

녹두의 가수분해조건에 따른 특성 변화

구영아 · 장세영 · 박난영 · 문채련¹ · 김옥미² · 정용진^{3†}

(주)계명푸드텍스, ¹전라북도 정읍시 농업기술센터, ²대경대학 호텔조리계열,
³계명대학교 식품가공학과 및 (주)계명푸드텍스

Property Changes of Mung Bean Depending on Hydrolysis Conditions

Young-Ah Gu, Se-Young Jang, Nan-Young Park, Chae-Ryun Mun¹,
Ok-Mi Kim² and Yong-Jin Jeong^{3†}

Keimyung Foodex Co., Ltd, Daegu 704-701, Korea

¹Jeongeup-Si Agricultural Development and Technology, Jeollabukdo, 580-701, Korea

²Department of Hotel Culinary Arts, Taekyeung College, Kyoongsan, 712-850, Korea

³Department of Food Science and Technology, Keimyung University and Keimyung Foodex Co., Ltd, Daegu 704-701, Korea

Abstract

The properties of mung bean were investigated depending on hydrolysis condition. The results showed that enzyme treatments (α -amylase and protease each at 0.1% (w/w)) by varying hydrolysis temperature showed better properties than non-protease treatment (control group). The treatment with 0.08% α -amylase was best for optimum hydrolysis of mung bean starch. The treatment using a mixture of 0.08% (w/w) α -amylase and 0.12% (w/w) protease was best for optimum hydrolysis of mung bean protein. The effects of hydrolysis time of mung bean showed that the optimum time was 60 and 90 min and there fore the optimum time was set at 60 min. These results showed that the best hydrolysis conditions of mung bean were the treatment at 60°C for 60 min using a mixture of 0.08% (w/w) α -amylase and 0.12% (w/w) protease, with the sugar level shown at 5.8 °Brix, reducing sugar at 2,022.13 mg%, and crude protein at 7,666.17 mg%.

Key words : mung bean, starch, protein, funtional hydrolysate

서 론

콩과에 속하는 녹두(*Phaseolus radiatus*)는 인도와 버마 지역이 원산지로 따뜻한 기후의 토양에서 잘 자라며 종자의 빛깔에 따라 노란색, 녹색을 띠는 갈색, 검은 빛을 띠는 갈색 녹두로 구분되지만 녹색녹두가 전체의 90%를 차지하고 있다. 이러한 녹두는 당질 45~62%, 단백질 20~28%, 지방 1% 등이 함유되어 담백한 맛과 독특한 향미를 지니고 있어 예로부터 녹두메편, 녹두묵(청포묵), 녹두 칼국수, 녹두죽, 녹두차, 녹두찰편, 녹말, 녹두전병(빈대떡), 녹두떡, 숙주나물 등의 식품으로 이용도가 높았으며 특히 어린이, 노인,

병후 회복자에게 널리 애용되어 약용과 식용으로 이용되었다는 기록이 있다(1).

국내의 녹두 생산량은 1970년대까지는 10,307 ha에 달하는 면적에 녹두를 재배하였으나 그 이후부터 재배면적이 점차적으로 감소되었고 현재는 일부 농가에서 재배하고 있으나 한국 농업 통계연보에 기록되지 못하고 있는 실정이다(2). 국내의 녹두 소비 증가에 비해 생산량은 감소되어 수입 물량은 1998년 1,200톤에서 2003년 3,889톤으로 증가되었다. 녹두에 관련된 연구로는 한국산 녹두의 일반성분(3), 아미노산 조성(4), 단백질의 이화학적 및 식품학적 특성(5) 등이 보고가 되었고, 녹두전분에 관한 연구로는 전분의 이화학적 성질(6, 7), 겔의 노화 특성 및 리올로지 성질(8) 등이 있으며, 녹두 단백질에 관한 연구로서는 단백질의 생물적 특성에 관한 연구(9), 녹두 저장단백질의 분리와 그

[†]Corresponding author. E-mail : yjjeong@kmu.ac.kr,
Phone : 82-53-580-5557, Fax : 82-53-580-6477

특성(10), 녹두 단백질의 분리 및 기능에 따른 특성에 관한 연구(11, 12), 녹두의 발아 중 분획한 단백질의 전기영동상 패턴의 변화(13)에 대한 연구 등이 있다.

