

Succinyl화가 대두 단백질의 기능성과 두부의 품질에 미치는 영향

Effect of succinylation on functional properties of soy protein isolate and qualities of soy bean curd

서울대학교 가정대학 식품영양학과
대학원생 金秀姬
수원간호전문대학
전임강사 卞眞媛
서울대학교 가정대학 식품영양학과
부교수 黃仁京

Dept. of food and nutrition, College of Home Economics, Seoul National Univ.

Graduate School Student : Soo Hee Kim

Dept. of food and nutrition, Suwon College of Nursing

Full-time Instructor : Jin Won Pyun

Dept. of food and nutrition, College of Home Economics, Seoul National Univ.

Associate Prof. : In Kyeong Hwang

목 차

- | | |
|----------------|--------|
| I. 서론 | IV. 요약 |
| II. 실험 재료 및 방법 | 참고문헌 |
| III. 결과 및 고찰 | |

Corresponding author : In Kyeong Hwang, Dept. of Food and Nutrition, Seoul National Univ.
Seoul, 151-742, Tel : 880-6837.

<Abstract>

Soy protein was isolated from Korean soy bean 'Chang ryub' and chemically modified with succinic anhydride. Functionality of the soy protein isolate(SPI), succinylated SPI (SSPI), and PP590(commercial) at various pH were investigated. The mechanical and sensory properties of soy bean curds made from several mixing ratio of succinylated soy bean milk were observed. The solubility of SPI significantly increased with succinylation. The solubility of PP590 was lower than that of SSPI. The solubility of SSPI increased significantly in 0.03M CaCl₂ solution. The emulsifying activity of SSPI increased. On the range of pH above pI the emulsifying activity of PP590 was higher than that of SPI.

There was no difference in emulsion stability among the groups. The foam expansion capacity of SSPI increased at higher pH than pI but the foam stability decreased significantly above pH 9. Mechanical texture profile analysis revealed the modified soy bean curds had the lower hardness, chewiness and cohesiveness with increased modification. The mechanical characteristics of modified soy bean curds revealed generalized Maxwell Model of 7-elements or 5-elements. In sensory evaluation, the hardness, the springiness and acceptability of modified soy bean curds were lower significantly than those of control soy bean curd.

Key word : soy protein isolate, succinylation, functionality, modified soy bean curd.

I. 서론

식품중의 단백질은 기능적, 영양적 측면에서 볼 때 필수적인 것이다. 급증하는 인구와 발달하는 식품산업에 따라 더 유용하며 값싼 단백질 급원의 요구가 날로 증가하고 있다. 이에 여러 단백질 급원의 개발과 이의 사용확대를 위한 기능성 개선¹⁾²⁾이 활발히 진행중이다. 식물성 단백질중 가장 대표적인 것은 대두이다. 대두는 우수한 식품 단백질이나 그의 제한된 기능성과 낮은 수용도는 다양한 식품에의 적용시 중요한 문제점이 된다.

단백질의 기능성 개선을 위한 방법은 화학적 처리에 의한 것과 효소적 처리에 의한 것³⁾⁴⁾으로 크게 구별된다. 화학적 처리에 의한 방법중 가장 대표적인 방법은 아실화반응(acylation)으로 아실화 시약의 높은 특이성과 빠른 반응성, 온화한 조건 사용 등⁵⁾에서 유리하다.

Franzen등⁶⁾은 대두단백질이 아세틸화와 succinyl화에 의해 용해도와 유효특성이 향상되었음을 보고하였고 Groninger⁷⁾는 생선단백질의 succinyl화를 통해 빠른 재수화성과 열처리시의 안정성증가 등을 보고하였다. 김등⁸⁾은 succinyl화한 대두단백질이 0.03M-CaCl₂ 용액에서 용해도가 증가하였다고 보고하였다.

본 연구에서는 한국산 대두인 장엽으로부터 단백질을 분리하여 이를 succinicanhydride로 처리하여 변형시켰을 때 pH에 따른 그 기능성의 변화를 알아보고 그 결과를 시판 분리대두단백질의 기능성과 비교하였다. 또한 두부 제조시 succinyl화가 두부의 물성적 및 관능적 특성에 미치는 영향을 조사하였다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 재료

장엽(수원 '86)대두와 시판 분리대두단백질인 PP590을 각각 농촌 진흥청과 Purina회사에서 구입하여 사용하였다.

2. 일반 성분분석

장엽대두의 일반성분과 분리대두단백질의 단백질 함량은 AOAC방법⁹⁾에 준하여 측정하였다.

