

효소처리가 대두단백질의 기능특성과 두부의 품질에 미치는 영향

한진숙 · 황인경

서울대학교 가정대학 식품영양학과

Effects of Functional Properties of Soy Protein Isolate and Qualities of Soybean Curd upon Proteolytic Hydrolysis

Jinsuk Han and In-Kyeong Hwang

Department of Food and Nutrition, Seoul National University

Abstract

This study was to examine the effect of functional properties of soy protein isolate(SPI) and qualities of soybean curd upon proteolytic hydrolysis. SPI was hydrolyzed using proteolytic enzyme, bromelain. The protein content of SPI by microkjeldahl method was 84% and the degree of hydrolysis in modified soy protein isolate(MSPI) was 2.7%. The solubility of MSPI was higher than that of control at various pH tested and proteolytic hydrolysis was increased emulsion formation and foam expansion while decreased emulsion stability, foam stability and calcium precipitation. Modified soybean curd I, standard soybean milk: Modified soybean milk=3:1, was soft and springy soybean curd when the texture properties of soybean curd were tested by texture profile analysis using Instron and sensory evaluation. The rheological model of soybean curds was investigated by stress relaxation test. The analysis of relaxation curve revealed that the rheological behavior of soybean curds could be expressed by 7-element generalized Maxwell model. The equilibrium modulus and modulus of elasticity decreased as the ratio of modified soybean milk was increased.

Key words: soy protein isolate, functional properties, proteolytic hydrolysis, Maxwell model

서 론

식물성 단백질 중 대두단백질의 식품에의 이용은 다른 단백질보다 더 빠르게 증가하고 있는데 이는 대두단백질의 우수한 영양적 가치와 독특한 기능특성에 기인하며, 이러한 기능특성은 식품에 첨가 또는 새로운 식품의 제조시 식품의 구성성분으로서 단백질의 기능성을 결정함으로 영양적 가치보다 식품에서 단백질의 이용도에 더 큰 영향을 준다^(1,2). 대두단백질의 각 기능특성은 식품의 형태, 조건에 따라 기여하는 정도와 바람직한 기능특성이 달라 단백질을 변형시켜 기능특성을 개선하여 식품에의 이용성을 증가시키려는 연구가 많이 시도되고 있다^(3,4).

이러한 개선방법중 현실적으로 적용가능성이 큰 방법으로 대두단백질에 단백질 가수분해 효소를 처리시켜 변형대두단백질을 제조하여 그 기능성을 이용하는 것이^(5,6).

본 실험에서는 한국산 다수화 품종인 장엽에서 단백질을 분리하여 식물성 단백질 분해효소인 bromelain을 처리하여 변형대두단백질을 제조하여 여러 기능특성을

pH에 따라 측정 비교하였다. 또한 식품에서 효소처리한 변형대두단백질의 영향을 고찰하고자 효소처리한 변형 두유를 일정비율로 혼합하여 두부를 제조하여 압착실험(TPA profile)과 관능평가를 실시하여 변형두유의 혼합비율과 두부품질과의 관계를 설명하였고, 응력완화 실험(stress relaxation test)을 통해 두부의 물성모형을 규명하고자 하였다.

재료 및 방법

본 실험에서는 농촌진흥청에서 구입한 한국산 다수화 품종인 장엽과 Purina사에서 판매되는 분리대두단백질(soy protein isolate, SPI)인 PP590을 사용하였다.

분리대두단백질의 추출

장⁽⁶⁾의 방법을 수정하여 Fig. 1과 같이 SPI를 분리하였다. PP590은 SPI와 조건을 비슷하게 하기 위해 pH 7.8의 Tris-HCl 완충용액에 분산시킨 후 SPI와 동일한 방법으로 투석, 냉동건조하여 사용하였다. SPI의 단백질 함량은 microkjeldahl 방법⁽⁸⁾으로 측정하였다.

