

여러가지 단백질 첨가로 인한 두부의 특성변화

변진원·황인경*

수원간호전문대학 식품영양학과·서울대학교 식품영양학과*

The Characteristic Changes of Soybean Curds by Addition of Several Types of Protein

Jinwon Pyun and Inkyeong Hwang*

Dept. of Food & Nutrition, Soowon College of Nursing

**Dept. of Food & Nutrition, Seoul National University*

Abstract

This study was conducted to compare the characteristics of the ordinary soybean curd and 3 protein-adding soybean curds (soy protein, casein, gelatin). The sensory evaluation, textural analysis by Instron Universal Testing Machine & the microstructure analysis by SEM for 4 soybean curds were carried out.

The results were as follows:

1. In sensory evaluation.

1) The differentiation of soybean curds was greatly explained by 'hardness in mouth' through ANOVA test.

2) Discriminant analysis showed that the properties of casein soybean curd were different from those of other three soybean curds by discriminant function I, and the properties of soy protein soybean curd were slightly different from those of ordinary and gelatin soybean curds by discriminant function II.

2. In textural analysis by Instron, protein-adding soybean curds showed significantly lower hardness than ordinary soybean curd.

3. In microstructure analysis by SEM, soy protein soybean curd showed regular, good honeycomb-like network structure and other soybean curds showed lumpy network. The structure of gelatin soybean curd was slightly similar to that of ordinary soybean curd.

I. 서 론

우리나라의 주요 단백질식품을 중심으로 가격단위당 구입량과 체내의 이용도를 비교해 볼 때, 대두는 저렴한 가격과 높은 단백질함량으로 가장 경제적인 단백질급원¹⁾인데도 불구하고 이런 중요한 단백질의 많은 양이 가축사료로 이용될 뿐 사람이 이용하는 양은 극히 적은 실정이다²⁾.

이것은 특히 곡류가 주식인 우리나라 사람에게 부족한 lysine을 공급할 수 있는 좋은 급원인 대두단백질이 비효율적으로 이용되고 있음을 의미하며, 대두식품가공에 있어서 소비자에게 잘 받아들여지지 않는 여러가지 문제점이 존재함을 나타낸다고 하겠다.

여러가지 대두가공 식품중에서도 우리나라 전통식품 중의 하나인 두부는 대두단백질을 변성·응고시켜 망상구조 사이에 물을 보유한 gel을 형성한 것³⁾으로 질감도 부드럽고 소화율도 매우 높은 식품이므로 두부의 품질향상을 통한 대두단백질의 좀 더 넓은 보급이 매우 중요하리라 생각된다.

이제까지 행해진 두부에 대한 연구를 보면, 기존 두부의 제조과정의 변화가 품질에 미치는 영향⁴⁻¹¹⁾은 많이 연구되어 각 과정에 대한 최적조건은 제시되었으나 다른 첨가물질에 의한 맛의 향상에 대한 연구시도는 미비하다 하겠다.

앞에서도 언급한 바와 같이 두부는 대두단백질을 이용한 음식으로 단백질의 기능성의 변화가 음식의 품질변화에 영향을 줄 수 있으리라 생각되므로 이에 본 연구에서는 겔화(gelation)를 유도할 수 있는 여러가지 단백질을 첨가하여 만든 두부의 관능적·물성적 특성의 변화를 연구하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험 재료

1) 대 두

두부제조용 대두는 농촌진흥청에서 분양받은 장엽(수원, 1989)을 사용하였다.

2) 응고제

5% CaCl₂용액을 사용하였다.

3) 첨가단백질

대두단백질은 Purina회사에서 생산되는 PP500E를 구입하였고, 카제인과 젤라틴은 Avondale Laboratories (England)에서 구입하였다.

2. 실험 방법

1) 두부의 제조

첨가단백질은 원료대두의 3%에 해당하는 양(6g)을 물 200 ml에 넣어 열탕처리로 완전히 녹인 후 사용하였으며, 두부의 제조방법은 김등의 방법¹²⁾에 따라 Fig. 1과 같이 행하였다.