3. 단백질의 추출

Thanh등¹⁰⁾의 방법을 수정하여 분리대두단백질(soy

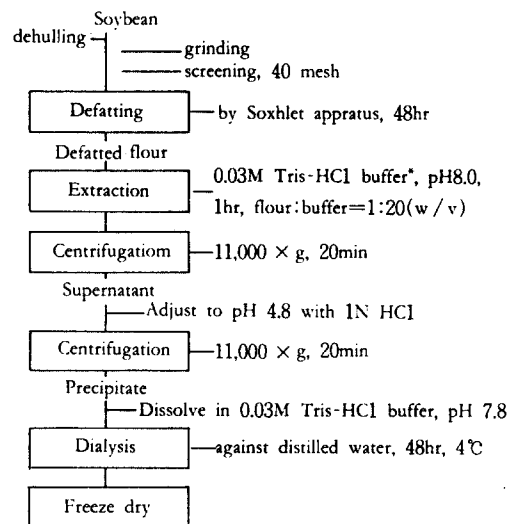


Fig.1 Extraction of soy protein isolate

*Tris-HCl(Tris hydroxymethyl amino methane-HCl)buffer containing 0.01M 2-mercaptoethanol.

protein isolate : SPI)을 얻었으며 그 과정은 Fig.1과 같다.

4. 분리대두단백질의 변형 및 변형정도 측정

(1) 분리대두단백질의 변형

Franzen⁹⁾의 방법에 따라 SPI에 succinic anhydride (SA) 일정량을 25℃에서 100분간 반응시킨 뒤 48시간동안 4℃에서 투석(Sigma Chemical Comp.)하고 냉동건조(Labconco freeze dryer 8)하여 변형분리대두 단백질(succinylated soy protein isolate : SSPI)을 얻었다.

(2) 변형정도 측정

단백질표면 sulfhydryl기의 정량

Ellman's reagent¹⁰⁾를 이용하여 410nm에서 흡광도를 측정하였으며 다음식을 사용하여 sulfhydryl기의 양을 계산하였다.

$$A = \epsilon bc$$

A : absorbance

b : cell width (1cm)

c : concentration(mol / liter)

ϵ : molar absorptivity(13600M⁻¹cm⁻¹)

5. 단백질의 기능성 측정

(1) 용해도

i. 수용액에서의 용해도

대두단백질 0.1g에 증류수 10ml를 가한 후 1N NaOH나 1N HCl로 pH를 조절하였다. 이 용액을 30분간 교반한 후 10,000rpm에서 20분간 원심분리하여 상층액 5ml를 취해 AOAC방법⁹⁾에 준하여 micro-Kjeldahl로 단백질 함량을 측정하였으며 용해도는 다음식으로 계산하였다.⁹⁾

$$\text{Solubility}(\%) = \frac{\text{nitroge in 10ml protein soln.}}{\text{nitrogen in 0.1g protein}} \times 100$$

ii. 0.03M CaCl₂용액에서의 용해도

증류수 대신 0.03M CaCl₂ 용액을 넣어 준 뒤 수용액에서의 용해도 측정과 같은 방법으로 하여 상층액

1ml를 취해 Biuret 방법¹⁰⁾에 의해 540nm에서 흡광도를 측정하였다. pH12일 때의 용해도를 100%로 기준하였다.

(2) 유화 특성

2%의 단백질용액을 Pearce¹⁰⁾의 탁도 측정법에 따라 500nm에서 흡광도를 측정하여 유화성(emulsifying activity)과 유화액 형성 30분후의 유화안정성(emulsion stability)을 측정하였다.

(3) 기포 특성

Chen¹⁰⁾의 방법을 수정하여 다음과 같이 측정하였다.

1.5% 단백질용액 35ml의 pH를 조절한 뒤 이 용액 5ml를 취해 무게를 측정하고 남은 용액은 Osterizer blender로 8분간 교반하여 기포만 5ml를 취해 무게를 측정하여 다음식에 의해 기포팽창력(foam expansion capacity)을 구하였다.

$$\text{Foam expansion capacity}(\%) = \frac{\text{5ml soln. wt.} - \text{5ml foam wt.}}{\text{5ml foam wt.}} \times 100$$

기포안정성(foam stability)은 10ml mass cylinder에 기포 5ml를 채운 뒤 일정한 시간 간격(t)으로 기포의 높이를 재어 다음 식으로 나타내었다.

$$\text{Foam stability}(\%) = \frac{\text{foam height after t time}}{\text{initial foam height}} \times 100$$

6. 두부 제조 및 품질의 평가

(1) 두부 제조

i. 두유 만들기¹¹⁾

대두를 대두무게의 3배의 물에 12시간 수침시킨 뒤 Osterizer blender로 5분간 마쇄하고 여기에 처음 대두무게의 10배가 되도록 가수하여 100℃에서 10분간 잘 섞어주며 끓인 후 여과포로 압출하여 두유를 얻었다.

ii. 변형두유 만들기

끓이기 전 단계의 두유에 대두양의 5%에 해당하는 SA를 넣으면서 2N NaOH로 pH7을 유지하도록

조절하여 pH가 고정된 뒤로 100분간 더 교반한 후 10분간 끓여서 위와 같은 방법으로 두유를 얻었다.

