

變形번데기濃縮蛋白質의 아미노산 조성  
및 走査電子顯微鏡에 의한 觀察

박 금 순 · 박 정 룡

영남대학교 식품영양학과

---

Amino Acid Composition and Scanning Electron  
Micrographs of Modified Silkworm Larvae  
Protein Concentrates

Geum Soon Park, and Jyung Rewng Park

*Dept. of Food and Nutrition, Yeungnam University*

Abstract

This study was designed to determine the amino acid composition and to investigate microstructure by scanning electron micrographs of silkworm larvae protein and modified silkworm larvae protein concentrate.

The results were as follows:

1. The protein contents of soybean and silkworm larvae protein concentrate were 70.3% and 84.1%, respectively.
2. In general, the essential amino acid content of silkworm larvae protein concentrate were higher than soybean protein concentrate as well as FAO provisional scoring pattern. Silkworm larvae protein concentrate was especially high in lysine and methionine indicating that it could be a good supplemental source for cereals and beans. Succinylation and acetylation resulted in no difference in most amino acid content.
3. The scanning electron microscopic observations revealed that silkworm larvae protein concentrate had smooth surface topography while defatted silkworm larvae flour showed different shapes and sizes with relatively rough surfaces. Acylated silkworm larvae protein concentrate exhibited less cellularity and denser than protein concentrate. However, succinylated silkworm larvae protein concentrate showed especially good texture indicating that it could increase the functional properties of silkworm larvae protein concentrate.

## 序 論

UN 통계에 의하면 1980년의 세계 인구는 약 43억이며, 2,000년에는 70년대의 약 2배인 60억에 달할 것으로 보고 하고 있다<sup>1)</sup>. 이와같은 세계인구의 급격한 증가는 세계의 식량 사정을 날로 악화시키고 있으며, 특히 食糧 자원의 확보라는 문제에 더욱 중요성을 띄우고 있다. 이미 많은 연구자들이 식물 동물 및 미생물자원으로 부터 濃縮蛋白質을 제조하고 이 단백질이 식품에 첨가되었을때 食品蛋白質源으로서의 機能性에 관한 보고<sup>2~5)</sup>를 하고 있다. 우리나라에서도 양곡의 절대량이 부족한 실정에서 食생활 개선책으로 蛋白質 보충을 위한 여러 종류의 식품이 研究 開發되고 있는데 金<sup>6)</sup>등은 참깨粕 蛋白質을 分離해서 食品에의 응용을 시도했으며 윤<sup>7)</sup>등의 피마자 蛋白質의 食品化를 위한 研究중, 植物性 蛋白質에 관한 報告는 있으나 動物性 蛋白質에 관한 보고는 거의 없으며, 특히 번데기蛋白質을 食品에 응용하려는 연구는 행해 지지 않고 있다. 번데기의 營養에 대해서는 이미 본초강목(本草綱目)에

도 “蠶蛹을 볶아서 먹으면 風과 勞瘵를 고칠수 있다”고 소개되고 있음을 미루어 볼때 사람이 食用해 온 역사가 오래인 것을 알 수 있다. 또한 牧野<sup>8)</sup>은 백미단을 사료로 하여 體重이 감소된 비둘기와 쥐에게 번데기의 加水分解物인 營養물을 급여한바 동물의 體重을 증가할 수 있었다고 보고하였고, 井爪<sup>9)</sup>에 의한 번데기의 vitamin 에 관한 보고등도 있다. 본 실험은 일차적으로 脫脂번데기粉으로 濃縮蛋白質을 조제하고 이를 무수초산과 호박산으로 처리하여 化學적으로 변형시켜 아미노산조성 및 微細構造를 走査電子顯微鏡으로 관찰해서 大豆濃縮蛋白質과 비교 검토하여, 變形번데기濃縮蛋白質의 機能性을 연구하는데 필요한 기초적인 자료를 얻고저 시도하였다.

