성을 측정된 결과, 전형적인 비뉴턴성 유체

의 성질을 나타내었다. Table 1에서 보는 것처럼 점조도 지수는 고형분의 함량이 증가함에 따라 증가되며 고형분의 비율이 1:6.5, 1:6.0, 1:5.5로 증가할 때 각각 2.69, 5.94, 10.70이었으며 SPI 첨가구가 2.40, 7.02, 16.74로 고형분과 물의 비율이 1:6.5의 경우를 제외하고 SPI 첨가구가 다소 높은 점조성 지수 값을 나타내었다. 지수법칙상수는 MFS만으로 제조된 MFS용액 경우 고형분과 물의 비율이 1:5.5, 1:6.0, 1:6.5일 때 각각 0.51, 0.47, 0.44이었으며 SPI 첨가구가 0.55, 0.45, 0.40으로 고형분의 함량이 높을수록 낮은 값을 나타내었다.

항복력의 경우 각 고형분의 비율이 1:5.5, 1:6.0, 1:6.5로 감소될 때 각각 9.23, 8.13, 6.22이었으며 SPI 첨가구가 10.79, 8.89, 6.36으로 고형분의 함량이 높을수록 높은 항복력 값을 나타내는 경향을 보였다. 점조성 지수와 마찬가지로 항복력은 고형분과 물의 비율이 1:5.5, 1:6.0으로 감소될 때 감소되었으며, SPI 첨가구가 같은 고형분과 물의 비율에서 비교적 높은 값을 나타내었다. SPI 첨가구가 높은 점조도를 가지는 이유는 90% 농도의 SPI가 일부 첨가됨에 따라서 단백질 농도 증가에 기인한 점도 상승으로 사료된다. 고형분 함량이 낮을수록 지수법칙상수가 높은 것은 MFS용액이 묽어지면서 뉴우턴성 유체에 가까워진다는 것을 의미한다. 또한 항복력이 고형분 함량이 높을수록 증가되는 이유는 점조도 상승과 밀접한 관계가 있는 것으로 생각된다. 비압착식 전두부를 제조하는 경우에 있어서 열처리된 MFS용액의 점도는 최종 형성된 전두부겔의 품질을 좌우하는 견고성, 깨짐성 또는 응집성과 같은 조직감에 영향을 미칠 수 있을 것으로 사료된다.

단일 응고제 첨가에 따른 MFS용액 점도 및 전두부 물성 두부의 품질은 대두의 종류에 따른 단백질의 양과 질, 두유 중의 고형분의 함량, 가열온도와 시간 등에 의해서도 달라지지만(8,18) 응고제의 종류와 농도, 응고온도와 시간, 응고 중의 저어주는 정도, 성형시 압착 등과 같은 응고 조건이 두부의 조직감에 영향을 주면서 품질을 좌우한다(10,19). 따라서 전두부 제조시 사용되는 응고제의 종류와 첨가량을 결정하기 위하여 MFS/SPI와 물의 비율이 1:6.0인 MFS용액(MFSS60)을 121°C에서 3분간 열처리한 후 단일 응고제를 첨가하여 점도를 측정하였다.

Table 1. Changes in consistency index, power law constant and yield stress of soy milk prepared with MFS and SPI

	Consistency index	Power law constant	Yield stress (dyne/cm ²)
MFS55	10.70	0.44	9.23
MFSS55	16.74	0.40	10.79
MFS60	5.94	0.47	8.13
MFSS60	7.02	0.45	8.89
MFS65	2.69	0.51	6.22
MFSS65	2.40	0.55	6.36

MFS55, (MFS : water)=1 : 5.5; MFS60, (1 : 6.0); MFS65, (1 : 6.5); MFSS55, [(MFS+SPI) : water]=1 : 5.5; MFSS60, (1 : 6.0), MFSS65, (1 : 6.5); MFS, micronized full-fat soyflour; MFSS, micronized full-fat soyflour fortified with SPI; SPI, soy protein isolate.

