

단백 첨가가 두부 품질에 미치는 영향

김종만[†] · 최용배 · 김형태 · 김태영 · 황호선 · 황신목

원광대학교 농과대학 농화학과

Effects of Egg-White Addition on the Quality of Soybean Curd

Joong-Man Kim[†], Yong-Bae Choi, Hyung-Tae Kim, Tae-Yung Kim,
Ho-Sun Hwang and Shin-Mook Hwang

Dept. of Agricultural Chemistry, College of Agriculture, Wonkwang University, Iri, Jeonbug 570-749, Korea

Abstract

To fortify protein to soybean curd, 0, 20, 40, 60 and 80% (v/v) of egg white (EW) were added to soybean milk for the soybean curd preparation, respectively. Moisture, Ca²⁺, crude lipid and ash content of the curd were decreased as EW increased whereas protein content, weight and volume, Mg²⁺, K⁺ and Na⁺ increased, and hardness also increased. In addition, coagulating temperature and hardness were lowered as EW increased. Color and taste panel score were not significantly different ($p < 0.01$), however, texture and flavor score were lowered over 60% (v/v) EW addition. By adding EW (20, 40, 60 and 80%), sulfur containing amino acids were enriched 0.63, 1.20, 1.76 and 2.36 times, respectively compared to the control(0%).

Key words : soybean curd, egg-white, amino acid composition, hardness, protein fortification

서 론

두부의 단백질은 동물성 단백 식품과는 다르게 열량과 포화지방 함량이 낮고 콜레스테롤이 함유되어 있지 않으며¹⁾ 동물성 단백질에 비하여 가격이 저렴하기 때문에 선진국에서는 단백질 전강식품으로 후진국에서는 경제적인 단백질 식품으로 각광을 받고 있다. 두부 제조시 응고제로 CaCl₂, CaSO₄와 같은 칼슘염이 사용되고 있어서 최근 칼슘은 치아와 뼈를 건강하게 유지시켜 주고 신경의 흥분성 억제, 효소의 활성화 등에 그의 중요성이 강조되고^{2,3)} 있어서 두부칼슘공급 식품으로써 가치가 크다고 본다.

그러나, 대두 단백질은 일반 곡류의 제 1 재한 아미노산인 lysine 함량이 많은 장점이 있는 반면 함황아미노산의 함량이 낮아 동물성 단백질 식품보다 단백질 효율이 낮다^{4~6)}. 따라서 함황 아미노산이 풍부한 어연 식품 소재를 두유에 혼합한 두부의 개발은 단백질 효율을 개선하며 나아가서 양질의 단백질 식품을 간접 생산하는 효과로 볼 수 있다. 이러한 관점에서 볼 때 Rocotta 등⁵⁾이 옥수수 단백질에 유청단백질을 혼합하여, Renner⁷⁾와 Rham⁸⁾은 대두 단백질에 유청단백질을 첨가하여 Thompson⁹⁾이 대두와 유청 혹은 면실 단백질을 첨가하여 단백질의 질을 개선한 보고는 매우 의미있는 일로 생각된다.

그외에 두부 제조에 관한 연구는 품질 특성과 수율에 관한 보고^{11~17)}, 기존 응고제를 상호 비교한 것¹⁸⁾,

[†]To whom all correspondence should be addressed

영양소의 이동에 대한 연구^{19,20)}, 난각으로부터 두부 응고제의 제조와 그 이용에 관한 보고²¹⁾, 두부 수득을 증가를 위한 최적 제조조건 설정에 관한 보고²²⁾ 등 다수가 있으나 마요네스 제조시 부생되고 이미 함황 아미노산이 많이 함유된 것으로 알려진 난백을 두부의 단백질 강화 소재로 사용하려는 보고는 아직 발견하지 못하였다.

따라서 본 실험에서는 난백을 두유에 첨가하여 만든 두유-난백혼합물의 공침성과 몇 가지 품질적인 특성에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

부재료

대두는 지난해 가을 수확된 광교 품종을 시중에서 구입하여 사용하였고, 계란은 전날 산란한 양계장에서 직접 구입하여 사용하였으며, 두부 응고제는 $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (島久藥品)을 사용하였다.