## 材料 및 方法

### 1) 實驗材料

시중에서 구입한 번데기와 大豆粉을 건조기에서 40°C로 48시간 乾燥시켜 번데기는 脂肪抽出이 용이하도록 粉碎하여 大豆粉과 함께 Soxhlet 장치를 이용하여

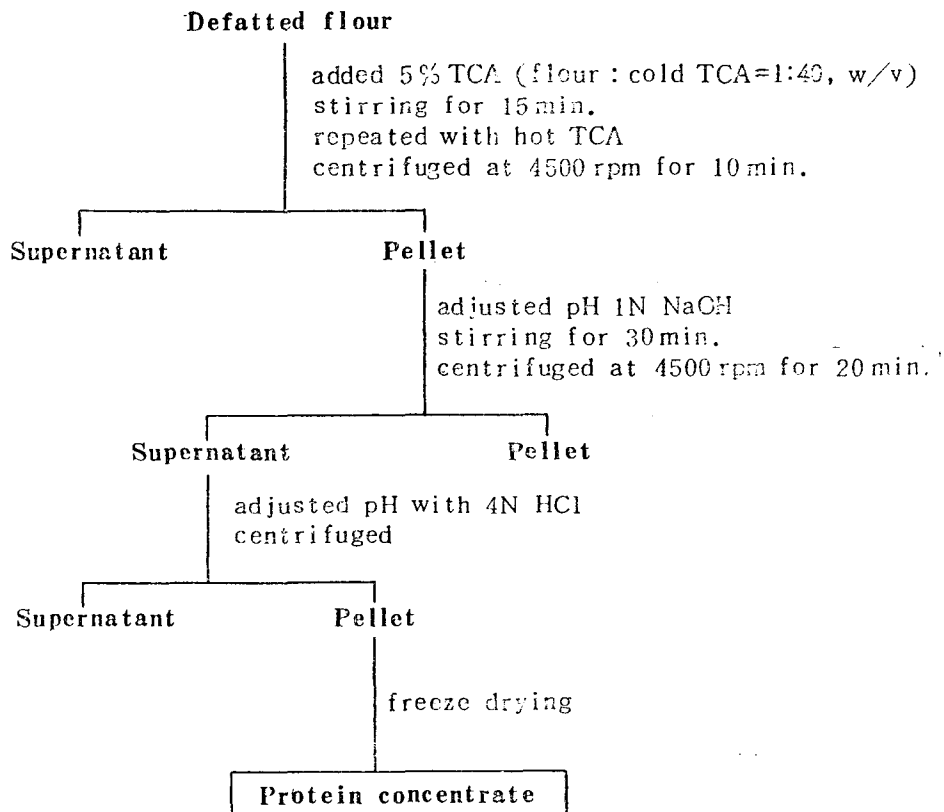


Fig. 1. Schematic diagram for the preparation of protein concentrate.

ether로 脫脂시킨 후, 실온에서 48시간 風乾하고 Wiley mill로 60 mesh를 通過하도록 분쇄하여 本實驗의 蛋白質源으로 使用하였다.

## 2) 濃縮蛋白質의 調製

濃縮蛋白質은 Nath와 Narasinga<sup>10)</sup>의 方法을 일부 修正하여 Fig. 1과 같은 方法으로 調整하였다. 脫脂大豆粉과 번데기粉은 5% trichloroacetic acid(TCA)溶液으로 실온에서 15분간 교반하고 다시 80°C의 5% TCA 용액으로 15분간 교반한 후 4,500 rpm에서 10분간 遠心分離하였다.

원심분리 후 침전물은 1N NaOH溶液으로 大豆는 pH 10.0 번데기는 pH 12.0에서 30분간 교반하면서 蛋白質을 추출하였다. 추출액은 4,500 rpm에서 20분간 遠心分離한 후 上澄液에 大豆는 pH 4.5, 번데기는 pH 5.0으로 調整하여 원심분리하고 생성된 침전물을 모아 pH 7.0으로 調整한 다음 -50°C에서 48시간 凍結乾燥시켜 使用하였다.

## 3) 一般成分 分析

大豆와 번데기蛋白質源의 一般成分 分析은 A.O.A.C. 方法<sup>11)</sup>에 따라 水分은 105°C에서 常압 진조법, 粗蛋白質은 Kjeldahl法, 脂肪은 Soxhlet法, 灰分은 550°C에서 直接灰分法으로 分析하였다.

## 4) 번데기濃縮蛋白質의 아실화

번데기 濃縮蛋白質은 Franzen과 Kinsella<sup>12,13)</sup>의 方法으로 아실화 하였다. 먼저 숙시닐화 반응은 蛋白質 2g에 0.2M 인산염완충액(pH 7.5) 200 ml를 가한 현탁액에 숙시산 무수물 2.5g을 2시간 동안 교반하면서 첨가하였다. 이 반응용액은 4°C에서 24시간 증류수로 투석하고 숙시닐화된 蛋白質을 凍結乾燥하여 回收하였다. 아세틸화 반응은 아세트산 나트륨 55g을 증류수 120 ml에 녹인 용액에 단백질 2g을 가하고, 여기에 아세트산 무수물 3 ml를 90분간 교반하면서 첨가하여 투석한 다음 凍結乾燥하여 회수하였다.