단백질의 가수분해

장⁽⁷⁾ 등의 방법에 의하여 1 l 삼각플라스크에서 0.01

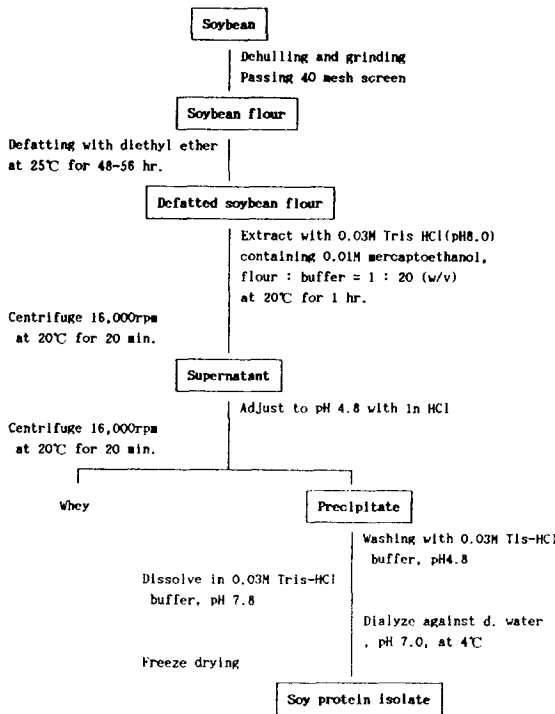


Fig. 1. Extraction of Soy Protein Isolate(SPI)

M의 sodium azide를 처리한 0.01 M phosphate-citrate 완충용액(pH 7.0)으로 5.0(w/w)% 단백질 용액을 만들어 40°C 항온수조에서 10분간 방치하여 평형에 도달되었을 때 단백질 분해효소인 bromelain을 단백질의 1%로 첨가하여 15분 동안 가수분해 시킨 후 즉시 acetone dryice sack에서 급냉시키고 냉동건조하여 변형분리 대두단백질 (Modified soy protein isolate : MSPI)을 제조하였다.

가수분해 정도의 측정

Nissen^(4,9)의 trinitrobenzene sulfonic acid(TNBS) 방법을 이용하여 가수분해 정도는 분해된 펩타이드 결합의 퍼센트로 정의하여 다음의 식에 의해 계산하였다. 표준 곡선은 L-루이신(L-leucine)으로 환산하여 나타내었다.

$$\text{Degree of hydrolysis(DH, \%)} = \frac{h - h_0}{h_{\text{tot}}} \times 100$$

h : Hydrolysis equivalent(meqv/g protein)

h₀ : Initial amino group equivalent(meqv/g protein)

h_{tot} : Total amino group after completely hydrolysis (meqv/g protein)

대두단백질의 기능특성의 측정

용해도⁽¹⁰⁾, 유효형성력과 안정성⁽¹¹⁾, 기포팽창력과 안정성^(12,13)은 pH 2, 4.8, 6, 9, 12 등의 다양한 pH에서

Table 1. Condition of two bite test and stress relaxation test using Instron Universal Testing Machine (Model 1140)

Type: Two Bite Test and Stress Relaxation Test
Fixture: Compression anvil
Deformation: 30%
Crosshead drive speed: 100 mm/min
Chart speed: 100 mm/min
Force range: 500g full scale
Sample size: 2×2×2 cm

측정하여 SPI와 MSPI의 기능특성을 측정비교하였고 pH는 1N NaOH와 1N HCl을 이용하여 조절하였다.

두부품질의 평가

표준두유는 Tsai⁽¹⁴⁾와 윤⁽¹⁵⁾ 등의 방법을 이용하였고, 변형두유는 두유를 끓이기 전에 MSPI 제조시와 동일한 조건에서 bromelain으로 처리하였으며, 첨가된 효소의 양은 두유내 총 단백질 양의 1%로 하였다. 효소처리 후 표준두유 제조와 동일한 방법으로 변형두유를 제조하였다.