iii. 두부 만들기

두유의 온도를 70°C로 조절하여 대두양의 5%에 해당하는 CaCl₂를 첨가하고 10분간 방치한 후 두부틀(6×10×8cm)에서 500g의 추로 30분간 압력을 가하여 성형시켰다. 변형시키지 않은 두유와 변형시킨 두유를 4:0, 3:1, 2:2, 1:3씩 섞어서 두부를 만들었으며 이를 각각 표준두부(control)와 변형두부1, 변형두부2 및 변형두부3(또는 molified soy bean curds : MSC1, MSC2 및 MSC3)라고 표기하였다.

(2) 두부의 물성 연구

i. 두부의 수분함량 측정

AOAC방법⁹⁾에 준하여 측정하였다.

ii. 텍스처묘사분석(texture profile analysis : TPA)과 응력완화 시험(relaxation test)

Instron Universal Testing Machine(Model 1140)을 사용하여 TPA와 응력완화시험을 다음 조건에 의하여 실시하였다.

Fixture : compression envil

Deformation : 35%

Crosshead dirve speed : 100mm / min

Force range : 5kg full scale

Sample size : 2×2×2(cm)

TPA는 시료를 두번 압착하여 압착곡선을 얻은 후 이 곡선으로부터 각 시료의 기계적 특성치를 계산하였고¹⁶⁾ 응력완화 곡선은 축차 잔차법(successive residual method)¹⁷⁾에 의해 일반화된 Maxwell모형으로 설명하였다.

(3) 두부의 관능 검사

본 대학의 여자 대학원생 10명을 선정하고 평가 훈련과정을 통해 설문지의 각 특성치를 결정한 뒤 다시료비교시험에 의해 표준두부를 기준시료로 하여 이에 대하여 변형 두부의 색, 질감, 맛 등의 느낀 강도를 fig.2의 관능검사지에 평가하도록 하였다.

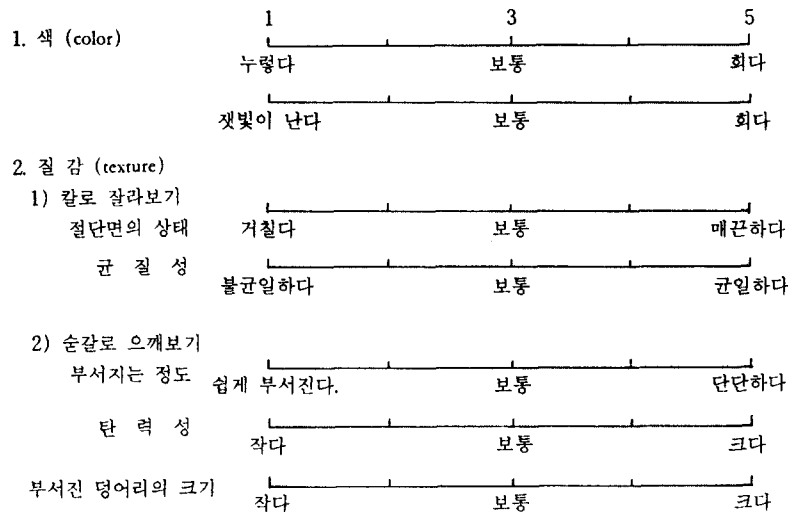
각 시료의 특성치의 결과는 표준두부를 3점으로 하고 각 설문항의 좌측에서 우측순으로 1-5점으로 계산하여 Duncan의 다중범위검정분석(Duncan's multiple range test)을 실시하였다.

관능 평가표

다음에 주어진 시료들에 대해서 표준두부를 '보통'으로 하였을 때를 기준으로 하여 평가하십시오

시 료 :

이 름 :