2) 관능 검사

식품영양학과 여자대학원생 중에서 선발하여 세차례에 걸쳐 사전 훈련된 평가원 10명에 대해 Fig. 2와 같은 검사지를 사용하여 평가하게 하였으며, 평가정도를 점수화한 뒤(0~6점) 각 시료의 특성치에 대해서는 컴퓨터

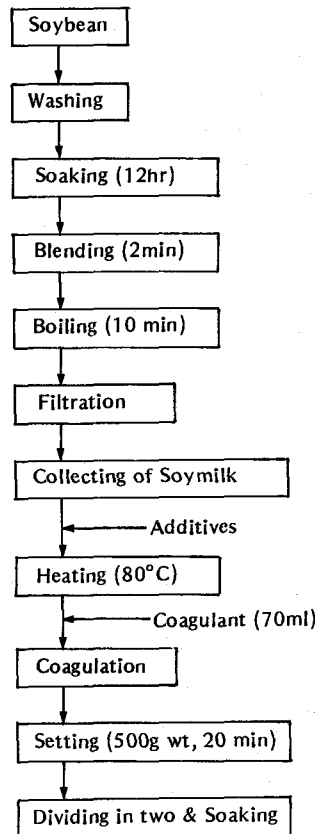


Fig. 1. Procedure for soybean curd.