응고제 GDL의 경우는 0.2~0.5% 수준으로 MFSS60용액에 첨가했을 때 일정 shear rate 2.5 s⁻¹에서 시간이 경과함에 따라 응고제의 농도증가에 따른 점도값이 완만하게 증가하였으며, 응고제를 첨가하지 않은 경우보다 농도증가에 따른 약간의 점도 증가를 나타내었다(Fig. 1). MgSO₄의 경우는 0.2% 첨가하였을 때 응고제를 첨가하지 않은 경우와 유사하게 완만한 점도증가를 보이면서 점도는 6000 mPa.s로 3배 정도 증가된 값을 나타내었다. 반면에 그 이상 농도의 응고제를 첨가한 경우는 초기에는 매우 높은 점도값을 보이다가 시간이 지나면서 점도 값이 급격하게 감소하는 경향을 보였다(Fig. 2). 또한 MgCl₂의 경우에 0.2% 첨가시 초기에 증가된 점도는 시간이 지나면서 감소하는 경향을 보였으며, 0.3% 이상의 농도에서는 초기 점도가 측정범위를 벗어났으며, 시간이 지나면서 급격한 점도 감소를 보였다(Fig. 3). 이는 chloride-type(or nigari-type, natural nigari, MgCl₂, CaCl₂)의 응고제

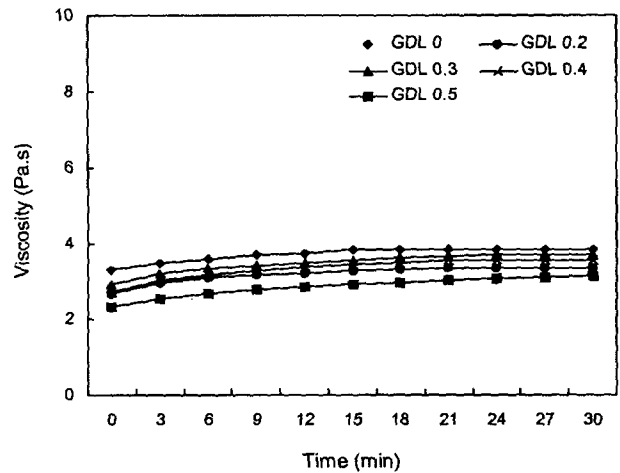


Fig. 1. Effect of a coagulant (GDL) on the apparent viscosity of MFSS60 soy milk at 10°C.
MFSS60 = (MFS/SPI : water = 1 : 6.0).

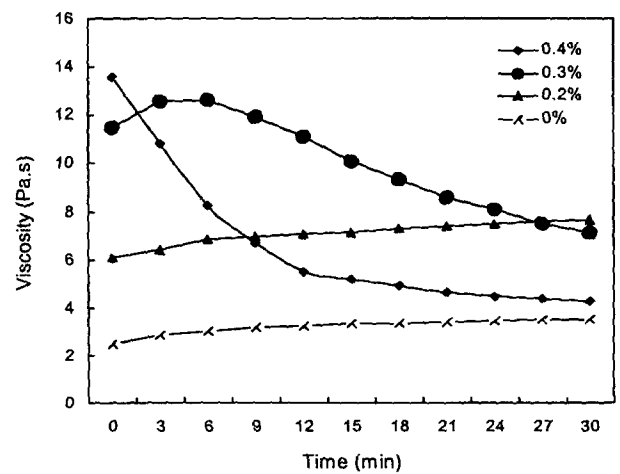


Fig. 2. Effect of a coagulant (MgSO₄ · 7H₂O) on the apparent viscosity of MFSS60 milk at 10°C.
MFSS60 = (MFS/SPI : water = 1 : 6.0).