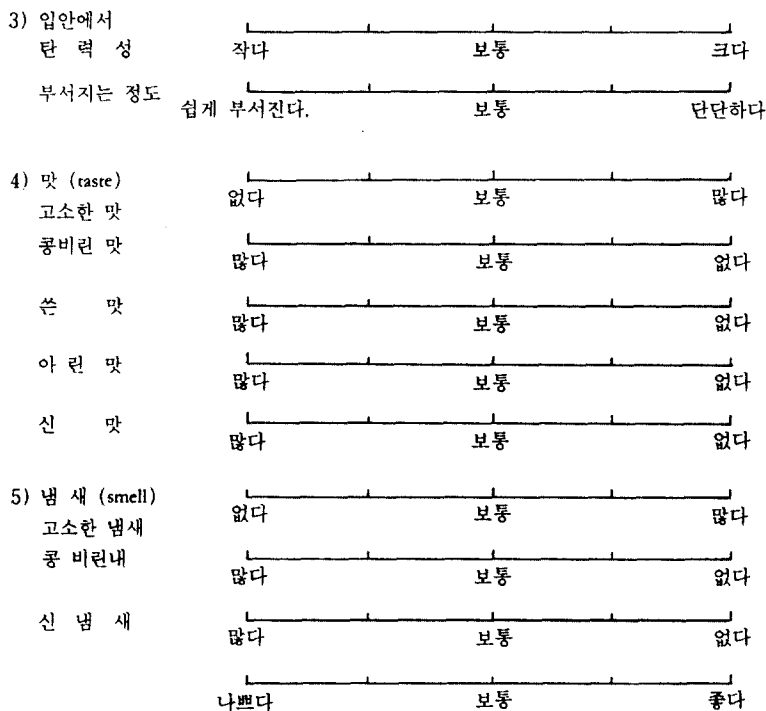


Fig. 2. The Sheet for sensory evaluation of soy bean curds

III. 결과 및 고찰

1. 일반성분

장엽대두의 일반성분은 수분 3.22%, 조단백 36.12%, 조지방 22.57%, 회분 5.27% 탄수화물 32.82% 이었다.

SPI, SSPI, PP590의 단백질 함량은 각각 84.00%, 82.31%, 82.07%이었다. SSPI의 단백질함량이 약 2% 정도 감소하였는데 이는 변형에 의한 succinyl기의 도입에 의한 것으로 생각된다.

2. 대두단백질의 변형정도

단백질표면 sulfhydryl기의 succinyl화

SPI의 sulfhydryl기의 아실화율은 fig.3과 같다. SA 0.5mmole 처리까지는 오히려 sulfhydryl기의 수가 증가하였다. 그 이후 1mmole처리까지는 급격히 감소

하다가 6mmole 이상에서는 거의 일정한 수를 나타내었다. 저농도의 SA처리시 sulfhydryl기의 수가 증

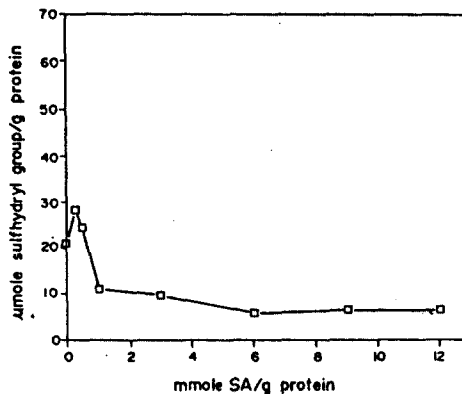


Fig. 3 Extent of succinylation of sulfhydryl groups as a function of succinic anhydride concentration

가하는 것은 succinyl화에 의해 단백질이 퍼지고 용해도가 증가하여 단백질 내부에 가려졌던 sulfhydryl기가 반응하도록 노출되었기 때문인 것으로 생각된다. 본 실험에서 사용된 SSPI는 3mmole SA/g protein을 반응 시킨 것이며 이의 sulfhydryl기의 아실화율은 66.67%이었다.

3. 단백질의 기능성 변화

(1) 용해도

i. 수용액에서의 용해도

pH에 따른 용해도는 fig.4와 같다. SPI는 등전점인 pH4.8에서 가장 낮은 용해도를 나타내었다. SSPI는 등전점이 pH4로 내려 갔으며 특히 SPI의 등전점인

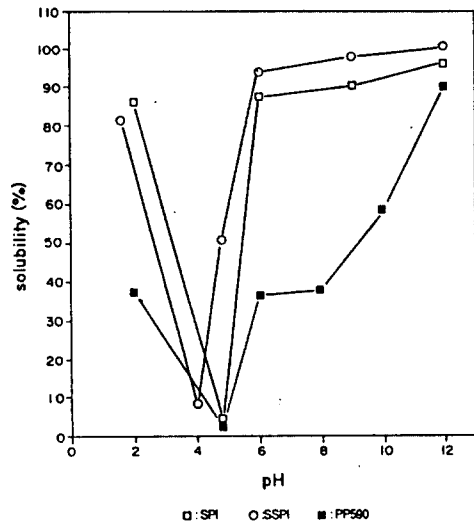


Fig. 4 Aqueous solubility of soy protein isolates as a function of pH

pH4.8에서는 용해도가 크게 증가 하였으나 pH4이하에서는 SPI보다 약간 낮았다. PP590은 등전점이 pH4.5로 나타났으며 SPI보다 낮은 용해도를 나타내었다. Franzen⁶⁾과 방⁷⁾도 succinyl화한 단백질이 등전점 이상에서 용해도가 크게 향상되었다고 보고하였다.

ii. 0.03M CaCl₂ 용액에서의 용해도

0.03M CaCl₂용액에서의 용해도를 측정한 결과는 fig.5와 같다. SPI와 PP590은 pH4.5-8 사이에서 일정한 낮은 용해도를 보인 반면 SSPI는 pH4.5 이후

에서 용해도가 급격히 상승하였다.