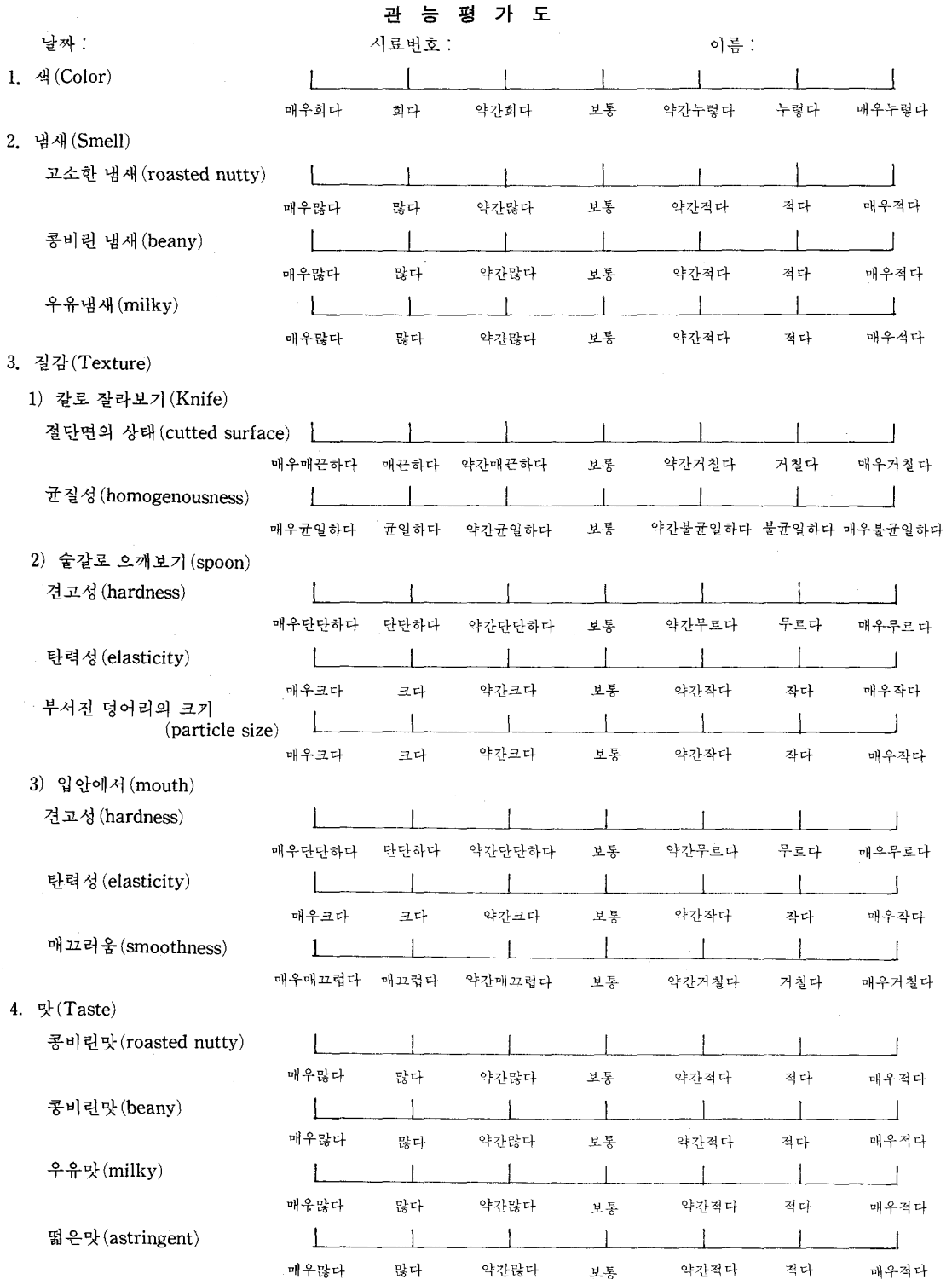


Fig. 2. The sheet for sensory evaluation of soybean curd.

터 통계처리용 SAS프로그램을 이용하여 분산분석과 Duncan의 다중범위 검정분석(Duncan's multiple range test), 정준판별분석(Cannonical discriminant analysis)을 실시하여 통계처리하였다.

3) Instron을 이용한 물성검사

Instron Universal Testing Machine (Model 1140)을 사용하여 Table 1과 같은 조건으로 압착시험(Compression test)을 행하였다.

시료를 2번 누를 때의 전형적인 곡선은 Fig. 3과 같으며, 그 곡선을 분석하여 질감특성을 계산하였다.

견고성(hardness)은 첫번째 곡선의 최대높이(P_1), 응집성(cohesiveness)은 A_2 의 면적/ A_1 의 면적, 탄성정도(degree of springiness)는 첫번째 곡선과 두번째 곡선의 peak가 나타날 때까지의 거리의 비(Sp_2/Sp_1)로 표시하였고, 견고성을 보는 다른 기준치로 탄성률

Table 1. The condition of Instron Universal Testing Machine used in two-bite compression test of soybean curds

Type	Two-bite compression test
Weight of load cell	5 Kg
Deformation	30%
Cross head speed	100mm/min
Chart speed	100mm/min
Sample size	40 x 40 x 20 mm

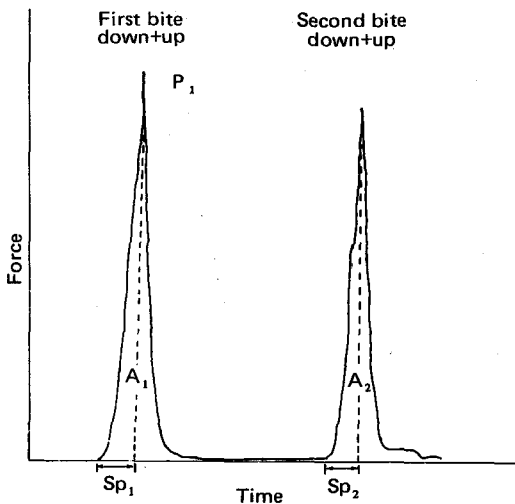


Fig. 3. Typical two-bite compression curve of soybean curd.

Table 2. Analysis of variance & Duncan's multiple range test for sensory evaluation of soybean curds

Sources	Color	Smell	Texture			Taste		
			Knife	Spoon	Mouth	roasted nutty	beany milky	astrin- gent
F value	8.33***	1.29 1.06 21.74***	13.15*** 5.29**	59.32*** 7.95*** 2.94*	80.49*** 8.70*** 51.64***	1.53 2.42 40.46***	6.42***	
Ordinary soybean curd	3.07b	3.37a 2.21a 1.19b	3.10b 2.96b	4.17a 3.34b 3.07a	3.60a 2.44a 2.30c	3.18a 1.84a 1.23b	2.76a	
Soy protein soybean curd	3.41b	3.37a 2.10a 1.35b	3.60b 4.06a	3.18b 3.93a 3.13a	2.42b 2.68a 3.58b	3.50a 1.85a 1.67b	2.41a	
Casein soybean curd	4.14a	3.45a 1.81a 2.62a	4.68a 2.78b	0.96c 2.71c 2.36b	0.54c 1.52b 5.24a	3.14a 1.39a 3.31a	1.46b	
Gelatin soybean curd	3.46b	3.84a 1.83a 1.36b	3.40b 3.36b	3.97a 3.70ab 3.04a	3.25a 2.95a 2.74c	3.65a 1.95a 1.22b	2.21a	

*** : P < 0.001
 ** : P < 0.01
 * : P < 0.05

(Modulus of Elasticity)을 계산하였다. 3회 반복 실시하여 얻은 측정치는 평균과 표준편차로 나타내었다.

