

번데기 蛋白質의 아미노산조성과 營養價에 관한 연구

朴 正 隆 · 李 京 姬

嶺南大學校 食品營養學科
(1983년 11월 5일 수리)

Amino Acid Composition and Nutritional Value of Silkworm Larvae Protein

Jyung Rewng Park and Kyung Hee Lee

Dept. of Food and Nutrition, Yeungnam University
(Received November 5, 1983)

Abstract

This study was designed to determine amino acid composition of silkworm larvae protein and to evaluate its nutritional value by rat experiment.

Diets were divided into 5 groups; casein (D_1), soybean protein (D_2), soybean protein+20% silkworm larvae (D_3), soybean protein+40% silkworm larvae protein (D_4), and silkworm larvae protein (D_5).

The growth rate, protein efficiency ratio, weight of organs, hematology, and the content of total serum protein and albumin were studied.

The amino acid composition of silkworm larvae protein was comparable to the FAO provisional scoring pattern. The protein was especially high in the amount of lysine and methionine indicating that it could be a good supplemental effect for cereals and beans.

Growth rate and protein efficiency ratio of silkworm larvae protein were better than soybean protein and these were increased by the addition of silkworm larvae protein.

The weight of liver and spleen from silkworm larvae protein group were also higher than soybean protein group and RBC, WBC, Hct and Hb content of 5 groups tested were within the normal ranges.

The contents of total serum protein and albumin from soybean protein group were increased by addition of silkworm larvae protein.

From the results obtained, it could be stated that the quality of soybean protein might be improved by silkworm larvae protein.

序 論

食品중에 함유된 蛋白質은 營養學의으로 重要한機能을 가지고 있음에도 불구하고 이의 섭취량 부족, 특히 良質의 蛋白質 공급이 不足하다는 것은 잘 알

려진 사실이다. FAO에 의하면 2000年代의 蛋白質不足量은 全世界에 2,200萬 ton으로 추정되고 있으며 우리나라에서도 최근 蛋白質의 섭취량은 增加하였으나 아직도 質이 우수한 蛋白質의 섭취량은 부족한 사정이다.¹⁾

蛋白質 부족문제를 해결하기 위한 방안으로 植物性蛋白質資源의 開發과 미생물 蛋白質의 利用 等 많은 研究가 報告되고 있다.^{2,3)}

製絲工場에서 副產物로 나오는 번데기는 主로 動物의 飼料나 肥料로 使用되고 食用으로는 蒸煮한 상태로 간식으로 이용될 뿐 食品으로서의 利用度가 极히 제한되어 있다. 외국에서는 번데기를 精製하여 salad oil等의 제조에 관한 研究報告가 있으며 국내에서는 번데기의 食品用途 開發에 관한 연구로서 alkali처리 및 脱脂처리에 依한 변화 및 脂肪酸의組成에 關한 報告⁴⁾가 있을 뿐 食品으로서 蛋白質 利用에 基礎가 되는 養養學的研究는 報告되지 않고 있다.

이에 本實驗은 번데기 蛋白質의 質을 검토하기 위하여 이의 아미노산 조성, 動物實驗을 通한 成長率과 血液成分 및 各種 臟器에 미치는 영향을 검토하였다.

Table 1. Composition of experimental diets

Ingredients	Diets	casein (D ₁)	soy flour (D ₂)	soy flour+20% silkworm larvae (D ₃)	soy flour+40% silkworm larvae (D ₄)	silkworm lavae (D ₅)	(%)
Casein		20.0	—	—	—	—	—
Soy flour		—	58.0	46.4	34.8	—	—
Silkworm larvae		—	—	8.0	16.0	40.0	—
Mineral mixture		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	—
Vitamin mixture		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	—
Soybean oil		10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	—
Sucrose		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	—
Cellulose		5.0	3.3	3.6	4.0	5.0	—
Corn starch		57.0	20.7	24.0	27.2	37.0	—

食餌群은 casein群(D₁), 脫脂大豆粉群(D₂), 脫脂大豆粉+20% 번데기 蛋白質群(D₃), casein의 20%에 해당하는 蛋白質은 번데기 蛋白質로 대치), 脫脂大豆粉+40% 번데기 蛋白質群(D₄), casein의 40%에 해당하는 蛋白質을 번데기 蛋白質로 대치), 그리고 번데기 蛋白質群(D₅) 等 5群으로 나누어 4주간 급여하였다.