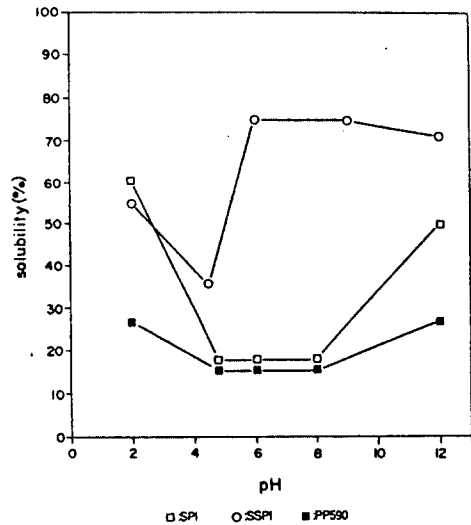


Fig. 5 Solubility of soy protein isolates in 0.03M CaCl₂ solution as a function of pH

(3) 유화 특성

pH에 따른 단백질의 유화성을 fig.6에 나타내었다. SPI의 유화성은 등전점인 pH4.8에서 최소치를 보이고 이후로는 점차 증가하였다. SSPI는 pH2에서는 SPI보다 낮았고 등전점인 pH4에서는 최저값을 보이

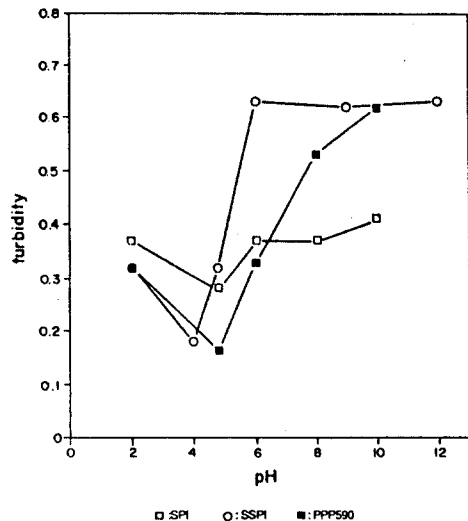


Fig. 6 Emulsifying activity of soy protein isolates at various pH.

다가 그 이후에서는 급격히 상승하여 중성의 pH 부근에서 거의 최고의 유화성을 보였다. PP590은 등전점에서 다른 두 단백질 보다 낮은 값을 보였으나 등전점 이후에서는 크게 상승하였다. succinyl화에 의한 유화성의 증가는 용해도의 증가와 정전기적 반발력에 의해 퍼진 단백질이 더 많은 소수성기를 노출하여 유화작용을 할 수 있는 자리가 증가된 것에 기인한다고 생각된다. Groninger¹⁷⁾도 succinyl화 한 생선단백질의 유화력이 증가하였다고 보고하였다.

pH에 따라 측정된 SPI, SSPI, PP590의 유화안정성은 90-100%의 값을 나타내었으나 별 차이가 없었다.

(4) 기포 특성

pH에 따른 대두단백질의 기포팽창력은 fig.7에서와 같이 SPI는 등전점인 pH4.8일때 최소치를 보이고 그 이후로는 점차로 증가 하다 pH12에서는 다시 감소하였다. SSPI는 SPI와 유사한 경향을 나타내었으나 pH4이상에서는 SPI보다 더 높은 값을 나타내었다. PP590은 pH6에서 최대를 보이고 그 전후로는 일정한 값을 나타내었다. 세 단백질 모두 최소치의 기포팽창력을 보인 등전점에서 굵고 상당히 안정한 기포를 형성하였다.

이상에서 볼 때 기포팽창력과 용해도간에는 연관

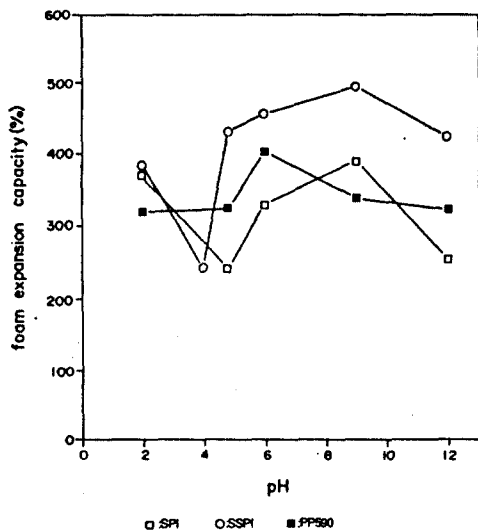


Fig. 7 Foam expansion capacity of soy protein isolates at various pH.

이 있는 것으로 보이나 pH에 따른 단백질의 정전기적 상태가 기포팽창력에 더 큰 영향을 주는 것 같다.