표준두유와 변형두유를 4 : 0, 3 : 1, 2 : 2와 1 : 3의 일정비율로 섞어 혼합두유를 만들어 두유의 온도가 80°C가 되었을 때 응고제로 5% CaCl₂(w/v) 용액을 3~4회 나누어 첨가하였으며, 첨가되는 응고제 용액의 양은 두유용액의 10%로 하였다. 5분 동안 60°C에서 대두단백질이 응고하도록 방치한 후 응고물을 두부틀(14×10×8 cm)에 담고 500g 추로 20분간 압력을 가하여 성형한 후 증류수에 30분간 담가두어 여분의 응고제를 제거하여 실험에 이용하였다.

두부의 물성특성 측정

Instron Universal Testing Machine(Model 1140)을 사용하여 Table 1의 조건에서 측정하였으며 2회 반복으로 압착하였을 때 얻어지는 힘-거리곡선에서 질감 특성치인 견고성, 응집성과 껌성을 계산하였고 탄성정도는 변형 후 회복된 비율로 계산하였다⁽¹⁷⁾. 면적의 측정은 digital planimeter(Koizumi, KP-92)를 사용하였고, 3회 반복실험하여 평균치로 나타내었다.

압착실험과 동일한 조건에서 실시하여 얻은 응력완화 곡선을 연속잔차법(successive residual method)으로 다음의 방정식을 이용하여 물성모형을 규명하였다⁽¹⁷⁾.

$$\sigma(t) = \sum_{i=1}^n \sigma_{di} \cdot e^{-t/T_i} + \sigma_e$$

σ(t) : 시간 t에서의 응력

σ_{di} : i번째 Maxwell 모형의 응력

σ_e : 평형응력

T_i : i번째 Maxwell 모형의 응력완화 시간

단순회기분석(Simple linear regression analysis)으로 회기직선식(Y=b+ax)을 구하여 기울기와 Y절편으로부터

관능평가표		5	4	3	2	1
시료:						
1. 색 (Color)		희다	보통	두껍다		
2. 질감 (Texture)		희다	보통	젓빛이 두다		
1) 칼로 잘라보기 (knife)						
절단면의 상태 (Cutted surface)		5	4	3	2	1
균질성 (Homogeneous)		매단하다	보통	기진다		
2) 숟갈로 으개보기 (Spoon)						
견고성 (Hardness)		5	4	3	2	1
탄력성 (Springiness)		단단하다	보통	쉽게 부서진다		
부서지는 정도 (Particle size)		크다	보통	작다		
3) 입안에서 (Mouth)						
견고성 (Hardness)		5	4	3	2	1
탄력성 (Springiness)		단단하다	보통	쉽게 부서진다		
3. 맛 (Taste)						
고소한 맛 (Roasted nutty)		5	4	3	2	1
콩비린맛 (Beany)		없다	보통	많다		
쓴 맛 (Bitter)		없다	보통	많다		
이철 맛 (Metallic)		없다	보통	많다		
신 맛 (Sour)		없다	보통	많다		
4. 냄새 (Smell)						
고소한 냄새 (Roasted nutty)		5	4	3	2	1
콩비린내 (Beany)		없다	보통	많다		
신내재 (Sour)		없다	보통	많다		
5. 수용도 (Acceptability)						
기호도에 대하여		5	4	3	2	1

Fig. 2. The Sheet for Sensory Evaluation of Soybean Curd

터 붕괴응력(σ_{di})과 완화시간(T_i)을 구하여 물리적 모형 방정식을 유도하였고, 연속간차법에서 구한 붕괴응력과 완화시간을 이용하여 다음 식

$$E_i = \sigma_{di} / \epsilon_0$$

$$\eta_i = T_i \cdot E_i$$

E_i : i번째 Maxwell 모형의 탄성을

ϵ_0 : 초기 변형을

η_i : i번째 Maxwell 모형의 점성계수

으로부터 탄성을 E_i 와 점성계수 η_i 를 구하였다.