두부제조

대두는 혼집물을 제거한 후 깨끗한 물로 씻어 약 10°C의 물에 12시간 수침한 후 대두와 물의 비율을 1:10으로 하여 마쇄한 다음 90~100°C에서 약 20분 동안 가열한 후 cheese cloth bag에서 압착하여 얻은 두유에 달걀로부터 분리한 난백을 0, 20, 40, 60, 80% (v/v)의 비율로 혼합한 후 Nissei AM-11 Homogenizer로 균질화하여 전보²³⁾와 같은 방법으로 제조하였다.

성분 분석

수분은 상법²³⁾에 따라서 kett 적외선 수분계 (kett 과학 연구소제 T-1A형)로 측정하였고, 총당은 Somogyi 변법²³⁾으로, 지방은 Soxhlet 추출법²⁴⁾으로 단백질은 Micro-kjeldahl법²⁴⁾으로 정량하였다(질소계수 : 난백 6.25, 대두 5.71). 회분은 직접 회화법²⁵⁾으로 정량하였고, 무기물은 원자흡광법²⁶⁾에 따라 열풍 건조한 후 Atomic absorption spectrophotometer (Perkin Elmer, Model 2380)로 분석하였다.

pH 측정은 Beckman-Ø-31 pH meter로, curd의 firmness는 전보²³⁾에서 처럼 FUDOH-rheometer (NRM-2002J)로 측정하였다.

아미노산 정량은 Mason 등²⁶⁾의 방법에 따라 Amino

acid analyzer (ILK 4150 Alpha)로 분석을 하였다.

관능검사

두유와 난백의 혼합 비율을 달리하여 제조한 두부의 품질을 4가지 관점(색, 굳기, 풍미, 맛)에서 조사 평가하기 위하여 각 항목에 대하여 각각 최저 1점(매우 나쁘다), 최고 10점(아주 좋다)을 배점하고 본 실험에 대한 취지를 설명한 대학원생 3명과 학부학생 7명으로 구성된 panelist로 하여금 3회 반복 시식토록 하여 평점을 얻었다.

통계처리

데이터 처리는 SAS SERIS package²⁷⁾를 이용해서 ANOVA (analysis of variance) 와 Duncan's multiple range test 처리하여 최소유의차 (LSD)를 구하였다.

결과 및 고찰

열응고성 비교

두유에 난백을 첨가하고 여러 온도 범위에서 열응고성을 조사 하였는데 (Table 1) 두유는 100°C에서도 열응고성이 육안으로 인지되지 않았으나 난백이 첨가된 시료에서는 난백 첨가량이 증가됨에 따라서 응고온도가 내려가는 경향을 나타냈다. 즉 두유만인 경우는 응고되지 않았고 80% 난백을 첨가한 경우에는 70°C에서 약간의 응고가 일어났고, 80°C에서부터 응고성이 뚜렷하였다. 20% 난백을 첨가한 경우에는 100°C에서만 응고되었다. 이와같이 난백첨가량이 증가

Table 1. Heat induced coagulability of the mixture made at various ratio of soybean milk and egg white

Temp. (°C)	Egg white addition (%)				
	0	20	40	60	80
40±2	-	-	-	-	-
50±2	-	-	-	-	-
60±2	-	-	-	-	-
70±2	-	-	-	-	+
80±2	-	-	-	+	++
90±2	-	-	+	++	+++
100±2	-	+	+	+++	++++

- : Uncoagulation, + : Weak coagulation,

++ : Curd formable, +++ : Hard coagulation,

++++ : Very hard coagulation

할수록 응고 온도가 하강하는 것은 난백의 주성분인 알부민이 62~65°C에서 응고되는 성질^{24,25}에 기인하는 것으로 판단할 수 있다.

응고제 첨가한 두유-난백혼합물의 열 응고성 변화

두유에 난백을 각각 다른 비율로 첨가한 다음 응고제 CaCl₂를 첨가하고 가열한 경우 응고제를 넣지 않고 가열한 경우(Table 2)와는 달리 두유와 모든 난백 첨가 시료에서 두부가 형성될 수 있는 응고 현상을 볼 수 있었고 최초 응고 온도도 응고제를 첨가하지 않은 경우 보다 모든 시료에서 낮아졌다. 또한 두부를 형성할 수 있는 커드형성 온도 범위에서도 두유만으로 만들 경우 가장 높은 70°C였고 난백을 첨가한 모든 시료에서는 난백의 첨가량이 증가할수록 낮

아져 난백 첨가는 응고 온도 강하에 영향을 미쳤다.