각 단백질의 pH에 따른 기포안정성은 table 1과 같다. 세 단백질 모두 등전점에서 안정도가 가장 컸고 그 전후에서는 감소하고 있는데 SSPI의 경우 그 변화정도가 더 컸다. 이것을 볼 때 기포안정성도 단백질의 전하 상태에 크게 의존 하는 것으로 생각된다. Nakaia²⁰⁾는 기포안정성과 전하밀도간에 반비례 관계가 성립한다고 보고하였다.

Table 1. Foam stability of soy protein isolates at various pH.

pH		SPI	SSPI	PP590
2	FS ₁	81.7	82.7	78.8
	FS ₂	78.8	67.3	76.9
	FS ₃	75.0	60.6	72.1
4	FS ₁		83.7	
	FS ₂		80.8	
	FS ₃		78.8	
4.8	FS ₁	81.7	82.7	84.6
	FS ₂	77.9	69.2	83.7
	FS ₃	74.0	53.8	83.7
6	FS ₁	78.8	78.8	85.3
	FS ₂	76.0	70.2	81.4
	FS ₃	70.2	25.0	78.4
9	FS ₁	83.3	11.5	77.5
	FS ₂	80.4	03.8	74.5
	FS ₃	60.8	02.9	39.2
12	FS ₁	77.5	11.8	79.8
	FS ₂	74.5	8.8	76.9
	FS ₃	58.8	5.9	70.2

FS₁ : Foam stability after 30 min

FS₂ : Foam stability after 1 hr

FS₃ : Foam stability after 2 hr

4. 두부의 품질 평가

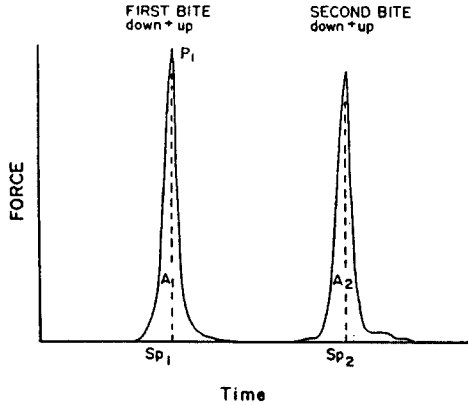
(1) 두부의 물성연구

i. 두부의 수분함량

control, MSC1; MSC2, MSC3의 수분 함량은 각각 74.4%, 77.4%, 80.0%, 85.2%로 두부의 변형정도가 클수록 수분함량도 높게 나타났다.

ii. 텍스처묘사 분석(TPA)

본 실험에서 두부의 특징적인 TPA 곡선은 fig.8과 같고 이것으로부터 분석한 각 특성치의 결과는 table 2와 같다.



Mechanical parameter		Measured variable
Hardness	: height of maximum peak in first bite (P1)	Force
Cohesiveness	: ratio of the area under the second bite to that under the first bite (A2/A1)	Ratio
Springiness	: the amount of the recovery from a deforming force	Distance
Gumminess	: hardness X cohesiveness	Force
Chewiness	: gumminess X springiness	Work

Fig. 8 Typical TPA curve of soy bean curd.

Table 2. Texture profile analysis of soy bean curds.

parameter sample	Hardness		Springiness (cm)	gumminess (dyne)	chewiness (erg)
	ss (dynes)	Cohesiveness			
Control	502.3	0.88	0.65	442.0	287.3
MSC 1	378.6	0.84	0.57	318.1	181.3
MSC 2	274.1	0.78	0.50	213.8	106.9
MSC 3	238.2	0.75	0.52	178.6	092.9

강도, 겹성 및 씹힘성은 두부의 변형정도가 또 두부의 수분함량이 클수록 감소하는 경향을 나타내었다.

iii. 응력완화 시험(relaxation test)

각 시료의 시간에 따른 응력의 변화는 fig.9와 같으며 붕괴응력, 탄성율(modulus of elasticity, E) 및 점도계수(viscosity coefficient, η)는 table 3과 같다.

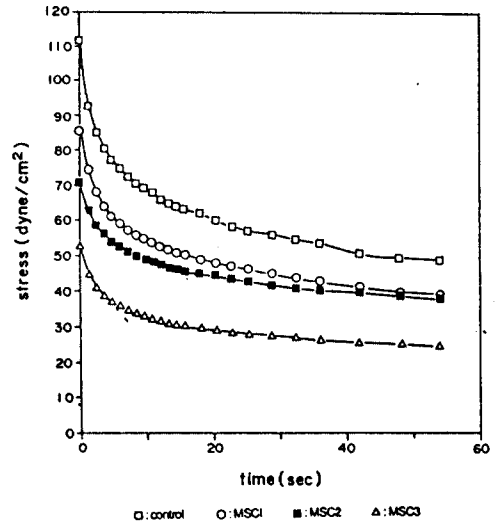


Fig. 9 Relaxation Curves for soy bean curds.