2. 實驗方法

(1) 動物實驗 및 飼料의 分析과 조제

한 飼育箱에 2마리씩 넣어 4주간 飼育하였으며 溫度 23±5°C, 습도 65±10%로 유지하였고 飼料와 물은 일정시간 *ad libitum*방식으로 급여하였다.

食餌로 사용한 大豆粉과 번데기粉의 一般成分은 AOAC法⁵⁾에 의해 분석하였으며 이의 조제는 80°C dry oven에서 5시간 건조시켜 파쇄한 후 n-hexane

材料 및 方法

1. 實驗材料

(1) 實驗動物

慶北大學校 醫科大學 動物飼育室에서 분양받은 生後 30일된 Wistar系 rat(♂)을 動物飼育箱에서 正常 飼料로서 1주간 적응시킨 후 體重이 75±5g인 것을 선별하여 사용하였다.

(2) 實驗食餌

本實驗에 사용한 飼料의 組成은 Table 1과 같으며 飼料의 養養素 要求量은 NRC에 준하였다.⁵⁾

으로 脱脂하여 飼料로 使用하였다.

(2) 體重增加量 測定

實驗期間중 매주 1회 일정한 시간에 測定하였으며 測定 12시간 전에 食餌급여를 중단하여 飼料섭취에서 오는 體重의 급격한 변화를 없애 하였다.

(3) 번데기 蛋白質의 아미노산分析

분쇄한 시료 일정량을 cap tube에 넣고 6N HCl을 가해 N₂ gas로 충진시켜 110°C oven에서 22시간 가수분해 후 여과한 다음 evaporator에서 乾固하여 sodium citrate buffer (pH 2.2)로 100ml가 되게 희석한 후 Amino Acid Analyzer(Beckman Model 116)로 분석하였다.⁷⁾

(4) 蛋白效率(Protein Efficiency Ratio)

蛋白效率은 飼料섭취량 중 蛋白質함량을 測定하고

이에 따른 體重增加量을 測定하여 다음과 같이 計算하였다.

$$PER = \frac{\text{體重增加量}(g)}{\text{蛋白質 섭취량}(g)}$$

(5) 採血 및 各種 臟器의 重量測定

4주간 飼育을 마친 rat을 9시간 전에 飼料공급을 중단하여 ether마취 후 대동맥으로 부터 採血하였으며 이후 해부하여 liver, spleen, kidney를 摘出하여 生理食鹽水로 씻고 여과자로 血液을 제거한 후 즉시 무게를 측정하였다.

(6) Hematology

Heparinized capillary tube에 혈액을 취하여 12,000rpm으로 5분간 원심분리한 후에 전체 血液量에 대한 packed red cell의 volume을 測定하였다.⁸⁾

Red blood cell은 Hayem's solution으로 회석하여 Wintrobe方法⁹⁾에 依해 計算하였으며 white blood cell은 Türk's solution으로 회석하여 산출하였다.

Hemoglobin 함량은 Sahli의 신형 血色素計를 사용하여 혈액을 1/10N HCl로 회석시킨 후 다시 증류수로 회석하여 Hematometer로 測定하였다.⁸⁾

(7) Total serum protein 및 albumin 함량⁸⁾

Serum, 蛋白質 標準液 및 증류수를 각각 0.1ml씩 정확히 취하여 여기에 biuret 시약 5.0ml를 가하여 혼합한 다음 15분간 방치 후 580nm에서 吸光度를 측정하여 계산하였다.

Albumin 함량은 serum, 蛋白質標準液, 증류수 0.02ml를 정확히 취하여 bromcresol green 용액 5.0ml씩 가하여 혼합 후 30분 방치하여 630nm에서 각각의 吸光度를 측정하여 定量하였다.