## 5) 아미노산 분석

시료중 아미노산 분석은 李<sup>14)</sup>의 方法으로 각 시료 2 mg을 cap tube에 넣고 6N HCl을 가해 N<sub>2</sub> gas로 충진시켜 110°C진조기에서 22시간 산 가수분해 시켰다. 가수분해액은 여과하여 증발농축기로 농축한 다음 구연산 나트륨 완충액(pH 2.2)으로 희석하여 자동아미노산 분석기(LKB Model 4,150 Alpha)로 Table 1의 조건에서 分析하였다. Tryptophan 定量은 Buttery와 Soar<sup>15)</sup>의 方法으로 알칼리 加水分解시킨 다음, Sodek 등<sup>16)</sup>의 方法을 일부 수정하여 分光光度計(Spectronic 20, Bausch & Lomb)로 580 nm에서 흡광도를 측정하

Table 1. Instrument and operation conditions for amino acid analysis

Instrument	LKB(Model 4150 Alpha)
Column	Cation exchange resin(6×240 mm)
Mobile phase	Gradient elution Buffer I; 0.2N sodium citrate(pH 3.0) Buffer II; 0.2N sodium citrate(pH 4.25) Buffer III; 0.2N sodium citrate(pH 10.0) 0.4N sodium hydroxide
Flow rate	Buffer solution, 40 ml/hr. Ninhydrin solution, 25ml/hr.
Chart speed	Strip chart recorder, 0.2 mm/min.
Injection volume	40 $\mu$ l
Optical density	Amino acid 570 nm(0~1) Amino acid 440 nm(0~1)

였으며, tryptophan 檢量線에 의거하여 測定하였다.

## 6) 走査電子顯微鏡 觀察

각 시료를 Sathe와 Salunkhe<sup>17)</sup>의 方法으로 양면 테이프위에 올려서 백금으로 두께 180 Å 정도로 Eiko IB-5 ion coater로 coating 해서 ISI-SS 130 주사전자 현미경으로 20 KV에서 觀察하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 一般成分 分析

大豆와 번데기蛋白質源의 成分은 Table 2에 나타난 바와같이 大豆濃縮蛋白質의 蛋白質 含量은 70.30%이고, 번데기濃縮蛋白質은 84.10%였다. 大豆濃縮蛋白質의 蛋白質 含量은 Sosulski 등<sup>18)</sup>과 Wolf<sup>19)</sup>가 보고한 65%보다 조금 높았는데 이는 大豆의 品種, 產地 및 濃縮蛋白質의 調整 과정등에 인한 含量의 차이로 사료된다. 번데기蛋白質白蛋은 南 등<sup>20)</sup>과 李<sup>14)</sup>가 보고한 것과 비슷하였다. 이상의 결과로 번데기濃縮蛋白質은 大豆濃縮蛋白質보다 蛋白質 含量이 더 높았으며 rape, safflower, sunflower seed 등<sup>3,21,22)</sup>의 濃縮蛋白質과도 비교하여 본 때 蛋白質 含量이 훨씬 높아 高蛋白質源임을 알 수 있었다.

### 2. 아미노산 조성

번데기濃縮蛋白質과 아실화한 蛋白質의 아미노산 조

Table 2. General composition of soybean and silkworm larvae products (%)

Products	Moisture	Crude protein	Crude fat	Ash
Soybean				
flour	6.02	50.40	1.68	5.94
concentrate	4.75	70.30	0.63	4.51
Silkworm larvae				
flour	4.98	58.90	1.97	7.64
concentrate	3.21	84.10	0.48	5.13

Table 3. Essential amino acid composition of soybean protein concentrate and unmodified and modified silkworm larvae protein concentrate (g/100 g)