Table 3. The generalized Maxwell model parameters of soy bean curds.

	Control	MSC 1	MSC 2	MSC 3
	39.89	32.61	32.16	21.48
σ_1	32.77	19.00	23.93	13.04
σ_2	11.29	14.20	17.21	13.33
σ_3	21.22	22.31		
T_1	39.94	48.22	34.48	32.48
T_2	07.06	13.42	01.48	04.09
T_3	02.25	01.64		
E_1	93.63	54.28	68.37	37.26
E_2	32.36	40.58	49.17	38.09
E_3	60.63	63.70		
η_1	3739.6	2617.2	2357.4	1210.1
η_2	0227.7	0544.5	072.77	0155.8
η_3	0136.3	0104.5		

- σ : stress (dyne · cm⁻²)
- σ_2 : equilibrium stress
- T : relaxation time (sec)
- E : modulus of elasticity (dyne · cm⁻²)
- η : viscosity (poise)

Control과 MSC1은 7요소의 일반화된 Maxwell 모형을 나타내었으나 MSC1과 MSC2는 5요소의 일반화된 Maxwell모형을 나타내었다. 응력완화시간은 응력이 초기응력의 36.7%로 감소 될 때 까지의 걸린

시간을 나타내는 것으로 T_1 은 MSC1이 control보다 약간 큰 값을 나타내었으나 MSC2와 MSC3는 비슷한 값을 나타내었다. 네 시료 모두 T_2 와 n_2 는 각기 T_1 과 n_1 에 비해 급격히 감소하였다. MSC3는 탄성율과 점도계수가 다른 두부에 비하여 상당히 낮은 것으로 보아 액체적인 요소가 MSC3의 전체 질감특질에 더 많은 영향을 주는 것으로 생각된다.

(2) 두부의 관능 검사

두부의 관능검사결과에 대한 Duncan의 다중범위 검정분석의 결과는 table 4와 같다. 칼로 잘라보았을 때의 MSC1과 MSC2는 표준두부보다 매끈하게 나타났으며 손가락으로 눌러보았을 때의 탄력성과 견고성은 MSC1과 MSC2, MSC3간에 유의한 차이가 있었다. 입안에서의 견고성과 탄력성 그리고 쓴맛, 아린맛, 신맛은 MSC1에 대해 MSC2와 MSC3가 구별되었고 고소한 맛과 콩 비린맛은 변형두부간의 차이가 없었다. 선호도에 있어서는 MSC2와 MSC3가 차이가 나지 않았으나 MSC1과는 구별되었고 MSC1도 표준두부 보다는 낮은 값을 나타내었다.

이상에서 볼 수 있듯이 변형두부의 견고성과 탄력성은 매우 유의적인 차이를 나타내었으나 선호도에

있어 표준두부보다 떨어지는 것으로 보아 변형방법 시 사용되는 알카리등을 조절함으로 수용도의 개선이 요구된다.

식품내에 있어서 아실화된 단백질의 이용이 성공적으로 시도²⁰⁾되고 있다. 그러나 아실화된 아미노산의 대사과정이 아직 밝혀지지 않았고, 이의 식품사용시 안정성과 독성에 대한 연구²¹⁾등이 아직도 제한적이기 때문에 아실화된 단백질의 폭 넓은 이용 이전에 더 많은 연구를 필요로 한다.

IV. 요약

분리대두단백질의 수용액에서와 0.03M $CaCl_2$ 용액에서의 용해도는 등전점 이상에서 succinylation시에 증가하였고 PP590은 이들보다 낮은 용해도를 나타내었다. Succinyl화한 대두단백질은 등전점 이상에서 유화성이 증가하였고 PP590은 등전점 이후에서 분리대두단백질보다 높은 유화성을 나타내었다. 유화 안정성은 세 단백질 모두 큰 차이가 없었다. Succinyl화한 대두 단백질은 등전점 이후에 분리대두 단백질보다 기포 팽창력이 증가하였다. 그러나 succ-

Table 4. Duncan's multiple range test for sensory evaluation data of soy bean curds.