(8) 統計處理

各 實驗群간의 유의성 검정은 Duncan's new multiple range test를 사용하여 검정하였다.⁹⁾

結果 및 考察

실험에 사용한 번데기의 蛋白質含量은 49.9%, 脂肪 33.4%, 炭水化物 8.5%로서 劉等⁴⁾의 報告와 같이 高蛋白, 高熱量源임을 나타내고 있다. 使用한 大豆粉은 蛋白質 34.5%, 脂肪 19.8%, 炭水化物

31.2%를 含有하였다.

번데기 蛋白質中の 아미노산조성을 分析한 結果는 Table 2와 같이 필수아미노산(EAA)의 組成에 있어서 FAO의 provisional scoring pattern¹⁰⁾과 比較해

Table 2. Amino acid composition of silkworm larvae Protein (g/16g N)

amino acids	Silkworm larvae protein	FAO provisional Scoring pattern
EAA		
lysine	7.4	5.4
threonine	4.6	4.0
valine	5.7	5.0
methionine	2.8	1.9
isoleucine	4.0	4.0
phenylalanine	5.8	6.1
+tyrosine	6.4	
leucine	7.9	
total	44.6	
NEAA		
histidine	2.6	
arginine	5.7	
aspartic acid	13.9	
serine	4.6	
glutamic acid	11.8	
proline	4.1	
glycine	4.3	
alanine	5.0	
total	52.0	

볼 때 全體的인 필수아미노산의 組成이 우수하게 나타났으며 特히 lysine과 methionine의 含量이 높은 것은 重要한 결과로 생각된다. 이는 穀類와 豆類蛋白質에 부족한 필수아미노산을 보충하는데 좋은蛋白質源으로 利用될 수 있다. Non-essential amino acid (NEAA)와 필수아미노산의 比는 約 52:45로서 최근 새로운蛋白質源으로 연구개발되고 있는 植物性蛋白質에^{11,12)} 比해 필수아미노산의 함량이 훨씬 높음을 나타내므로 植物性蛋白質의 質을 개선하는데 좋은蛋白質源으로 思料된다.

Fig. 1과 Table 3에 나타난 바와 같이 實驗食餌중 體重增加量은 번데기 蛋白質群(D₅)에서 가장 높았으며 大豆蛋白質群(D₂)이 가장 낮았다. 大豆蛋白質에 번데기 蛋白質을 첨가하였을 때 성장율은 현저히增加하였으며 40%의 蛋白質을 번데기 蛋白質로 代替하였을 때 體重增加量은 casein群(D₁)과 거의 비슷한增加量을 나타내었다.

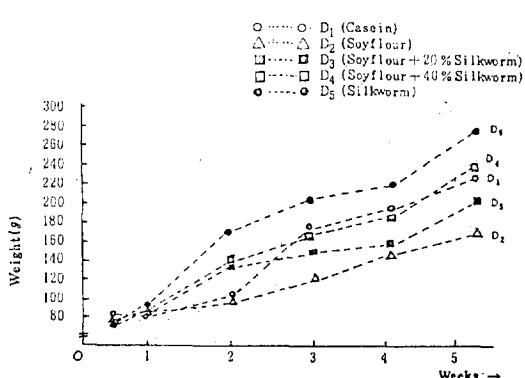


Fig. 1. Changes of body weight during the experimental periods.

Table 3. Net weight gain of rats during experimental periods^a

Diet groups	Weight gain (g)
D ₁	127.7±14.2
D ₂	73.0±18.7
D ₃	113.4±15.8
D ₄	145.6±16.0
D ₅	160.8±18.5

a: Values are mean±s.d.

蛋白効率(PER)을 测定한 結果(Table 4) 번데기蛋白質의 PER은 3.53으로서 casein蛋白質보다 높았다. 大豆蛋白質에 번데기蛋白質의 첨가량이 增加함에 따라 PER이 1.97에서 2.85와 3.25로 각각 增加하였다.