관능평가에 의한 두부의 평가

식품영양학과 여자 대학원생 10명으로 구성된 훈련된 관능검사원에 의해 두부의 관능평가를 실시하였다. 표준두부로 만든 두부를 기중시료로 하여 변형두부를 혼합하여 만든 두부를 시료로 제시하여 두부의 색, 질감, 맛과 냄새에 대하여 세부항목을 설정하여 평가하고, 최종적으로 수용도의 평가는 다시료 비교시험법(Multiple comparison test)으로 Fig. 2의 질문지를 이용하여 평가하였다¹⁸⁾. 그 결과는 분산분석과 Duncan의 다중범위 검정을 하였다.

결과 및 고찰

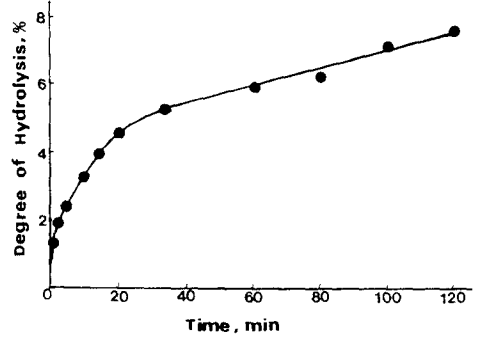


Fig. 3. Degree of Hydrolysis of Soy Protein with Bromelain measured by TNBS Method

단백질의 분리

탈지대두분에서 총 단백질의 약 70%가 분리되었으며, SPI의 단백질 함량은 84%이고 PP590은 82%로 나타났다.

단백질 가수분해의 정도

SPI를 bromelain 효소로 처리시 TNBS 방법에 의한 가수분해 곡선(Fig. 3)을 보면 효소처리의 반응초기에 가수분해가 빠르게 증가하였으며 그 이후로 완만히 증가하는 경향을 보였다. Nissen 등¹⁹⁾의 보고에서 보면 콩단백질을 5% 이상 가수분해시 쓴맛이 강하여 식품에 이용하기가 어려운 것으로 나타나 본 실험에서는 기능 특성을 측정하기 위해 효소처리된 MSPI 제조시 Fig. 2의 가수분해 곡선으로부터 3%의 가수분해가 이루어지는 15분을 효소처리하였는데 실제 가수분해정도 2.7%로 나타났다.

대두단백질의 기능특성

다양한 pH에서 1% 대두단백질 용액의 용해도(Fig. 4)를 보면 MSPI는 전 pH범위에서 SPI보다 높은 용해도를 보였고, 특히 등전점에서는 약 15% 정도 용해도가 증가하였으며, 알칼리와 산성쪽에서는 단백질의 90% 이상이 용해되는 것으로 나타났다. 한편 PP590은 중성범위의 pH에서 용해도가 상당히 떨어졌으나 극단의 알칼리에서는 급격히 증가하였다. MSPI의 용해도 증가요인은 효소처리에 따른 단백질의 변형¹⁴⁾인 1) 펩타이드 사슬의 분자량 감소 2) 극성기의 돌출로 인한 친수성의 증가 3) 분자적 공간배열의 변화에 의한 것으로 생각된다.

대두단백질의 유화형성시의 탁도와 시간에 따른 유화안정성은 각각 Fig. 5와 Table 2에 나타내었다. MSPI는 효소의 분해작용에 의해 기름-물 경계면에서 유화를 형성하는데 유용한 펩타이드 수와 극성기의 증가^{2,19)}로 전 범위에서 SPI보다 높은 유화형성력을 보였고, 등전점인 pH 4.8에서는 유용한 가용성 단백질의 감소로 유화형성력이 가장 낮게 나타나 등전점은 유화형성에 적합하지

못한 환경으로 생각된다. PP590은 중성 이후의 pH에서 특히 높은 유화형성력을 보였다. 유화안정성은 다른 연구보고⁽²⁰⁾에서 보다 크게 나타났으며, MSPI는 등전점에서 멀어짐에 따라 MSPI가 SPI보다 낮은 유화안정성을 보였는데 이는 효소처리에 의해 펩타이드가 작아지고 덜 구형이 되어 지방입자주위에 얇은 단백질층을 형성함으로써 경계면에서의 consistency가 작아지는 것에 의한

것으로 생각된다^(4,7,20).