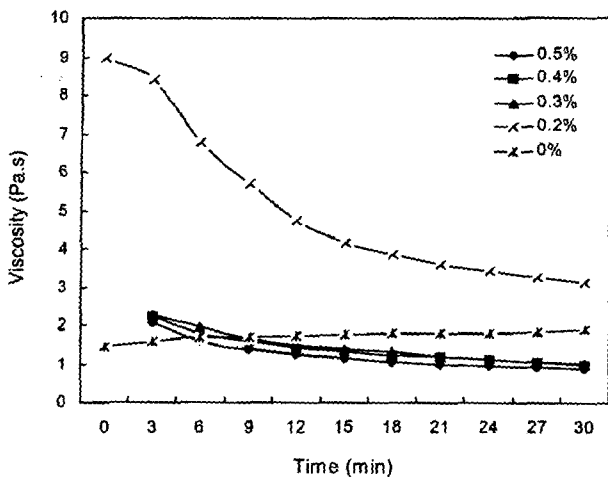


Fig. 3. Effect of a coagulant ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) on the apparent viscosity of MFSS60 milk at 10°C. MFSS60 = (MFS/SPI : water = 1 : 6.0).

가 용해도가 높아 두부 제조시 첨가 직후에 변성 단백질과 반응하기 때문이며, sulfate-type($MgSO_4$, $CaSO_4$) 및 GDL(or lactone)의 응고제는 낮은 용해도에 기인하여 서서히 단백질과 반응하기 때문인 것으로 사료된다(11). 또한 응고제를 0.4% 첨가한 경우에 있어서는 GDL의 경우는 응고제가 첨가되지 않은 양상과 유사하게 완만한 점도 증가를 보인 반면에, $MgCl_2$ 및 $MgSO_4$ 는 혼합 초기에 증가된 점도값이 시간이 지나면서 급격하게 감소되는 경향을 보이면서, GDL과는 다른 응고현상을 나타낼을 알 수 있었다. 단일 응고제 첨가에 따른 전두부의 물성 측정은 Table 2에서 보여주고 있다. GDL첨가 경우에 0.5%까지 농도 증가에 따라서 전두부의 경도와 파괴력이 크게 증가하였으며, $MgSO_4$ 와 $MgCl_2$ 는 농도증가에 따른 완만한 증가를 나타내었다. 이는 MFS용액의 점도 변화에 영향을 가장 적게 미치는 GDL응고제가 전두부에 높은 경도를 나타낼을 알 수 있었다.

따라서 전두부는 제조시에 가열된 MFS용액을 10°C로 냉각시킨 후 응고제를 첨가하고 플라스틱 용기에 포장한 다음 가열처리하여 비압착방식으로 제조되는 충전형 두부 형태로 전두부 제조시에 알맞은 응고제로는 비교적 MFS용액과 겔 형성 반응이 비교적 완만한 GDL과 점도 변화가 완만한 $MgSO_4$ 가 적합하다고 사료된다. 특히 GDL은 물에 용해된 후 산으로 해리되는데 다소 시간이 걸리기 때문에 sulfate-type과 유사

한 작용을 하여 포장한 후 응고시키는 충전 두부제조에 주로 이용되고 있다(7). 그러나 응고제 GDL을 0.3% 이상 첨가시에는 신맛이 느껴지면서 관능적으로 부적합하였으며, $MgSO_4$ 의 경우는 0.3% 이상의 경우에 점도값이 급격하게 상승하는 것으로 보아 모두 0.3% 이하로 첨가하는 것이 좋을 것으로 사료되었다. 따라서 전두부 제조용 응고제는 0.1% 죽염, 0.1% GDL 및 0.2% $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 로 조합된 0.4%(w/v) 혼합물을 결정하였다.

온도에 따른 MFS용액 점도

MFS용액의 고형분의 함량과 종류 및 가열정도에 따른 점도변화를 측정하기 위해서 전두부 제조에 적합한 응고제(죽염 0.1, GDL 0.1, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.2%)를 첨가한 후 10~95°C 온도범위에서 가열시켰다. 전반적으로 고형분의 함량이 높을수록 낮은 온도(10°C)에서는 높은 점도값을 나타내었고, 온도가 상승함에 따라서는 점도값이 감소하면서 일정한 점도값에 도달하지만 온도가 일정온도에 도달하면 점도값은 급격하게 상승하는 경향을 보였다. 또한 열처리된 MFS용액에 응고제 첨가는 MFS용액의 점도가 급격하게 증가되는 시점의 온도를 낮추었다. Fig. 4에서 보는 것처럼 응고제 첨가 전의 MFS용액의 고형분 함량이 1 : 5.5, 1 : 6.0, 1 : 6.5로 감소될수록 점도가 급증하는 온도는 67°C, 76°C, 80°C로 증가되었다. 반면에 응고제 첨가 후의 MFS용액은 고형분 함량이 감