EAA	SBC	SLC	ASLC	SSLC	FAO
Lys	5.16	7.13	6.42	6.23	5.40
Thr	5.04	4.74	4.42	4.37	4.00
Val	3.44	5.26	5.21	5.13	5.00
Met	1.03	4.21	4.18	4.01	1.90
Ile	3.75	4.12	4.11	4.04	4.00
Tyr	2.36	5.58	5.48	5.43	—
Phe	3.75	6.33	6.27	6.18	
Leu	8.40	7.98	7.67	7.76	7.00
Try	1.30	2.35	2.25	2.10	1.00
Total	34.23	45.85	46.01	45.25	34.40

## Symbols

SBC; Soybean protein concentrate

SLC; Silkworm larvae protein concentrate

ASLC; Acetylated silkworm larvae protein concentrate

SSLC; Succinylated silkworm larvae protein concentrate

Table 4. Non essential amino acid composition of soybean protein concentrate and unmodified and modified silkworm larvae protein concentrate (g/100 g)

NEAA	SBC	SLC	ASLC	SSLC
Cys	0.57	0.39	—	—
His	4.19	2.98	2.87	2.79
Arg	4.77	3.97	3.88	3.87
Asp	14.11	13.93	13.30	13.11
Ser	6.56	5.05	4.75	4.63
Glu	17.81	11.10	11.08	0.182
Pro	5.75	5.73	5.62	5.31
Gly	6.65	4.61	4.48	4.39
Ala	4.95	6.13	6.02	6.00
Total	65.40	53.89	52.01	50.92

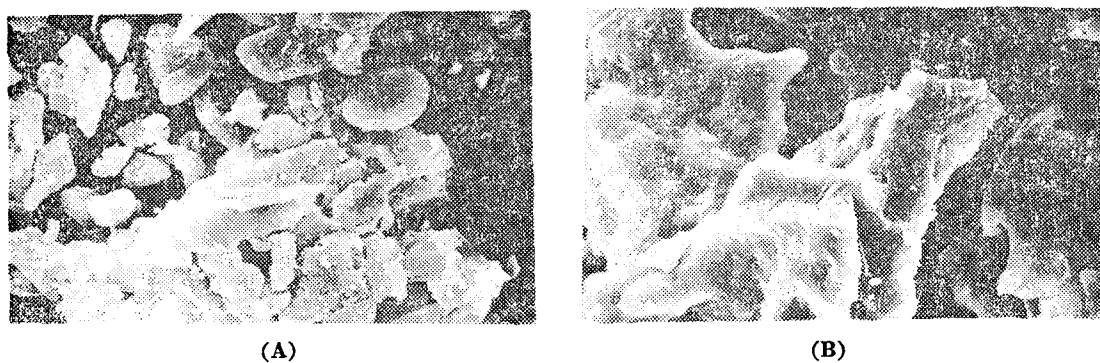


Fig. 2. Scanning electron micrographs of defatted soybean flour(A) and protein concentrate(B).

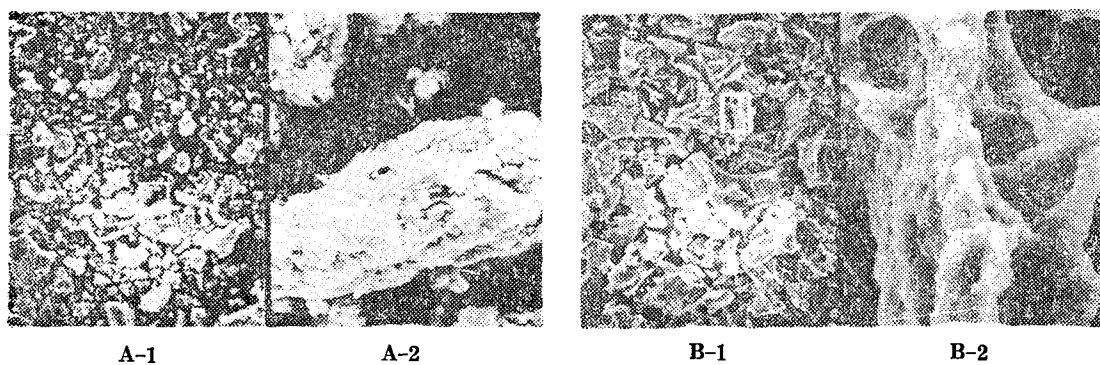


Fig. 3. Scanning electromicrographs of defatted silkworm larvae flour and protein concentrate.