MSPI는 단백질이 가수분해되면서 펩타이드 사슬이 경계면에서 펼쳐지는 경향이 증가하여 SPI보다 기포팽창력(Fig. 5)이 더 용이한 것으로 나타났다^(3,7,12). 최대 기포팽창력은 pH 9에서 나타났으나 PP590은 pH 6에서 나타났고, 등전점에서의 기포팽창력이 SPI와 비교시 약 80% 정도 증가하였다. 기포안정성(Table 3)은 기포형성 후 시간이 지남에 따라 감소하는 경향을 보였는데, 특히 MSPI는 시간의 경과에 따라 안정성이 급격히 저하되었고 알칼리쪽에서 더 불안정한 것으로 나타났다. 등전점에서는 기포팽창력은 최소이나 가장 안정한 기포를 형성하였는데, 이는 물리적으로 이미 침전된 단백질 분자들이 회합하여 기포주위에 두꺼운 막을 형성함으로써 나타난 결과로 생각된다⁽²¹⁾.

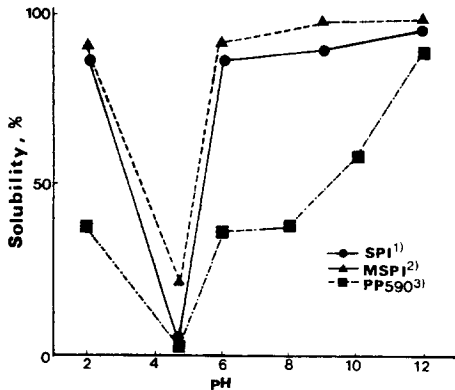


Fig. 4. Solubility profiles of soy proteins by microkjeldahl method

- ¹⁾SPI: Soy protein isolate
- ²⁾MSPI: Modified soy protein isolate
- ³⁾PP590: Commercial soy protein isolate

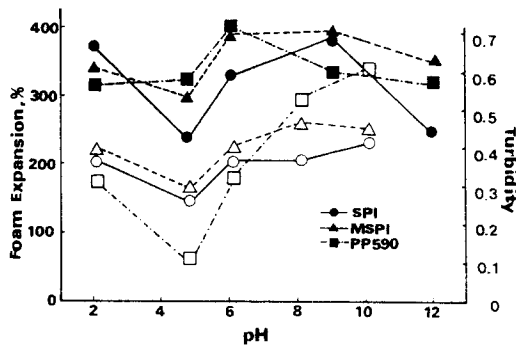


Fig. 5. Turbidity(open) and foam expansion(close) of soy proteins at various pH

두부품질의 평가

두부를 2회 반복하여 압착하였을 때 얻어지는 힘-거리 곡선으로부터 산출된 각 두부의 측정치(Table 4)를 보면 변형두부의 비율이 증가함에 따라 견고성이 크게 감소하여 두부가 연해지는 경향을 보였다. 이는 효소처리로 단백질의 분자량과 칼슘결합력의 감소로 두부의 망상구조가 헐거워져 나타난 결과로 보였다⁽²²⁾. 변형두부I(MSC I)은 응집성과 탄성 정도는 표준두부(SSC)와 비교시 거의 비슷하였으나 견고성의 감소로 껌성과 씹힘성이 감소하여 연하면서 탄력성을 지닌 두부가 되었다.