이와 같이 난백만 첨가한 경우 보다 열응고 온도가 더욱 하강한 것은 난백의 열응고 작용과 대두단백이 2가 금속이온에 잘 응고되는 응고작용이 동시에 작용한 결과로 판단된다.

성분 함량 변화

두부의 수분, 당류, 지방 함량(Table 3)은 두유만으로 만든 경우 83.58, 5.36, 5.02%이었으나 난백 첨가량이 증가할수록 감소하여 80%첨가 시에는 각각 8.02, 2.23, 1.87% (w/w)로 감소되었다. 단백질과 회분함량은 두유만인 경우는 각각 4.92, 0.58%이었으나 난백 첨가로 증가되어 80% (w/w) 첨가시 각각 10.88, 0.79% (w/w)로 증가 되었다.

여기서 지질의 감소는 두부의 저칼로리화에 의미가 있겠으나 대개의 식품에서 지방 함량이 감소될 때 윤활맛이 나빠지므로 난백첨가는 두부의 맛을 거칠게 할 가능성성이 예측 되므로 난백의 첨가량 조절이 필요하다고 생각된다.

금속이온 함량에서 K⁺, Na⁺, Mg²⁺은 난백에 많이 첨가될수록 증가한데 반하여 Ca²⁺은 점점 감소되었다. 따라서 난백첨가는 두유만으로 만든 두부 보다 칼슘함량이 감소되기 때문에 최근 우리 식생활에서 더 많은 양의 칼슘섭취가 권장되고 있는 점²⁶을 감안할 때 기존의 두부수준의 칼슘함량 유지를 위해서는 CaSO₄, CaCl₂, (CH₃COO)₂Ca와 같은 칼슘염을 응고제로 사용하는 것이 바람직할 것으로 생각된다. 그러나, 두부제조공장에서는 식품규격³⁰에서 규정하고 있는 회분함량(7%이하)을 초과하지 않으려는 목적으로

Table 2. Effect of calcium chloride on heat induced coagulability of the mixture made at various ratio of soybean milk and egg white

Temp. (°C)	Egg white addition (%)				
	0	20	40	60	80
40±2	-	-	-	-	-
50±2	-	-	-	-	-
60±2	+	+	+	++	++
70±2	++	++	++	++	+++
80±2	+++	+++	+++	+++	++++
90±2	+++	+++	+++	++++	++++
100±2	+++	+++	+++	++++	++++

- : Uncoagulation, + : Weak coagulation,
++ : Curd formable, +++ : Hard coagulation,
++++ : Very hard coagulation

Table 3. Effects of egg-white addition extent on the composition of curd

(unit : w/w%)

Egg white addition %	Moisture*	Sugar*	Lipid*	Protein*	Ash*	Mineral(DM)†			
						K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
0	83.58 (0.50) ^a	5.36 (0.43) ^a	5.02 (0.30) ^a	4.92 (0.13) ^a	0.58	0.10	0.14	1.94	0.05
20	82.94 (0.70) ^{ab}	5.11 (0.21) ^{ab}	4.78 (0.20) ^{ab}	6.13 (0.26) ^d	0.62	0.14	0.15	1.75	0.08
40	82.56 (0.40) ^{ab}	4.63 (0.15) ^b	3.99 (0.60) ^b	7.84 (0.71) ^c	0.71	0.16	0.27	1.71	0.10
60	81.96 (0.50) ^{bc}	3.78 (0.32) ^c	3.04 (0.50) ^c	9.07 (0.27) ^b	0.74	0.20	0.34	1.28	0.11
80	81.02 (0.80) ^c	2.28 (0.22) ^d	1.87 (0.10) ^d	10.88 (0.57) ^a	0.79	0.22	0.36	1.20	0.12

*: Wet base, † : Dry matter basis Mean±(SD) of triplicate.

Means in the same column with different superscripts are significantly different ($p < 0.01$)

GDL과 같은 산성 응고제를 사용하는 것은 두부를 산생성 식품화하는 결과를 초래할 수 있다고 본다.

두부의 무게와 부피

두유, 난백 그리고 두유-난백 혼합물로부터 얻어진 두부의 무게(Table 4)는 두유만으로 만든 경우 495 ± 6.51 ml이었고 난백의 첨가량이 증가될수록 증가하여 난백만으로 만든 경우에는 $1,274 \pm 6.11$ ml로 증가되었다. 이와 같이 난백 첨가시 무게와 부피가 증가한 것은 난백이 두유에 비하여 같은 용적에 대한 단백질을 비롯한 고형물 함량이 많은데 그 원인이 있다.