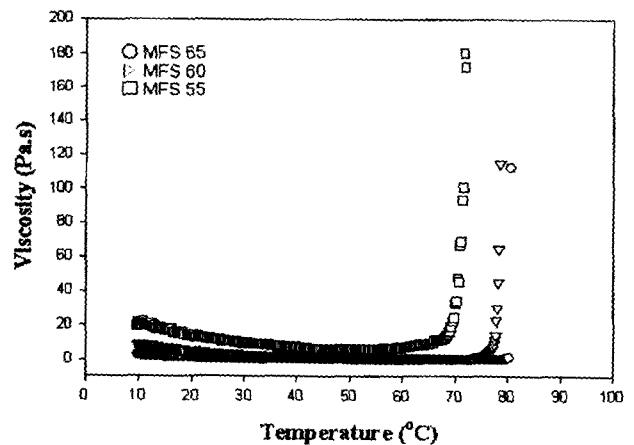


Fig. 4. Temperature-dependent viscosity of MFS without coagulants. MFS55 (MFS : water = 1 : 5.5), MFS60 (MFS : water = 1 : 6.0), MFS65 (MFS : water = 1 : 6.5).

Table 2. Effect of a coagulant on hardness of MFS tofu¹⁾

Conc. (%)	0.3		0.4		0.5	
	H ²⁾	B ³⁾	H	B	H	B
GDL	52.33 ± 0.471405 ⁴⁾	106.33 ± 2.054805	70.33 ± 1.699673	147 ± 5.09902	120.33 ± 0.471405	234.67 ± 4.109609
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	62 ± 2.828427	157.33 ± 4.496913	73.67 ± 0.942809	183.33 ± 4.642796	78 ± 4.242641	188 ± 6.164414
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	46.67 ± 0.471405	82.67 ± 6.182412	67 ± 2.94392	168.33 ± 0.471405	80.67 ± 0.942809	197.33 ± 6.599663

¹⁾MFS tofu was prepared with MFS fortified with SPI (solid : water=1 : 6, protein conc.=7.1%).

²⁾H: Hardness (g).

³⁾B: Breaking force (g).

⁴⁾Mean ± standard deviation.

소될수록 점도가 급증하는 시점의 온도가 각각 60, 63, 75°C로 감소되면서 응고제 첨가 전보다 각 고형분 함량에서 모두 낮은 온도값을 나타내었다(Fig. 5). 10°C에서 측정된 MFS용액의 고형분 함량 감소에 따른 점도는 MFS55, MFS60, MFS65는 각각 19, 9, 3 Pa.s를 보였으며 응고제 첨가에 의해서 점도는 각각 119, 33, 25 Pa.s로 크게 증가되었다. 또한 고형분과 물의 비율이 일정한 MFS용액의 점도는 10°C에서 25°C까지 온도 증가에 따라서 감소되는 경향을 보였다. 10°C에서 MFS55의 점도는 19 Pa.s였으며 15, 20°C에서는 각각 17, 14 Pa.s로 감소되었다. 10°C에서 측정된 SPI가 포함된 MFS용액의 고형분 함량이 1:5.5, 1:6.0, 1:6.5인 경우에 각각 120, 17, 2 Pa.s이었으며(Fig. 6), 응고제 첨가 후에 각각 274, 40, 10 Pa.s로 크게 증가됨을 나타내었다(Fig. 7). 한편, 1:6.5인 경우에 SPI 첨가에 따른 점도 변화는 매우 미비하였다. 또한 응고제 첨가 전에 MFSS용액의 점도가 급증하는 온도는 고형분 농도 감소