Table 5. Weight of liver, spleen and kidney¹⁾

Diet groups	Liver (g)		Spleen (g)		Kidney (g)	
	Total	Per 100g body wt	Total	Per 100g body wt	Total	Per 100g body wt
D ₁	7.45 ^a	3.30	0.52 ^f	0.23	1.71 ^k	0.74
D ₂	6.28 ^b	3.17	0.32 ^g	0.19	1.46 ^k	0.85
D ₃	7.50 ^a	3.25	0.37 ^g	0.20	1.76 ^k	0.86
D ₄	7.70 ^a	3.32	0.41 ^g	0.21	1.86 ^k	0.67

1): Means followed by the same letter are not significantly different at 0.01 level.

Table 6. Hematology of rats fed different diets¹⁾

Diet groups	RBC ($\times 10^6/\text{mm}^3$)	WBC ($/\text{mm}^3$)	Hb (g/dl)	Hct (%)
D ₁	512 ^a	6,980 ^g	12.0 ^k	43.6 ^a
D ₂	484 ^a	7,620 ^g	12.5 ^k	44.9 ^a
D ₃	536 ^a	7,060 ^g	12.7 ^k	45.8 ^a
D ₄	549 ^a	7,060 ^g	12.8 ^k	46.4 ^a
D ₅	550 ^a	10,000 ^g	12.9 ^k	46.8 ^a

1): Means followed by the same letter are not significantly different at 0.01 level.

가하였으며 이 結果는 體重增加量(Table 3)의 結果와 잘 일치함을 보여주고 있다.

다른 蛋白質의營養價에 關한 實驗¹³⁾에서도 나타난 바와 같이 번데기蛋白質첨가로 인한 大豆蛋白質의 PER의 향상은 EAA의 균형이 개선된 것으로 추정된다.

Table 4. Protein efficiency ratio of the diets^a

Diet groups	PER
D ₁	2.63±0.17
D ₂	1.97±0.19
D ₃	2.85±0.25
D ₄	3.25±0.19
D ₅	3.53±0.17

a: Values are mean±s.d.

Table 5에 나타난 臟器重量의 測定結果를 보면 liver와 spleen의 總重量은 大豆蛋白質群(D₂)에 比해 번데기蛋白質 첨가群(D₃, D₄, D₅)에 있어서 더욱 높았으며 kidney의 총 중량은 유의성이 나타나지 않았으나 같은 경향을 보여주고 있다.

Goel 등¹¹⁾은 필수아미노산이 결핍된 식이를 實驗動物에 급여하였을 때 體重의 감소를 가져오고 이에 따라 各種 臟器의 무게도 감소한다고 보고하였다. 本 實驗 결과 나타난 大豆蛋白質에 번데기蛋白質을 補充하였을 때 大豆蛋白質群(D₂)보다 臟器의 무게가 增加한 것은 이 食餌의營養價가 向上된다는 결과를 뒷받침해주는 것으로 料된다.

RBC, WBC, Hct과 Hb含量을 测定한 結果 (Table 6) 모두 Wintrobe의 正常值인 $4\sim8.5 \times 10^6/mm^3$, $4\sim11 \times 10^3/mm^3$, $43\pm3\%$, $12\sim18g/100ml$ 에 속하였으며 번데기蛋白質의 첨가로 인해 약간의 차이는 나타나고 있으나 유의성은 檢定되지 않았다. 이結果는 大豆蛋白質에 依해 hematology에 別로 큰 영향을 미치지 않는다는 報告¹⁴⁾와 일치하며 energy와 protein의 養分에 의해 영향을 받는다는 결과^{15,16)}와는 차이를 나타내고 있다.

Total serum protein과 albumin의 含量을 测定한 結果(Table 7) 이의 含量은 蛋白質의 質에 의해 영향을 받으며 大豆蛋白質群(D₂)에 번데기蛋白質의 첨가량이 增加함에 따라 현저히 增加하는 결과를 보여주고 있다. 또한 번데기蛋白質群(D₅)에 있어서 serum protein과 albumin의 含量은 casein群(D₁)과 거의 동일함을 나타내고 있다. 이結果는 蛋白質의 결핍원인으로 total serum protein의 含量이 저하하여 특히 albumin의 含量저하가 일어난다는 報告¹⁷⁾와 일치함을 보여주고 있다.