경도비교

난백 첨가비율을 달리해서 만든 두부의 경도(Fig. 1)는 두유만으로 만든 경우 0.18kg 이었으나 난백의 첨가량이 증가 할수록 현저하게 증가되어 80% 첨가한 경우 0.6kg 까지 굳기가 증가되었다. 이러한 결과는 난백이 대두단백과 공침될 때 새로운 결착력이 형성되기 때문으로 생각된다.

Table 4. Weight and volume of curds made at various ratio of soybean milk and egg white

Egg white addition(%)	Weight (g) ^a	Volume (ml) ^a
0	$495 \pm 6.5^{\circ}$	$462 \pm 10.2^{\circ}$
20	$973 \pm 6.0^{\circ}$	$958 \pm 10.5^{\circ}$
40	$1,045 \pm 5.6^{\circ}$	$1,010 \pm 11.1^{\circ}$
60	$1,132 \pm 17.0^{\circ}$	$1,060 \pm 96.0^{\circ}$
80	$1,208 \pm 5.9^{\circ}$	$1,178 \pm 11.0^{\circ}$

*: Amount gained from 2L mixture (=soybean milk+egg white)

^a: Mean \pm SD of triplicate

Means in the same column with different superscripts are significantly different ($p < 0.01$)

관능검사치 비교

난백 첨가량을 달리해서 만든 두부의 관능 평가(Table 5)에서 color와 taste에 대한 평점은 난백을 80% 첨가하여도 두유만으로 만든 두부와 유의차($p < 0.01$)가 없었으나 texture와 flavor는 난백을 60% 이상 첨가한 경우 평점이 다소 낮아지는 유의차($p < 0.01$)를 나타냈다.

여기서 관능적 texture는 기계적 경도(Fig. 1)와 상관성이 있는 것으로 부드러운 경우 두부의 관능적인 평가에서 유리함을 시사하고 있다.

따라서 굳기에서만 본다면 난백의 첨가량은 40%(v/v)까지가 적당한 것으로 판단된다.

아미노산 조성변화

두유에 난백 첨가 비율을 달리해서 만든 두부의 아

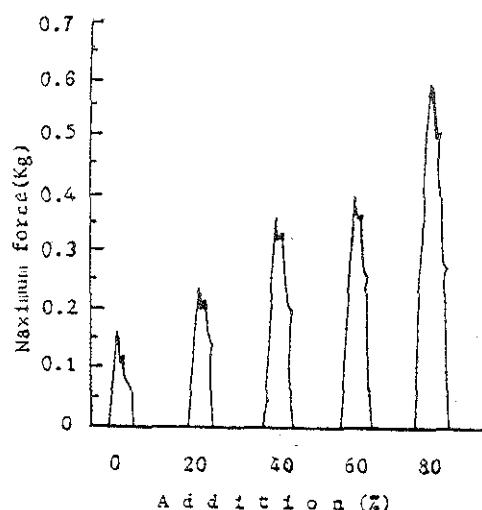


Fig. 1. Hardness of curds made at various ratio of soybean milk and egg white.

Table 5. Sensory evaluation score of curds made at various ratio of soybean milk and egg white

Egg white addition(%)	Color ^a	Texture ^a	Flavor ^a	Taste ^a
0	$7.800 \pm 0.954^{\circ}$	$8.367 \pm 0.474^{\circ}$	8.067 ± 0.379^{ab}	$8.268 \pm 0.551^{\circ}$
20	$7.967 \pm 0.709^{\circ}$	$8.133 \pm 0.493^{\circ}$	$8.633 \pm 0.737^{\circ}$	$8.333 \pm 0.451^{\circ}$
40	$8.133 \pm 0.493^{\circ}$	$8.607 \pm 0.586^{\circ}$	$8.400 \pm 0.436^{\circ}$	$8.397 \pm 0.541^{\circ}$
60	8.201 ± 0.200^{ab}	7.333 ± 0.404^{ab}	7.800 ± 0.529^{ab}	$8.167 \pm 0.478^{\circ}$
80	$8.823 \pm 0.265^{\circ}$	$6.402 \pm 0.903^{\circ}$	5.567 ± 1.528^{bc}	$7.617 \pm 0.380^{\circ}$