응력완화 검사(Relaxation test)

Table 2. Emulsion stability of soy proteins after 30 min at various pH

pH	SPI ¹⁾	MSPI ²⁾	PP590 ³⁾
	Emulsion stability(%)		
2	100.0	89.7	90.0
4.8	88.9	96.7	91.7
6	94.6	97.6	100.0
8	100.0	93.6	96.2
10	97.6	92.5	100.0

- ¹⁾SPI: Soy protein isolate
- ²⁾MSPI: Modified soy protein isolate
- ³⁾PP590: Commercial soy protein isolate

Table 3. Foam stability of soy proteins

Sample time(min)	SPI			MSPI			PP590		
	30	60	120	30	60	120	30	60	120
pH	Foam stability(%)								
2	84.12	80.78	74.50	78.85	75.96	63.46	78.85	76.92	71.15
4.8	83.17	80.79	74.52	81.73	78.85	59.62	84.62	83.65	83.65
6	80.13	77.18	72.35	71.15	34.62	26.92	85.29	81.37	78.43
9	80.02	74.80	62.14	79.41	56.86	20.59	77.45	74.51	39.21
12	76.98	73.06	54.91	72.55	58.82	23.53	79.81	76.92	69.23

Table 4. Texture profile analysis of soybean curds

Type	P1 ^a	COH ^b	D.SPR ^c	GUM ^d
SSC ¹⁾	377.27	0.82	0.95	309.36
MSC1 ²⁾	354.18	0.80	0.94	282.54
MSC2 ³⁾	239.09	0.79	0.93	188.88
MSC3 ⁴⁾	162.73	0.75	0.85	122.05

^aP1: Hardness(dyne)
^bCOH: Cohesiveness(dimensionless)
^cD.SPR: Degree of springiness(dimensionless)
^dGUM: Gumminess(dyne)
¹⁾SSC(standard soybean curd); standard soymilk:modified soymilk=4:0
²⁾MSC1(modified soybean curd 1); standard soymilk:modified soymilk=3:1
³⁾MSC2(modified soybean curd 2); standard soymilk:modified soymilk=2:2
⁴⁾MSC3(modified soybean curd 3); standard soymilk:modified soymilk=1:3

Table 5. The Generalized Maxwell Model Parameters of Soybean Curds by Stress Relaxation Test

Parameters	Type			
	SSC	MSC1	MSC2	MSC3
σ_e ¹⁾	36.36	31.82	19.89	16.48
σ_{d1} ²⁾	71.01	60.66	28.71	21.19
σ_{d2}	8.49	6.60	4.02	5.25
σ_{d3}	6.87	4.34	4.07	1.97
T_1 ³⁾	45.48	34.47	42.99	36.98
T_2	34.11	23.95	28.21	12.27
T_3	9.02	7.61	11.03	9.22
E_e ⁴⁾	121.20	106.07	66.30	54.93
E_1 ⁵⁾	236.76	202.20	95.70	70.63
E_2	28.30	22.00	13.40	17.50
E_3	22.90	14.47	10.23	6.57
η_1 ⁶⁾	10.77	6.97	4.11	2.61
η_2	0.97	0.53	0.38	0.21
η_3	0.21	0.11	0.11	0.06

¹⁾ σ_e : Equilibrium stress(dyne cm⁻²)
²⁾ σ_{di} : ith stress at generalized Maxwell model
³⁾Ti: ith relaxation time at generalized Maxwell model (sec)
⁴⁾ E_e : Equilibrium modulus of elasticity(dyne cm⁻²)
⁵⁾ E_i : ith modulus of elasticity
⁶⁾ η_i : ith viscosity coefficient at generalized Maxwell model (10³ poise)

변형두유의 혼합비율을 달리한 각 두부의 응력완화 곡선을 연속잔차법으로 분석한 결과 이들의 모형방정식은

$$SSS : \sigma(t) = 70.01 \cdot e^{-t/45.48} + 8.49 \cdot e^{-t/34.11} + 6.87 \cdot e^{-t/9.02} + 36.36$$

$$MSC1 : \sigma(t) = 60.66 \cdot e^{-t/34.47} + 6.60 \cdot e^{-t/23.95} + 4.34 \cdot e^{-t/7.61} + 31.82$$

$$MSC2 : \sigma(t) = 28.71 \cdot e^{-t/42.99} + 4.02 \cdot e^{-t/28.21} + 3.07 \cdot e^{-t/11.03} + 19.89$$

Table 6. Analysis of variance, mean values and Duncan's Multiple Range Test for sensory evaluation of modified soybean curds