4) 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope; SEM) 을 이용한 미세구조 관찰

3×5×1 mm의 입방체형으로 자른 두부를 급속동결건조기(-70℃)를 사용하여 건조시킨 뒤 ion coater를 사용하여 금을 입힌 뒤 JEOL JSM-35 SEM으로 관찰하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 관능 검사

기존두부와 3종의 단백질첨가두부에 대해 관능검사를 실시한 후 그 평가내용에 대해 분산분석을 행한 결과 (Table 2), 카제인 첨가 두부에 의한 우유맛과 우유냄새, 짙은 맛을 제외하고는 맛이나 냄새에서는 시료간에 별다른 유의적인 차이를 나타내지 않은 반면 질감특성에서는 시료간에 큰 유의적 차이를 나타냈으며, 특히 견고성에서 큰 차이를 보이고 있다.

이런 차이가 시료간에 어떻게 나타나는지를 알아보기 위해 Duncan의 다중범위검정분석을 행한 결과 (Table 2)와 QDA profile (Fig. 4)을 살펴보면 카제인 첨가두부가 견고성이나 탄력성이 특히 작으면서 매끄러운 정도

는 크게 나타났으며, 우유맛과 우유냄새가 강하면서 색은 희고 짙은 맛은 적음을 알 수 있고, 대두단백질첨가두부는 다른 두부에 비해 높은 균질성을 나타내었으며 젤라틴첨가두부는 견고성을 비롯한 몇가지 평가항목에서 비교적 기존두부와 비슷한 특성치를 나타냄을 알 수 있다.

네시료의 특성차이를 보기 위하여 실시한 분산분석의 결과는 각각의 평가항목만을 분석하였기 때문에 평가된 항목을 모두 함께 비교하여 네시료간의 특징적 차이를 보기 위하여 판별분석을 실시하였다.

판별분석 결과 Table 3에서 보여지는 것과 같이 시료간의 구분은 3가지 판별함수로 설명되어 질 수 있는데 이 중에서 판별함수 I의 분리능력이 87%를 차지하고 있으므로 네시료간의 특징은 주로 판별함수 I에 의해 구분되어짐을 알 수 있다.

시료간의 판별정도는 Fig. 5에서 보는 바와 같이 판별함수 I에 의해서 카제인첨가두부가 다른 세가지 두부와 분명하게 구분되는데 이때 가장 크게 기여하는 변수는 Table 4에 나타난 판별함수의 계수값이 큰, 입안에서 느끼는 견고성·순갈로 으깨본 견고성·절단면의 상태 등이다.

한편 판별함수 II의 분리능력은 판별함수 I보다는 크게 낮지만, 대두단백질첨가두부가 기존두부와 젤라틴첨가두부보다 비교적 특징적인 차이를 보여주고 있으며, 판별함수 II에 가장 영향을 주는 평가항목은 균질성이었다.

이상에서 본 것처럼 판별분석에 의해서도 텍스처에 관계되는 평가항목들중 몇가지가 네가지 두부의 특징을 구별해주는 주요 변수임을 알 수 있다.

2. Instron을 이용한 물성검사

4가지 두부의 물리적인 특성을 알아보기 위해 Instron

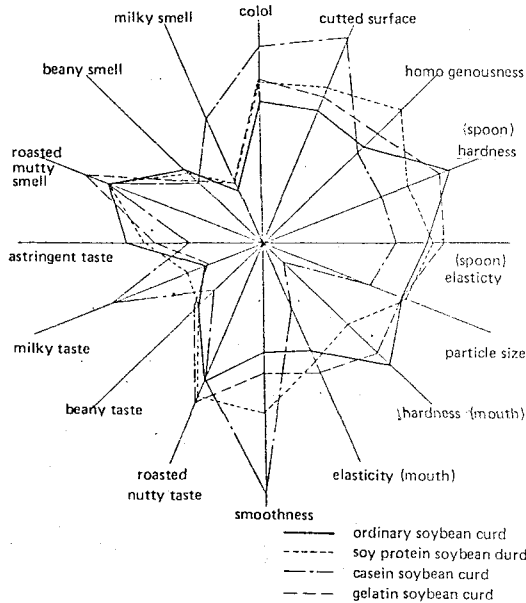


Fig. 4. QDA Profile for soybean curds.