^a: Mean \pm SD of triplicate

Means in the same column with different superscripts are different ($p < 0.01$)

Table 6. Amino acid composition on the curds made at various mixing ratio of soybean milk and egg white (mg/g)

Amino acid	Egg white addition (%)				
	0	20	40	60	80
Ileu*	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30
Leu*	4.70	4.82	4.94	5.06	5.18
Lys*	3.30	3.48	3.66	3.84	4.02
Met*	0.86	1.15	1.43	1.72	2.01
Cys	0.46	0.80	1.09	1.36	1.67
Phe*	3.30	3.42	3.54	3.66	3.78
Tyr*	2.20	2.12	2.04	1.96	1.88
Thr*	3.10	3.02	2.94	2.86	2.78
Try	0.85	0.88	0.91	0.94	0.97
Val*	3.60	3.74	3.88	4.02	4.16
Arg	4.00	3.90	3.80	3.70	3.60
His	1.40	1.44	1.48	1.52	1.56
Ala	2.80	2.98	3.26	3.34	3.52
Asp	7.10	6.86	6.62	6.38	6.14
Glu	11.00	10.48	9.96	9.44	8.92
Gly	3.10	2.92	2.74	2.56	2.38
Pro	4.70	4.24	3.84	3.32	2.86
Met+Cys	1.32	1.95	2.52	3.08	3.68
IT	1.00	0.63	1.20	1.76	2.36

* : Essential amino acid, IT : Increase times

미노산 조성(Table 6)에서 tyr, arg, glu, gly, pro은 난백첨가로 점차 감소되는 경향을 나타냈으나, 그외의 아미노산은 두유만으로 만든 두부보다 점차 증가되었고 특히 곡류의 제한 아미노산인 lys의 함량은 난백 첨가량이 증가 할수록 증가되었으며, met함량은 두유만으로 만든 경우에 0.86mg/g이었으나 난백을 각각 20, 40, 60, 80%(v/v) 첨가 하였을 때 1.15, 1.43, 1.72, 2.00mg/g로 각각 0.29, 0.57, 0.86, 1.15배의 강화효과를 나타냈다. 그리고 met의 일부 보족효과를 나타내는 cys의 함량은 두유만으로 만든 경우에 0.46이었으나 난백첨가량이 20, 40, 60, 80%(v/v)로 증가함에 따라서 0.80, 1.09, 1.36, 1.67, 1.94mg/g로 각각 0.34, 0.63, 0.90, 1.21배의 강화효과를 나타냈고 met과 lys을 합산할 경우 두유만으로 만든 경우(1.32)보다 증가된 각각 1.95, 2.52, 3.08, 3.68mg/g로써 각각 0.63, 1.20, 1.76, 2.36배의 함황 아미노산 강화효과를 나타냈다.

요약

본 연구에서는 단백질 효율이 보다 높은 두부를 만들고자 함황 아미노산이 비교적 많이 함유된 것으로 알려진 난백을 두유에 각각 혼합하여 만든 혼합물에 대한 열응고성과 응고제에 대한 응고성, 성분함량 변화, 수율, 경도 및 관능평가를 실시하였다. 수분과 당 및 지방 함량은 두유만으로 제조한 두부보다 난백 첨가량이 증가함에 따라 감소하였고 단백질과 회분의 함량은 난백의 양이 증가함에 따라 증가되었다. 난백의 첨가는 두유의 응고 온도를 하강시키는 효과가 있었다. 무게와 부피 및 경도는 난백의 첨가량이 증가함에 따라서 증가 되었다. Ca²⁺함량은 난백첨가량에 비례하여 감소한데 반하여 Mg²⁺, K⁺, Na⁺은 증가되었다. 관능평가에서 색감과 풍미는 80%까지 첨가해도 대조구에 대하여 유의차(p<0.01)가 없었으나, 조직감과 식감에서는 난백을 60%이상 첨가한 경우 평점이 낮아지는 유의차(p<0.01)를 나타냈다. 아미노산 조성은 20, 40, 60, 80%(v/v)의 난백첨가로 함황아미노산(cys+met) 함량은 0.63, 1.20, 1.76, 2.36배의 강화효과를 나타냈다.