Characteristics	Type			F value
	MSC1	MSC2	MSC3	
Color				
Yellowish	3.45	3.00	2.90	1.98
Greyish	3.20	3.15	2.75	1.86
Texture				
Knife Cutted surface	3.60	3.45	3.45	0.31
Homogeneous	3.70	3.55	3.45	0.40
Spoon Hardness	2.45a	1.90b	1.40c	15.76* ¹⁾
Springiness	2.95a	2.00b	1.60c	15.59*
Particle size	2.45a	1.95b	1.55c	6.59*
Mouth Hardness	2.50a	1.75b	1.10c	25.45*
Springiness	2.45a	1.70b	1.20c	27.94*
Taste				
Roasted nutty	3.55a	2.90b	2.35c	13.53*
Beany	3.15	3.10	2.75	1.94
Bitter	3.35a	2.40b	1.90c	27.90*
Metalic	3.55a	2.75b	2.25c	13.23*
Sour	3.55	3.40	3.25	1.08
Smell				
Roasted nutty	3.40	3.15	2.90	1.33
Beany	3.40a	3.00b	2.90b	4.58*
Sour	3.65	3.40	3.25	1.73
Acceptability	3.50a	2.45b	1.45c	42.99*

¹⁾*p<0.05

$$MSC3 : \sigma(t) = 21.17 \cdot e^{-t/36.98} + 5.25 \cdot e^{-t/12.27} + 1.97 \cdot e^{-t/9.22} + 16.48$$

으로 나타나 각 두부는 일반화된 Maxwell 모형중, spring 한개와 Maxwell 모형 세개가 결합되어 있는 7요소 모형임을 알 수 있었다. 방정식의 각 매개변수는 Table 5에서 나타난 것과 같이 변형두유의 혼합비율이 증가할수록 평형탄성률 E_e와 각 Maxwell 모형에서의 탄성률이 감소하였고, 점도계수도 감소하는 경향을 보였으나, 근본적인 물성모형은 모두 동일하게 7요소의 일반화된 Maxwell 모형을 나타내어 물성모형의 차이는 없었다.

변형두유를 혼합하여 만든 두부의 관능검사 자료에 대한 분산분석과 Duncan의 다중범위 검사의 결과(Table 6), 맛의 특성치에서 두부의 고소한 맛은 두부간에 유의하게 다르게 나타났는데 이는 변형두유의 혼합비율이 증가함에 따라 가수분해로 생성된 저분자의 쓴맛 펩타이드에 의해 쓴맛의 증가에 따른 영향으로 생각된다²⁰⁾. 절단면의 상태와 균질성은 표준두부보다 좋은 것으로 나타나 분자량의 감소로 더 매끈하고 균질한 두부가 생성되었다. 전체적으로 보아 표준두유와 변형두유를 3:1의 비율로 혼합하여 만든 두부가 표준두부보다 관능특성치의 평균값과 수용도를 비교시 더 품질이 우수한 것으로 사료된다.

요 약

본 연구에서는 분리대두단백질에 단백질 가수분해효소를 처리하여 대두단백질에 가수분해적 변성을 야기하여 그 기능성을 변화 고찰하고 실제 식품에의 이용방법으로 효소처리된 두유로 두부를 만들어 물성실험과 관능평가를 실시하였다. 장업에서 SPI를 제조한 후 15분간 bromelain으로 처리하여 2.7% 가수분해된 MSPI를 만들어 기능특성을 측정비교하였다. MSPI는 전 pH범위에서 용해도가 증가하였고, 특히 등전점에서 15% 정도 증가하였다. 유화형성력과 기포팽창력은 증가하였으나 이들의 안정성은 감소하였는데, 특히 기포안정성은 알칼리쪽에서 급격히 감소하였고, 등전점에서는 가장 큰 것으로 나타났다. 표준두유와 변형두유를 혼합하여 제조한 두부로 물성실험과 관능평가를 실시하였을 때 압착실험에서는 변형두부I이 연하고 탄력성 있는 두부를 형성하는 것으로 나타났다. 각 두부의 물성모형은 spring한개와 Maxwell 모형 세개를 가진 7요소모형으로 동일한 물성모형을 나타내었다. 관능평가에서는 표준두유와 변형두유를 3 : 1의 비율로 혼합하여 제조한 두부의 품질이 가장 우수한 것으로 평가되었다.