A-1: Defatted flour  $\leftarrow$  (130 $\times$ )

A-2: Inset of A-1 shows a high magnification (1,300 $\times$ )

B-1: Concentrate (130 $\times$ )

B-2: Inset of B-1 shows a high magnification (1,300 $\times$ )

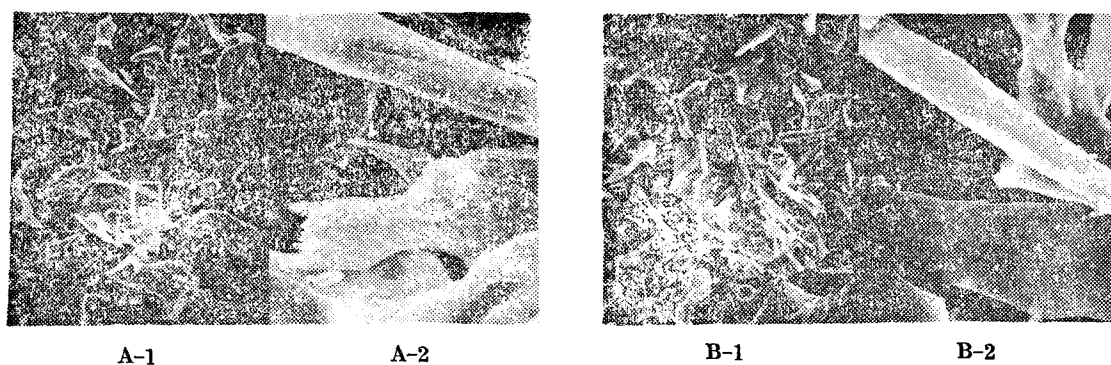


Fig. 4. Scanning electron micrographs of acylated protein concentrates.

A-1: Acetylated protein concentrate (130 $\times$ )

A-2: Inset of A-1 shows a high magnification (1,300 $\times$ )

B-1: Succinylated protein concentrate (130 $\times$ )

B-2: Inset of B-1 shows a high magnification (1,300 $\times$ )

성은 Table 3 및 4와 같다. 번데기濃縮蛋白質은 F.A.O. scoring pattern 보다 필수 아미노산 함량이 모두 높았다. 또한 大豆濃縮蛋白質과도 비교할 때 threonine 과 leucine 을 제외하고는 모두 함량이 높았으며 필수 아미노산과 비필수 아미노산의 비율도 大豆濃縮蛋白質의 34.2 : 65.4에 비해 45.9 : 53.9로서 더 높게 나타났다. 또한 번데기濃縮蛋白質의 필수 아미노산 함량은 葉蛋白質<sup>23)</sup>과 種子蛋白質<sup>24)</sup>보다 훨씬 더 높았으며 특히 lysine, methionine, tyrosine 등의 함량이 높아서 穀類 및 豆類에 부족한 아미노산을 보충하는데 유용하게 사용될 것으로 추정되므로 植物性 蛋白質의 質을 개선하는데 중요한 역할을 하리라 사료된다. 한편 번데기濃縮蛋白質은 아미노산 조성 중 脂肪族아미노산인 alanine, valine, phenylalanine, isoleucine 등의 함량이 높게 나타난 반면 大豆濃縮蛋白質은 극성 아미노산으로 水分吸收力이 강한 aspartic acid, glutamic acid, arginine 등의 함량이 높음을 알 수 있었다. 한편 變形 번데기濃縮蛋白質에서는 아미노산의 함량에 약간의 손실을 가져왔으며, 그 중에서도 숙시닐화의 경우가 손실이 더 많음을 알 수 있고 특히 lysine의 함량이 현저하게 감소되었다. 이는 윤<sup>7)</sup>의 피마자蛋白質의 아실화에서와 비슷한 경향을 나타내었으며, lysine의 함량이 현저하게 감소되는 것은 蛋白質이 酸 加水分解를 받을 때 lysine의 탈 아실화가 완전하게 일어나지 않았기 때문인 것으로 보고<sup>12,13)</sup>하고 있다.

### 3. 走査電子顯微鏡 觀察

각 시료를 走査電子顯微鏡에 의하여 관찰한 脫脂大豆粉(Fig. 2-A)은 球形으로 조직이 완전히 파괴되지 않고 세포성(cellularity)이 그대로 보존되어 있으며 기포의 생성이 많아 粒子가 불균일(3~10 $\mu$ m)하였고, 大豆濃縮蛋白質(Fig. 2-B)은 脫脂大豆粉보다 세포성이 적었고, 기포의 생성도 적어 어느정도 粒子의 表面積이 脫脂大豆粉보다 넓고 부드럽게 나타났다.