문헌

1. 김길환 : 콩, 두부와 콩나물의 과학, 한국과학기술원(1982)
2. 이기열, 문수재 : 기초 영양학, 수학사, p. 159 (1977)
3. 이서래, 신효선 : 최신식품화학, 신팔출판사, p. 168(1988)
4. Wolf, W. J. : What is soy protein? *Food Technol.*, 26(5), 44(1972)
5. Rocotta, V., Bourges, H., Navarrette, A. and Zuckermann, J. : Use of whey proteins for supplementing Tortilla. *J. Agri. Food Chem.*, 27, 668 (1979)
6. Smith, A. K. and Circle, S. J. : *Soybeans: Chemistry and technology*, AVI. Pub. Co., Wesport, p. 75(1978)
7. Rener, E. : *Milk and dairy products in human nutrition*, Gmbh, W. Volkswirtschaftlicher Verlag, Munchen, p. 109(1983)
8. De Rham, O., Van de Rovaart, P., Bujard, E., Mottu, F. and Hidalgo, J. : Fortification of soy protein with cheese whey protein and the effect of alkaline pH. *Cereal Chem.*, 54(2), 238(1977)

9. Thompson, L. U. : *J. Food Sci.*, 43, 790(1980)
10. 김재욱, 양차범, 조성환 : 식품화학, 문운당, p. 304(1984)
11. Appu Rao, A. G. and Narasiga Rao, M. S. : Binding of Mg(II) by the 11s fraction of soybean proteins. *J. Agric. Food Chem.*, 23(4), 657 (1975)
12. 芳賀聖一, 大橋登美男 : Myosin B, 大豆蛋白質 CIF 共存物の Gel 形成に及す Ca²⁺, Mg²⁺の影響, 日本食品工業學會誌, 26, 429(1977)
13. Tasi, S. J., Lan, C. Y., Kao, C. S. and Chen, S. C. : Studies on the yield and quality characteristics of Tofu. *J. Food Sci.*, 46, 1973 (1981)
14. Kantha, S. S., Hettiarachchy, N. S. and Erdman, Jr. J. W. : Laboratory scale production of winged bean curd. *J. Food Sci.*, 48, 441(1983)
15. Wu, H. M. and Peng, A. C. : Production and textural properties of soycheese whey curd. *J. Food Sci.*, 48, 1562(1983)
16. 박용곤 : 대두의 수침시간에 따른 조직의 미세구조, 단백질 특성 및 두부수율의 변화. 영남대학교 석사학위논문(1984)
17. 윤영미 : 두부의 구조 및 질감특성에 미치는 영향. 연세대학교 석사학위논문(1985)
18. Lu, J. Y., Carter, E. and Chung, R. A. : Use of calcium salts for curd preparation, *J. Food Sci.*, 48, 32(1980)
19. 김순희 : 두부제조시 수용성 당류와 비타민 B₁의 동태에 관한 연구. 영남대학교 석사학위논문(1982)
20. 유재일 : 두부제조시 파이틴산의 이동에 관한 연구. 영남대학교 석사학위논문(1984)
21. 김중만, 백승화, 황호선 : 난각으로부터 응고제 제조와 그 이용에 관하여. 한국영양식량학회지, 17(1), 25(1978)
22. 윤장식, 최충언, 장건형 : 두부에 관한 연구(제1보) 두부 수득을 증가를 위한 최적 제조조건 선정에 관하여. 기술연구보고(육기), 3, 1(1964)
23. 정동호, 장현기 : 식품분석, 전로연구사, p. 117 (1983)
24. Horwitz, W. (ed.) : *Official methods of analysis of official analytical Chemists*, AOAC, Washington, D. C. (1980)
25. Jones, J. B. Jr. and Isaac, R. A. : Comparative elemental analysis of plant tissue by spark emission and atomic absorption spectroscopy. *Agron. J.*, 61, 393(1969)
26. Mason, V. C., Bech-anderson, S. and Rudeme, M. : Hydrolysate preparation for amino acid determination in feed constituents. Pro. 3rd EAAP Symp., *On protein metabolism and nutrition*, May (1980)
27. SERISES Package, SAS Institute, Inc., Cary, Nc. (1985)
28. 안승요 : 식품화학, 교문사, p. 325(1980)
29. 이성우, 김광수, 김순동 : 삼교식품화학, 수학사, p. 353(1987)
30. 한국식품공업협회, 식품 첨가물 규격 및 기준, p. 11(1979)

(1991년 2월 19일 접수)