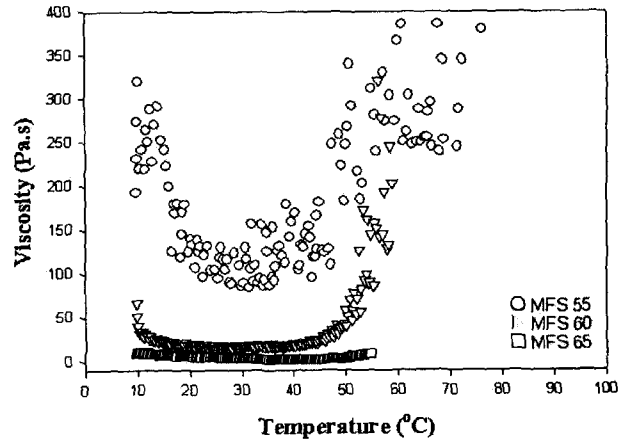


Fig. 7. Viscosity of MFSS milk with coagulants according to heat-treatment. MFSS55 [(MFS + SPI) : water = 1 : 5.5], MFSS60 [(MFS + SPI) : water = 1 : 6.0], MFSS65 [(MFS + SPI) : water = 1 : 6.5].

되는 MFS55, MFS60, MFS65의 경우에 각각 60, 76, 78°C였던 것이 응고제 첨가에 의해서 각각 42, 58, 55°C로 급격하게 감소되었다(Fig. 7).

고형분의 함량 증가와 응고제 첨가 및 온도에 따른 MFS용액의 점도 상승은 전두부 제조공정에서 매우 중요한 물성적 특징으로 사료된다. 이는 초기에 낮은 온도범위에서 온도 증가에 의해서 점도가 감소하지만 50~60°C 이상의 온도에서는 단백질의 변성에 기인된 젤 형성 초기과정으로 급격한 점도 증가가 초래된다고 생각된다. 또한 첨가된 응고제는 열변성된 콩 단백질이 응고제와 이온결합을 통해서 3차원적 구조를 갖는 젤 형성을 촉진하는 것으로 보고된 바 있다(20). 그러나 높은 고형분 함량에 있어서 MFS용액의 가열 후에 응고제의 첨가는 MFS만을 사용한 경우 고형분과 물의 비율이 1:5.5일 때 10°C에서 점도가 19 Pa.s에서 119 Pa.s로 증가하였으며, SPI를 첨가한 경우 78 Pa.s에서 274 Pa.s로 증가하면서 매우 높은 점도를 나타내었다. 한편 고형분 함량과 물의 비율이 1:5.5인 MFS55용액으로부터 제조된 전두부는 절단면이 거칠며, 응집성이 약한 조직감을 갖는 반면에 이보다 낮은 고형분 함량에서는 표면이 매끄러우며 색깔도 백색을 띠는 전두부를 얻을 수 있었다(unpublished results). 고형분의 함량이 높은 MFS용액은 열처리에 의해서 변성된 단백질이 충분하게 수화되기 위한 물이 부족하면서 응집성이 높은 전두부 형태의 gel을 형성하는데 부적합한 것으로 사료된다. 따라서 전두부 제조를 위한 초기 용액의 점도와 전두부의 조직감의 밀접한 관계를 고려하여 고형분과 물의 비율이 1:6인 MFS용액이 전두부 제조에 적합한 것으로 사료되었다.