Table 3. Cannonical discriminant function by sensory evaluation result of soybean curds

Function	Squared canonical correlation	Eigenvalue	Proportion	Cumulative proportion
1	0.79	3.87	0.87	0.87
2	0.31	0.44	0.10	0.97
3	0.11	0.13	0.03	1.00

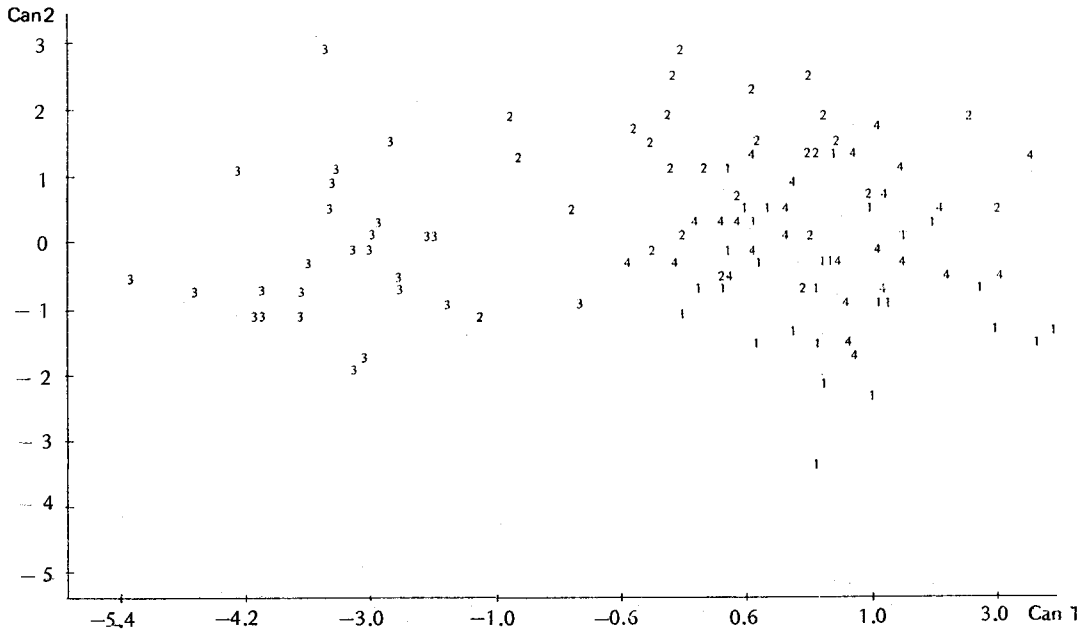


Fig. 5. Plot of canonical discriminant function for soybean curds.

- 1: Ordinary soybean curd
- 2: Soy protein soybean curd
- 3: Casein soybean curd
- 4: Gelatin soybean curd

Table 4. Standardized canonical coefficients of discriminant function for soybean curds

Characteristics		CAN1	CAN2
Color		-0.05	-0.27
S m e l	roasted nutty	0.10	0.00
	beany	-0.14	-0.37
	milky	-0.06	-0.46
T e	Knife cutted surface	-0.59	-0.50
	homogenousness	0.25	0.88
x t	hardness	0.68	-0.46
	Spoon elasticity	0.38	0.46
u r	partical size	-0.18	0.48
	hardness	0.72	-0.57
M o u t h	elasticity	0.23	0.26
	smoothness	-0.14	0.32
	roasted nutty	0.05	0.21
T a s t e	beany	0.12	0.41
	milky	-0.29	0.10
	astringent	0.26	0.10