문 헌

- Kinsella, J.K.: Functional properties of soy protein. *J. Am. Oil Chemist's Soc.*, **56**, 242(1979)
- Wolf, W.J.: Soy proteins; Their functional, chemical and physical properties. *J. Agric. Food Chem.*, **18**, 969 (1970)
- Pucki, G.: Modification of functional properties of soy protein by proteolytic enzyme treatment. *Cereal Chem.*, **52**, 654(1975)
- Nissen, J.A.: *Enzyme hydrolysis of food proteins*. Elsevier Applied Science Pub. Ltd.(1986)
- Sekul, A.A., Vinnett, C.H. and Ory, R.L.: Some functional properties of peanut proteins partially hydrolyzed with papain. *J. Agric. Food Chem.*, **24**, 855(1978)
- Kimball, M.E., Hsien, D.S.T. and Rha, C.: Chymotrypsin hydrolysis of soybean protein. *J. Agric. Food Chem.*, **29**, 872(1981)
- 강영주: Enzymatic modification of soy protein effect of functional properties of soy protein isolate upon proteolytic hydrolysis. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **16**, 211(1984)
- A.O.A.C.: *Official Methods of Analysis*. Association of official analytical chemists, 14th ed., Washington D.C. (1984)
- Nissen, J.A.: Determination of the degree of hydrolysis of food protein hydrolysates by TNBS. *J. Agric. Food Chem.*, **27**, 1256(1979)
- Sathe, S.K. and Salunkhe, D.K.: Solubilization and electrophoretic characterization of the great northern bean proteins. *J. Food Sci.*, **46**, 82(1981)
- Pearce, K.N. and Kinsella, J.K.: Emulsify properties of proteins; Evaluation of turbidimetric technique. *J. Agric. Food Chem.*, **26**, 716(1978)
- Chen, B.H.Y. and Morr, C.V.: Solubility and forming properties of phytate reduced soy protein isolates. *J. Food Sci.*, **50**, 1139(1985)
- Choi, Y.R., Lusas, E.W. and Rhee, K.C.: Succinylation of cottenseed flour, effect on the functional properties of protein isolates prepared from modified flour. *J. Food Sci.*, **46**, 954(1981)
- Tsai, S.T., Lan, C.Y., Kao, C.S. and Chen, S.C.: Studies on the yield and quality characteristics of tofu. *J. Food Sci.*, **46**, 1734(1981)
- 윤영미, 손경희: 두부의 생산량 및 수율에 미치는 지방의 영향. *Korean J. Soc. Food Sci.*, **1**, 1(1985)
- Beleg, M.: Texture profile analysis. Parameter obtained by on Instron Universal Testing Machine. *J. Food Sci.*, **41**, 721(1986)
- Mohsenin, N.N.: *Physical properties of plant and animal materials*. Garden & Breach Sci. Pub., NY, **1**, 134 (1970)
- Elizabeth, L.: *Laboratory methods for sensory evaluation of food*. Pub. Agricultural Canada, 31(1977)
- Nissen, J.A. and Olsen, H.S.: The influence of peptide chain length on taste and functional properties of enzymatically modified soy protein. ACS Sym. series **92**, 125(1979)
- Morr, C.V.: Emulsifier, milk proteins, functional properties of proteins. ACS Sym. series **147**, 201(1981)
- Stainsby, D.: *Colloids in food*. App. Sci. Pub. (1982)
- Appurao, A.G. and Rao, M.S.N.: Binding of Ca(II) by 11S fraction of soy proteins. *Cereal Chem.*, **52**, 20 (1975)

(1992년 4월 27일 접수)