SPI첨가에 따른 전두부 물성

MFS60용액(고형분:물=1:6)만으로 제조된 전두부는 조직이 부드러우나 약한 응집성으로 쉽게 부서지는 성질을 가지므로 이들 조직감을 개선하기 위하여 MFS60에 SPI를 첨가하여 제조된 전두부의 물성을 평가하였다. 전두부 제조에

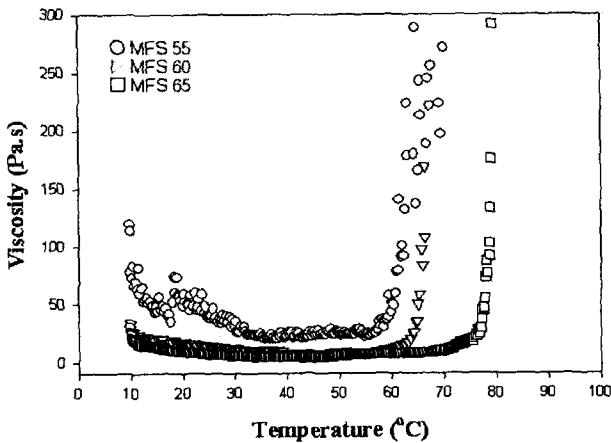


Fig. 5. Temperature-dependent viscosity of MFS with coagulants. MFS55 (MFS : water = 1 : 5.5), MFS60 (MFS : water = 1 : 6.0), MFS65 (MFS : water = 1 : 6.5).

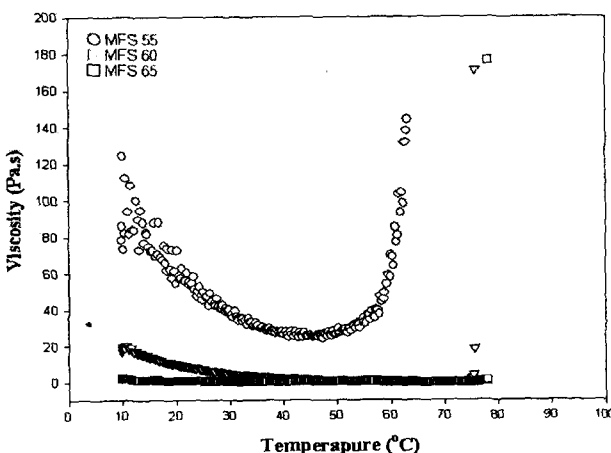


Fig. 6. Temperature-dependent viscosity of MFSS without coagulants. MFSS55 [(MFS + SPI) : water = 1 : 5.5], MFSS60 [(MFS + SPI) : water = 1 : 6.0], MFSS65 [(MFS + SPI) : water = 1 : 6.5].

사용되는 응고제는 응고제 종류와 농도에 따른 전두부의 조직감 형성과 맛의 평가에 대한 결과로부터 GDL과 $MgSO_4$ 를 포함하는 응고제(죽염 0.1, GDL 0.1, $MgSO_4$ 0.2%)를 사용하였다.

SPI첨가 및 고형분 함량에 따라서 제조된 전두부의 경도(hardness)의 변화는 Fig. 8에서 볼 수 있듯이 SPI 첨가에 따라 단백질 함량이 7.1%인 경우에 제조된 전두부가 가장 높은 경도값(120 g)을 나타내었다. 파괴력의 경우도 SPI 첨가구가 176 g로 MFS만을 사용한 전두부의 164 g보다 높은 값을 나타내었다. 이는 Oscar 등(21)의 SPI가 겔 형성을 촉진시킨다는 보고와 유사하였으며, SPI 첨가구가 높은 경도와 파괴력을 나타내는 것은 두부의 겔형성 시에 관여하는 대두단백질의 disulfide결합, 수소결합, 소수성결합과 더불어 칼슘에 의한 결합 등(22)이 SPI첨가에 따라 겔 형성에 기여하면서 단백질 gel의 3차원적 망상구조를 효과적으로 형성하는 것으로 생각된다. 전반적으로 SPI첨가농도를 단계적으로 증가시키는 경우에 총단백질의 함량이 7.1%(w/v)와 8.6%(w/v)일 때 120 g, 109 g으로 비교적 높은 경도값을 나타내었으며, 파괴력은 7.1%(w/v)일 때 176 g로 가장 높은 값을 나타내었다(Fig. 8). 반면에 총단백질 함량이 8.6%(w/v) 이상일 때, 경도값과 파괴력에 있어서는 오히려 낮은 값을 나타내었다. 이는 단백질의 농도 증가가 MFS용액의 점도 증가를 초래하며, 특히 응고제 첨가 후 2차 가열 공정에서 변성된 단백질은 불충분한 수화(hydration)와 단백질 변성에 따른 점도의 급상승으로 적절한 겔 형성에 저해요인이 되는 것으로 사료된다. 본 연구에서 조제한 응고제를 사용하는 경우에서 SPI가 혼합되어 총단백질 함량이 7.1%인 MFSS60로 제조된 전두부는 응집성과 견고성이 가장 양호한 조직감을 나타내었다. Ku와 Kim(23)의 분리대두단백을 이용한 비압착 두부제조에서 가수량이 7~8배 정도일 때가 연두부 같은 매끄러운 조직을 얻