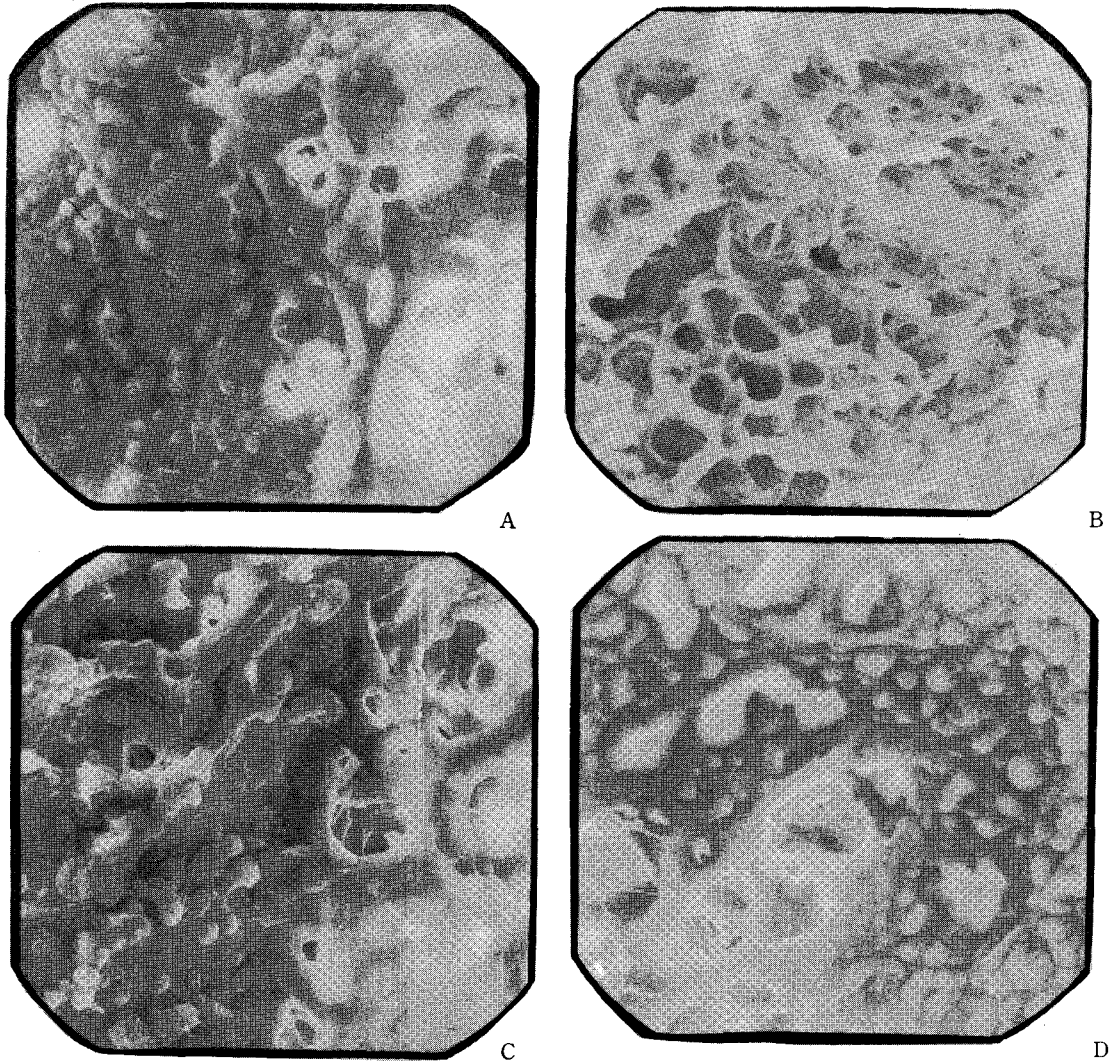
을 이용하여 압착시험을 한 결과 얻은 특성치는 Table 5와 같다.

이 측정치는 2cm 높이의 시료를 1.4cm까지 2번 압착할 때 나타나는 특성을 알아본 것으로 시료의 두께를 일정하게 해야하나 부드러운 질감의 두부를 일정한 두께로 자르는 것이 어려워 시료의 두께가 1~2mm정도 변하면서 견고성을 나타내는 곡선 peak의 높이에 변화를 초래하여 일관성 있는 결과를 얻기 힘들어 견고성과 변형정도를 함께 고려한 탄성률(modulus of elasticity, stress/strain)도 계산해 보았다.