한편 脫脂번데기粉(Fig. 3. A-1, A-2)은 작은 粒子가 많이 모여 하나의 agglomerate의 형태로 거칠고 세포성이 그대로 보존되어 기포의 생성이 많았으며 粒子가 不均一(10~20 $\mu$ m)하였다. 반면 번데기濃縮蛋白質(Fig. 3. B-1, B-2)은 脫脂번데기粉보다 훨씬 세포성이 적어 表面積이 넓고 부드러워져서 大豆濃縮蛋白質과 비슷한 양상을 보여 주었다. 이상의 결과에서 脫脂大豆粉은 Cegla 등<sup>19)</sup>이 관찰한 cotton seed flour와 Sathe<sup>17)</sup>의 Great Northern bean flour와는 구상 단백질로 모양이 비슷하였으나 脫脂번데기粉과는 다른

양상을 나타내었는데 이는 植物性蛋白質과 動物性蛋白質의 組成차이 때문으로 추정된다. 한편 아실화한 번데기濃縮蛋白質(Fig. 4. A-1, A-2)은 脫脂번데기粉과 번데기濃縮蛋白質보다 조직이 잘 파괴되어 세포성이 없어졌고, 기포가 현저히 감소되어 表面積이 넓고, 부드러워 좋은 조직의 특성인 균일한 입자를 볼 수 있었으며, 특히 숙시닐화(Fig. 4. B-1, B-2)한 번데기濃縮蛋白質에서는 세포성과 기포를 거의 찾아볼 수 없어 아주 좋은 조직을 형성하였음을 확인할 수 있었다. 이와같은 결과는 Simonsky와 Stanley<sup>25)</sup>의 아실화한 大豆濃縮蛋白質의 走査電子顯微鏡의 관찰 결과와 일치 하였는데 이들은 아실화에 의해서 아미노 양이온( $-NH_3^+$ )기를 상실하기 때문에 electrophoretic mobility가 증가하여 溶解度 및 水分吸收力이 증가되었다고 보고하고 있어 번데기濃縮蛋白質의 아실화에 의한 외관 및 微細構造의 향상은 번데기濃縮蛋白質의 機能性を 증가시킬 것으로 기대 되었다.

## 要 約

제사공장에서 부산물로 나오는 번데기는 蛋白質의 함량이 높을 뿐 아니라 필수 아미노산 조성도 우수하여 營養的으로 좋은 蛋白質源으로 알려져 있다. 이에 번데기로 濃縮蛋白質을 조제해서 무수조산과 호박산으로 아실화시켜 아미노산조성 및 走査電子顯微鏡에 의한 관찰을 大豆濃縮蛋白質과 비교 검토하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 번데기濃縮蛋白質의 蛋白質 함량은 84.1%로서 大豆濃縮蛋白質의 70.3%보다 높았다.

2. 번데기濃縮蛋白質은 아미노산 조성에 있어서 大豆濃縮蛋白質보다 필수 아미노산 함량이 높았으며 특히 大豆에 부족한 methionine은 4.21(g/100 g)로 매우 높았고 F.A.O.의 scoring pattern과 비교시 전체적으로 필수 아미노산의 함량이 높았다. 또한 번데기濃縮蛋白質은 alanine, valine, phenylalanine, isoleucine 등 脂肪族 아미노산의 함량이 높게 나타났다. 한편 변형번데기蛋白質에서는 아미노산의 함량에 약간의 손실을 가져왔으며 숙시닐화에서 더 큰 경향을 나타내었고 특히 lysine의 함량이 현저하게 감소되었다.

3. 走査電子顯微鏡에 의한 관찰에서 脫脂번데기粉은 작은 粒子가 많이 모여 하나의 agglomerate의 형태로 거칠고 세포성이 그대로 보존되어 있다 기포의 생성이 많았으며 粒子가 不均一(10~20 $\mu$ m)하였다. 번데기濃縮蛋白質은 脫脂번데기粉보다 세포성이 많이 파괴되어

기포의 生成도 적어 粒子의 表面積이 어느정도 넓고 부드러웠다. 또한 번데기濃縮蛋白質에서는 현저하게 세포성이 파괴되고 가 감소하여 좋은 조직을 형성하였으며 특히 숙시닐화한 蛋白質에서는 아주부드럽고 좋은 조직을 나타내었다.