었다는 결과와는 차이가 있으나, 이는 콩미세분말의 단백질 함량에 기인된 것으로 사료된다.

본 연구에서 제조된 전두부는 비교적 절단면이 거칠지 않고 응집성이 양호하여 시판 연두부보다 강도가 높은 조직감을 가지고 있으나 전두부의 원료인 MFS의 단백질 함량과 섬유질을 포함한 조성 차이로 제조된 전두부는 시중의 경우부보다는 쉽게 부서지는 조직감의 특성을 나타내었다.

요 약

전지활성생대두미세분말(micronized full-fat soyflour, MFS)로부터 제조된 두유는 의가소성의 비뉴턴성 유체로서, 고형분 증가와 응고제의 첨가 및 가열에 따라 점도가 증가하였다. MFS용액은 열처리에 따른 점도가 급격하게 증가되는 시점의 온도는 응고제의 첨가 및 단백질의 함량이 증가함에 따라 낮아졌다. 충전형 전두부제조에 적합한 응고제는 가열된 MFS용액에 응고제 첨가 후 MFS용액의 점도를 완만하게 변화시키는 GDL, $MgSO_4$ 가 적합한 것으로 나타났으며 전두부용 응고제는 0.1% salt, 0.1% GDL, 0.2% $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 로 조제되었다. 고형분과 물의 비율이 1 : 6.0인 MFS60용액을 121°C에서 3분간 가열하여 응고제를 첨가하여 제조된 전두부는 견고성과 깨짐성이 양호한 조직감을 나타내었으며, 여기에 SPI를 첨가하여 총단백질이 7.1%인 MFSS60용액으로 제조된 전두부의 경도와 깨짐성(brittleness)은 각각 120 g, 176 g으로 조직감이 개선되었다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 한국과학재단 지정 계명대학교 전통 미생물자원 개발 및 산업화연구센터의 지원에 의한 것입니다.

문 헌

- Lusas EW, Riaz MN. 1995. Soy protein products: processing and use. *J Nutr* 125: 573-580.
- Valyasevi R, Rolle RS. 2002. An overview of small-scale food fermentation technologies in developing countries with special reference to Thailand: scope for their improvement. *Int J Food Microbiol* 75: 231-239.
- Friedman M, Brandon DL. 2001. Nutritional and health benefits of soy proteins. *J Agric Food Chem* 49: 1069-1086.
- Fukutake M, Takahashi M, Ishida K, Kawamura H, Sugimura T, Wakabayashi K. 1996. Quantification of genistein and genistin in soybean products. *Food Chemical Toxicology* 34: 457-461.
- Messina M. 1995. Modern applications for an ancient bean: soybeans and the prevention and treatment of chronic disease. *J Nutr* 125: 567-569.
- Cai T, Chang KC. 1999. Processing effect on soybean storage proteins and their relationship with tofu quality. *J Agric Food Chem* 47: 720-727.