측정결과를 보면, 관능검사에서 나타난 것과 같이 기존두부의 견고성이 가장 높고 카제인첨가두부의 것이 가장 낮았으며 젤라틴 첨가두부가 기존두부의 것과 비교적 유사하긴 하지만 나머지 2가지 단백질첨가두부도 기존두부의 견고성보다는 낮은 수치를 나타내었다. 변형정도에 따른 견고성을 나타내는 탄성률은 높이에 의한 견고성과 비슷한 경향을 보이면서 세가지 단백질첨가두부와 기존두부간에 최소유의 차이검정 (Least Significant Difference; LSD)에 의한 유의성 검증결과 유의한 차이

Table 5. Rheological characteristics of soybean curds by Instron Universal Testing Machine

Soybean curds	Hardness		Degree of springiness	Cohesiveness
	Height (P_1)	Modulus of elasticity		
Ordinary soybean curd	1.62 ± 0.33^a	5.72 ± 1.34^a	0.87 ± 0.04	0.78 ± 0.05
Soy protein soybean curd	0.99 ± 0.28^{bc}	3.25 ± 0.41^b	0.88 ± 0.04	0.80 ± 0.04
Casein soybean curd	0.64 ± 0.13^c	2.23 ± 0.32^b	0.90 ± 0.05	0.82 ± 0.05
Gelatin soybean curd	1.18 ± 0.33^{ab}	3.79 ± 0.97^b	0.91 ± 0.04	0.82 ± 0.06

Fig. 6. SEM structure of soybean curds ($\times 400$).

- A: Ordinary soybean curd
- B: Soy protein soybean curd
- C: Casein soybean curd
- D: Gelatin soybean curd

를 나타내었다($p=0.05$).

응집성과 탄성정도는 두부들 간에 유의적인 차이를 나타내지는 않았고 단지 세가지 단백질첨가두부가 기존두부보다 약간 높은 수치를 나타내었다.

따라서 단백질첨가로 인해 기존두부보다 응집성이나 탄성에 큰 변화없이 견고성에 있어서 더 연한 두부가 제조되었음을 알 수 있으며 이것은 관능검사 분석결과 견고성이 가장 큰 특성차이를 나타낸 것과 일치된다.

3. SEM을 이용한 미세구조 관찰

4가지 두부의 구조적 차이를 비교하기 위해 SEM을 사용하여 400배로 관찰하였다(Fig. 6).

관찰한 각 두부에서는 Lee¹³⁾와 Saio¹⁴⁾가 제시한 대두 단백질 curd구조와 유사한 3차원적 망상구조를 관찰할 수 있었으며, 각 두부간에는 약간의 차이가 있음을 알 수 있었다.

기존두부는 울퉁불퉁한 구조를 보이면서 망상구조를 두껍게 형성하였는데 이것은 Saio가 제시한 대로 거친 망상구조로 인해 견고성이 증가한다는 것과 일치된 결과라 생각된다.

대두단백질첨가두부는 비교적 규칙성을 띠면서 좋은 벌집모양의 망상구조를 보였고, 카제인첨가두부는 좋은 망상구조는 보이지 않으나 더 높은 배율로 관찰해 본 결과 단백질응집체가 부드러운 막으로 둘러싸인 듯 매끄럽게 이루어져 있었다. 젤라틴첨가두부는 망상구조의 모형이나 울퉁불퉁한 정도, 망상구조의 두께 등이 기존두부와 비교적 비슷하게 관찰되었다.

이렇게 대두단백질첨가두부와 카제인첨가두부가 각각 구분되고, 기존두부와 젤라틴첨가두부의 구조가 비교적 유사한 것은 관능검사결과(Table 2)와 Instron검사결과(Table 4)와 일치된다.

IV. 결 론

본 연구에서는 겔화를 유도할 수 있는 단백질을 첨가한 3종의 두부를 만들어 기존두부와 함께 그 관능적·물성적 특성을 조사·비교하였다.