Table 7. Total serum protein and albumin content¹⁾

(g/dl)

Diet groups	Total serum protein	Albumin
D ₁	5.80 ^a	3.08 ^f
D ₂	5.44 ^b	2.60 ^e
D ₃	5.50 ^b	2.74 ^k
D ₄	5.62 ^{ab}	2.88 ⁱ
D ₅	5.78 ^a	3.06 ^f

1): Means followed by the same letter are not significantly different at 0.01 level.

要 約

製絲工場에서 副產物로 나오는 번데기蛋白質營養價를 测定하기 위하여 이의 아미노산조성을 분석하였고 casein群(D₁), 大豆蛋白質群(D₂), 大豆蛋白質+20%번데기蛋白質群(D₃), 大豆蛋白質+40%번데기蛋白質群(D₄), 번데기蛋白質群(D₅)等 5群의 食餌로 나누어 動物實驗을 通해 成長率, protein efficiency ratio, 臟器重量, 그리고 hematology 및 total serum protein과 albumin의 합량을 测定하여比較하였다.

번데기蛋白質의 아미노산조성은 FAO의 provisional scoring pattern과 比較하였을 때 필수아미노산조성이 우수하였으며 특히 lysine과 methionine의

합량이 높은 것은 穀類와 豆類蛋白質에 不足한 필수아미노산을 補充하는데 좋은蛋白質源으로 利用될 수 있다.

번데기蛋白質群의 體重增加量과 蛋白效率은 大豆蛋白質보다 우수하였으며 大豆蛋白質에 첨가하는量의 增加에 따라 成長率과 蛋白效率이 增加하는 경향을 나타내었다.

liver와 spleen의 총 중량은 大豆蛋白質群에 比해 번데기蛋白質 첨가群에 있어서 더욱 높았으며 RBC, WBC, Hct과 Hb含量은 5食餌群 모두 正常值에 屬하였다.

Total serum protein과 albumin의 含量은 번데기蛋白質의 첨가로 인해 현저히 增加하는 결과를 보여주고 있다. 이상의 결과로서 번데기蛋白質은 大豆蛋白質의 質을 向上시킬 수 있는蛋白質源으로 料된다.

參 考 文 獻

- 민태식: 韓國食品科學會誌, 11(3), 4 (1973)
- Singh, N: Feeding trials with children. In Leaf Protein: Its Agronomy, Preparation, Quality and Use, ed. N. W. Pirie. Oxford, England. Blackwell Scientific Publ. 131(1971)
- Tannenbaum, S. R., and Wang D. I. C.: Single Cell Protein II. Cambridge, Mass. M. I. T. Press, (1975)
- 劉太鍾, 李光烈, 李尚建: 韓國營養學會誌, 11: 1(1979)
- National Academy Sciences-National Research Council: Nutrient Requirement of the Laboratory Rat. Wash., D.C., 7(1978)
- AOAC: Official Methods of Analysis, 232 (1980)
- Manoukas, A. G., Mazomenos, B. and Patrinou M. A.: J. Agr. Food Chem., 21(2), 215 (1973)
- Wintrobe, M. M.: Clinical Hematology, Philadelphia, Lee & Febiger, 44 (1967)
- Steel, R. G. and Torrie J. H.: Principles and Procedures of Statistics. McGraw-Hill Co. New York. 107(1960)
- Wilson, E. D., Fisher, K. H., and Garcia, P. A.: Principles of Nutrition. John Wiley Co. New York. 575 (1980)

11. Goel, U., Kawatra, L., and Bajai, S.: *J. Sci Food Agric.*, **28**, 786 (1977)
12. Eppendorfer, W.H.: *J. Sci Food Agric.*, **28**, 607 (1977)
13. Barnes, R.M., Mack, J.E., Knights, M.J. and Burr, G.O.: *Cereal Chem.*, **22**, 273 (1965)
14. 이현경, 김수희: 韓國營養學會志, **10** (1), 10 (1973)
15. Sood, S.K., Deo, M.G. and Ramalingaswani, V.: *Blood.*, **26**, 421 (1965)
16. Anthony, L.E. and Edozien, J.C.: *J. Nutr.*, **105**, 631 (1975)
17. Freeman, T. and Gordon, A.J.: *Clin. Sci. Mol. Med.*, **26**, 17 (1964)