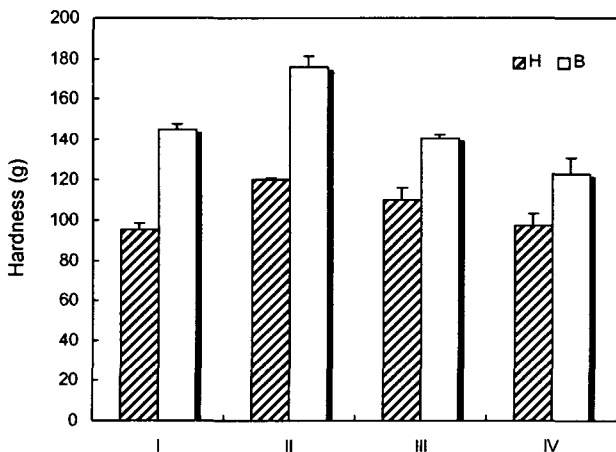


Fig. 8. Hardness and break force of MFS tofu according to addition of SPI.

I: MFS (5.7% protein), II: MFSS (7.1% protein), III: MFSS (8.6% protein), IV: MFSS (10% protein), solid : water = 1 : 6.0. H: Hardness, B: Break force.

7. Saio K. 1979. Tofu-relationships between texture and fine structure. *Cereal Foods Worlds* 24: 342-345.
8. Tsai SJ, Lan CY, Kao CS, Chen SC. 1981. Studies on the yields and quality characteristics of tofu. *J Food Sci* 46: 1734-1740.
9. Tezuka M, Taira H, Igarashi Y, Yagasaki K, Ono T. 2000. Properties of tofus and soy milks prepared from soybeans having different subunits of glycinin. *J Agric Food Chem* 48: 1111-1117.
10. Shurtleff W, Aoyagi A. 1979. *Tofu and soymilk production: the book of tofu*. New-Age Foods Study Center, CA. Vol 2, p 95-102.
11. Lu JY, Carter E, Chung, RA. 1980. Use of calcium salt for soybean curd preparation. *J Food Sci* 45: 32-34.
12. Bae EA, Kwon TW, Moon GS. 1997. Isoflavone contents and antioxidative effects of soybeans, soybean curd and their by-products. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 371-375.
13. Mok CK, Ku KH, Park DJ, Kim NS, Sohn HS. 1995. Ultrafiltration of soybean cooking water for the production of soy-oligosaccharides. *Korean J Food Sci Technol* 27: 181-184.
14. Lee J, Choe E. 2002. Physical properties of micronized full-fat soyflour for packed whole-tofu (chundubu) manufacture. *Food Sci Biotechnol* 11: 165-171.
15. Kim WJ, Um BY, Chung SS, Chung MS. 1999. Effects of heating temperature and time on textural properties of soy gel. *Food Sci Biotechnol* 8: 65-67.
16. Metussin R, Alli I, Kermasha S. 1992. Micronization effects on composition and properties of tofu. *J Food Sci* 57: 418-422.
17. Utsumi S, Kinsella JE. 1984. Forces involved in soy protein gelation: effects of various reagents on the formation, hardness and solubility of heat-induced gels made from 7S, 11S and soy isolate. *J Food Sci* 50: 1278-1282.
18. Kim TJ, Kim JM, Choi NJ. 1994. Effect of coagulants on the quality of soybean curd added with cow's milk. *Agri Chem Biotechnol* 37: 370-378.
19. Lee HJ, Hwang IK. 1994. Textural characteristics and microstructure of soybean curds prepared with different coagulants. *Korean J Food Sci Technol* 10: 284-290.
20. Kim HJ, Kim BY, Kim MH. 1995. Rheological studies of the tofu upon the processing conditions. *Korean J Food Sci Technol* 27: 324-328.
21. Oscar C, Sandra EH, Helen JA, Isobel DS, John RM. 1994. Gelation enhancement of soy protein isolate using the maillard reaction and high temperature. *J Food Sci* 59: 872-880.
22. Lee CH. 1978. Microstructure of soybean protein aggregates and relation to the physical and textural properties of the curd. *J Food Sci* 43: 79-85.
23. Ku KH, Kim WJ. 1994. Effect of heating time and mixed coagulants for prepared SPI tofu. *Korean J Food Sci Technol* 26: 26-30.

(2002년 9월 25일 접수; 2003년 1월 7일 채택)