1. 관능검사를 실시한 결과

1) 분산분석결과 시료간에 질감특성에 있어서 큰 차이를 나타냈으며 시료구분에 가장 큰 기여를 하는 것은 입안에서 느끼는 견고성이었다.

2) 판별분석결과 판별함수 I에 의해서 입안에서 느끼는 견고성, 순갈로 으개본 견고성, 절단면의 상태등에 의해 카제인첨가두부가 다른 두부에 비해 현저하게 구분되며, 구분능력이 적긴 하지만 판별함수 II에 의해서 대두단백질첨가두부가 균질성등에 의해 기존두부·젤라틴첨가두부와 비교적 구분되었다.

2. Instron을 이용한 물성검사결과, 단백질첨가두부가 기존두부에 비해 유의하게 낮은 견고성을 나타내었다.

3. SEM을 이용한 미세구조 관찰에서는 대두단백질첨가두부가 규칙적인, 좋은 벌집모양의 망상구조를 이루었고, 다른 두부는 granule이 많이 붙어 있는 울퉁불퉁한 망상구조를 보이면서 젤라틴첨가두부와 기존두부가 비교적 비슷하게 관찰되었다.

본 연구에서는 단백질첨가두부의 특성을 기존두부와 비교하기 위해 4가지 두부를 똑같은 조건으로 만들었기 때문에 여러가지 특성차이가 크게 나타나지는 못한 듯하다. 예를 들면 대두단백의 경우, 녹이기 위해 사용되는 가열시간을 다른 단백질의 것과 동일하게 하다 보니 최적 변성을 유도하는 시간을 초과하여 두부제조에 사용되었으므로 그 효과가 감소되었으리라 생각된다.

앞으로의 계속적인 연구를 통해 각각의 첨가된 단백질이 적절한 gelation으로 두부의 미세구조를 형성하는데 가장 좋은 조건이 되도록 가공과정을 설정한다면(응고제의 종류와 양, 첨가방법등)더 좋은 질감특성을 보이는 두부를 만들 수 있으리라 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) 박일화 : 식품과 조리 원리, p. 15, 수학사, 1990.
- 2) 이철호 : 두류, 식품과학, 21(2):12, 1988.
- 3) Fukushima, D.: Soy Proteins for Foods Centering around Soysauce and Tofu. *J. Am. Oil Chemist. Soc.*, 54:346, 1981.
- 4) 문수재, 손경희, 김영희 : 각종 응고제에 따른 두부의 Texture 특성에 관한 연구. 대한가정학회지, 7:11, 1979.
- 5) 이명환, 이혜원 : 두부의 물성 및 보존에 관한 연구. 서울여자대학 논문집, 13:437, 1984.
- 6) 이명환, 안혜숙 : 두부제조시 응고제 및 성형압력이 미치는 영향, 서울여자대학 논문집, 12:345, 1983.
- 7) 윤영미, 손경희 : 두부 생산량 및 수율에 미치는 지방의 영향, 한국조리과학회지, 1:1, 1985.

- 8) Carter, E., Lu, J.Y., Chung, R.A.: Use of calcium salts for soybean curd preparation, *J. Food Sci.*, **45**:32, 1980.
- 9) Johnson, S.D., Wilson L.A.: Influence of soybean variety and the method of processing in tofu manufacturing; comparison of methods for measuring soluble solids in soymilk, *J. Food Sci.*, **49**:202, 1984.
- 10) Tsai, S.J., Lan, C.Y., Kao, C.S., Chen, S.C.: Studies on the Yield and Quality Characteristics of Tofu, *J. Food Sci.*, **46**:1734, 1981.
- 11) 박용곤, 박부덕, 최광수 : 대두의 수침시간에 따른 조식의 미세구조, 단백질 특성 및 두부수율의 변화, 한국영양식량학회지, **14**(4):381, 1985.
- 12) 김길환, 권태완 : 공품질과 가공이용, 농진청 심포지움, **3**:5, 1988.
- 13) Lee, C.H., Rha, C.: Microstructure of soybean protein aggregates and its relation to the physical and textural properties of the curd, *J. Food Sci.*, **43**:79, 1978.
- 14) Saio, K., Tofu-Relationship between texture and fine structure, *Cereal Foods World*, **24**:342, 1979.