Charac- teristics sample	Color		Knife		Spoon			in Mouth	
	yellowish	greyish	Cutted surface	homoge- neousness	hardness	springiness	particle size	hardness	springiness
MSC ₁	3.35 ^a	2.65	4.10 ^a	3.25	2.35 ^a	2.80 ^a	2.65 ^a	2.80 ^a	2.50 ^a
MSC ₂	3.15 ^{ab}	2.65	4.00 ^a	3.20	1.50 ^b	2.10 ^b	1.85 ^b	1.50 ^b	1.40 ^b
MSC ₃	2.75 ^b	2.45	3.15 ^b	2.95	1.10 ^c	1.45 ^c	1.30 ^c	1.40 ^b	1.25 ^b

Charac- teristics sample	Taste					SmellT			acceptabil- ity
	roasted nutty	beany	bitterness	metallic	sour	roasted nutty	beany	sour	
MSC ₁	2.60	3.05	2.35 ^a	2.20 ^a	2.50 ^a	3.15	3.15	3.05	2.35 ^a
MSC ₂	2.20	2.85	1.65 ^b	1.35 ^a	1.95 ^b	1.95	2.75	2.95	1.65 ^b
MSC ₃	2.20	2.65	1.55 ^b	1.30 ^b	1.70 ^b	1.70	2.65	2.80	1.35 ^b

Means with the same letter in the same column are not significantly different.

* : P<0.05

* : P<0.01

inyl화한 대두단백질은 pH9 이상에서 안정성이 급격히 떨어졌다. 변형두부는 변형정도가 클수록 견고성, 씹힘성, 점착성이 감소하였다. 표준두부와 MSC1은 7요소의 일반화된 Maxwell 모형을 나타내었고 MSC2와 MSC3는 5요소의 일반화된 Maxwell 모형을 나타내었다. 관능 검사에 의한 변형 두부의 견고성과 탄력성은 표준두부에 비하여 유의적으로 감소하였고 수용도도 낮았다.

〈참고문헌〉

- 1) 윤주익 : 피마자 단백질의 식품화를 위한 연구. 한국식품과학회지 12(4), 1980, 236.
- 2) Lin, M.J.Y. and Humbert, E.S. : Certain functional properties of sunflower meal products. J. Food Sci., 39, 1974, 368.
- 3) Feeny, R.E. and Whitaker, J.R. ed. : Food Proteins. In chemical modification of protein, Meyer, E.W. and William, L.D. Advances in Chemistry series 160 ACS, Washington, D.C., 1977, p.52.
- 4) Haschemeyer, R.H. and Haschemeyer, A.E. : Proteins. John Wiley & Sons. New York, 1973, p.93.
- 5) Klapper, M.H. and Klotz, I. M. : Acylation with dicarboxylic acid anhydride. Meth.Enzymol., 25(B), 1972, p.531.
- 6) Franzen, K.L. and Kinsella, J.E. : Functional properties of succinylated and acetylated soy protein. J. Agric. Food chem., 24(2), 1976, 788.
- 7) Groninger, H.S. : Preparation and properties of succinylated fish myofibrillar protein. J. Agric. Food chem., 21(6) 1973, 978.
- 8) 김영숙, 황재관, 조은경, 이신영, 변유량 : 변형 대두 단백질의 기능특성에 관한 연구. 한국식품과학회지, 15(5), 1985, 383.
- 9) A.O.A.C. : Official methods of analysis. 14th ed. Association of Anatical Chemists, Washington, D. C., 1984.
- 10) Thanh, V. H. and Shibasaki, K. : Major proteins of soybean seeds. J. Agric. Food Chem., 24, 1976, 1117.
- 11) Habeeb, A.F.S.A. : Reaction of protein sulfhydryl groups with Ellaman's reagent. Meth. Enzymol., 25, 1962, 457.
- 12) Sathe, S. K. and Salunkhe, D. K. : Solubilization and electrophoretic charactericrization of the Great Northern Bean proteins, J. Food Sci., 46, 1981, 82.
- 13) Pearce, K. N. and Kinsella, J. E. : Emulsifying properties of proteins : Evaluation of turbidimetric technique. J. Agric. Food Chem., 26(3), 1978, 716.
- 14) Chen, B. H. Y. and Morr, C. V. : Solubility and foaming properties of phytate-reduced soy protein isolate. J Food Sci., 50, 1985, 1139.
- 15) 이명환, 이혜원 : 두부의 물성 및 보존에 관한 연구. 서울여자대학 논문집, 12, 1983, 345.
- 16) Bourne, M. C. : Food Texture and viscosity. Academic Press, New York, 1982, p.114.
- 17) Mobsenin, N. M. : Physical properties of plant and animal material. Gordon and Breach Science publishers, New York, 1978, p.136.
- 18) 방연식 : Acyl화에 의한 어류 단백질의 이화학적 성질의 변화. 서울대학교 석사학위 논문, 수원, 1986.
- 19) Nakai, S. : Structure-function relationship of food proteins with an emphasis on the importance of protein hydrophobicity. J. Agric. Food Chem., 31 (4), 1983, 676.
- 20) Thomson, L.U. and Reniers, D.J. : Succinylated cheese whey protein conc. in coffee shitener and salad dressing. J. Dairy sci., 65, 1982, 1135.
- 21) Siu, M. and Thomson, L.U. : Effect of succinylation on the protein quality and urinary excretion of bound and free amino acids. J. Agric. Food Chem., 30, 1982, 1179.