### 參 考 文 獻

1. 민태식 : 單細胞 蛋白質 生産의 現況과 問題點, 韓國食品科學會誌, 11(3), 4(1978).
2. M. Rivero de Radua: Some functional and utilization characteristics of sesame flour and proteins. J. Food Sci., 48, 1145(1983).
3. Thompson, L.U., R.F.K. Liu, and J.D. Jones: Functional properties and food applications of rapeseed protein concentrate. J. Food Sci., 47, 1175(1982).
4. Eisele, T.A. and C.J. Brekke: Chemical modification and functional properties of acylated beef heart myofibrillar proteins. J. Food Sci., 46, 1095(1981).
5. Schachtel, A.P.: Effects of preparative processes on the composition and functional properties of protein preparations from *Candida utilis*, J. Food Sci., 46, 377(1981).
6. 金俊平, 沈 萬 : 참깨粕 蛋白質의 分離와 組成., 韓國農化學會誌, 23(1), (1980)
7. 윤주익 : 피마자 蛋白質의 食品化를 위한 研究., 韓國食品科學會誌, 2(4), 263(1980)
8. 牧野和夫 : 日本特許公報, 203, 49-10960(1974).
9. 井爪清一, 吉丸美徳, 吉丸和親 : 滿洲産蠶蛹の營養的價値に就て(第一報) 家蠶蛹及柞蠶蛹中の蛋白質の組成にその營養價に就て., 日本農藝化學雜誌., 9, 922(1933)
10. A.O.A.C.: Association of Official Analytical Chemists, 13th ed. Washington D.C. (1980).
11. Nath, J.P. and Rao, M.S. Narasinga: Functional properties of Guar proteins., J. Food Sci., 46, 1255(1981).
12. Franzen, K.L. and J.E. Kinsella: Functional properties of succinylated and acetylated leaf protein., J. Agric. Food Chem., 24(5), 914 (1976).
13. Franzen, K.L. and Kinsella, J.E.: Functional properties of succinylated and acetylated soy protein., J. Agric. Food Chem., 24(4), 788 (1976).
14. 朴正隆, 李京姬 : 번데기蛋白質의 아미노산조성과 營養價에 관한 연구., 韓國營養食糧學會誌, 12(4), 368(1983)
15. Buttery, P.J. and J.B. Soar: A spectrofluorimetric assay of the tryptophan content of feed stuffs., J. Sci. Food Agric. 26, 1273(1975).
16. Sodek, L., Vecchia, T.D. and Maria, L.G.: Rapid determination of tryptophan in beans (*Phaseolus vulgaris*) by the acid ninhydrin method., J. Agric. Food Chem., 23(6), 1147 (1975).
17. Sathe, S.K., S.S. Deshpande, and D.K. Salunkhe: Functional properties of Lupin seed(*Lupinus mutabilis*) proteins and protein concentrates., J. Food Sci., 47, 491(1982).
18. Sosulski, F.W., E.S. Humbert, and J.D. Jones: Functional properties of Rapeseed flours, concentrates, and isolate., J. Food Sci., 41, 1349 (1976).
19. Wolf, W.J.: Chemical and physical properties of soybean proteins., The Bakers Digest. 30 (1969).
20. 南賢根 : 食用化虫으로서 누에성장에 따른 아미노산 含量 變 化에 관한 研究., 韓國營養食糧學會誌, 4(1), 59(1975).
21. Betschart A.A. and R.M. Saunders: Safflower protein isolates influence of recovery conditions upon composition, yield and protein quality., J. Food Sci., 43, 964(1978).
22. Provencal, M.P., J.L. Cug, and J.C. Cheftel: Chemical and nutritional modifications of sunflower proteins due to alkaline processing, formation of amino acid cross-links and isomerization of lysine residues., J. Agric. Food Chem., 23, 938(1975).
23. Goet U.T.: Nutritional evaluation of ac auliflower leaf protein concentrates by rat feeding. J. Sci. Food agric., 28, 786(1977).
24. Eppendorfer, W.H.: Amino acid composition and nutritional value of Italian ryegrass, red clover and lucerne as influenced by application

- and content of nitrogen., J. Sci. Food. Agric., 28, 607(1977).
25. Simonsky, R.W. and D.W. Stanley,: Texture-structure relationship in textured soy protein. V. Influence of pH and protein acylation on extrusion texturization., Can. Inst. Food Sci. Technol. J. 15, 294(1982).