최근에 단백질의 영양적 측면 뿐 만 아니라 다양한 식품학적 가능성이 인식되면서 단백질 급원의 개발과 이의 사용 확대를 위한 기능성 개선에 관한 연구가 활발하다. 식품 단백질의 기능성을 변형시키는 방법으로는 물리적, 화학적, 효소적 변형들이 있으며(14), 물리적 변형은 간단하고 저렴하여 산업화에 많이 이용되고 있으나 고도의 기능성 향상은 기대하기 어려워 화학 및 효소처리 방법이 주로 사용되고 있다. 그러나 화학적 변형은 lysine, tryptophan, cysteine 등의 필수 아미노산의 손실 또는 lysinoalanine과 같은 독성물질의 생성으로 인한 위험성이 따르므로(15) 효소적 변형으로 단백질해효소를 이용하여 단백질의 기능성을 향상 시키려는 연구가 많이 시도되고 있다.

따라서 본 연구에서는 녹두의 활용가치를 높이고 다양한 식품소재로 활용하고자 효소적 가수분해 조건에 따른 특성 변화를 각각 조사하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 녹두는 2005년 전라북도 정읍시에서 생산된 것으로 건조시킨 녹두를 껍질을 제거하여 사용하였다. 또한 효소제는 α -amylase (14,500 Unit/g, Daiwa kasei, Japan), glucoamylase(30,000 SP/g, Wuxi enzymes factory, Japan)와 protease(70,000 PU/g, Daiwa kasei, Japan)을 각각 사용하였다.

가수분해물의 제조

녹두 가수분해물의 제조는 roasting (100°C, 90초) 처리 후 실온에서 1시간 침지, 5분간 가열한 후 물기를 제거하고 냉각시킨 다음 녹두 중량의 400% (v/w) 물을 첨가하여 homogenizer(HF-93, SMT Co., Japan)로 10,000 rpm, 5분간 마쇄하였다. 마쇄된 녹두액 200 mL에 각각의 조건에 따라 효소를 첨가한 다음 shaking water bath(100 rpm)에서 가수분해 온도(50, 60, 70°C)와 시간(30, 60, 90분)에 따라 각각 반응 시켰다. 이때 효소제 첨가량은 녹두의 건물에 중량에 대한 %(w/w)로 하였다. 반응이 끝난 용액은 효소 불활성화를 위하여 90°C에서 10분간 열처리한 후 원심분리(8,000 rpm, 20분)하여 얻은 상등액을 분석시료로 사용하였다.

이화학적 분석

일반성분 분석은 식품공전(16)에 준하여 녹두를 분쇄기로 분쇄시킨 분말을 이용하여 측정하였다. 각 처리구의 시료를 8,000 rpm으로 20분간 원심 분리한 상등액을 pH는

pH meter(Metrohm 691, Swiss)로 당도는 굴절당도계 (N1, Atage Co., Japan)를 사용하였다. 환원당 함량은 DNS법(17)으로 UV-visible spectrophotometer (UV-1601PC, Shimadzu, Japan)를 이용하여 546 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 당 정량은 glucose를 표준물질로 사용하여 상기의 방법으로 작성한 표준곡선으로부터 환산하여 측정하였다. 단백질은 Lowry방법(18)으로 정량하여 UV-visible spectrophotometer (UV-1601, Shimadzu, Japan) 750 nm로 측정하였다. 이 때 표준단백질은 bovine serum albumin을 사용하여 측정하였다. 고형분 함량은 불활성화시킨 시료를 105°C에서 증발 건조시켜 그 무게를 3회 반복 측정하여 시료에 대한 물량 (%)으로 나타내었다.

온도에 따른 영향

녹두 최적 가수분해물 조건을 설정하기 위하여 온도에 따른 영향을 조사하였다. 마쇄된 녹두액 200 mL에 효소제 α -amylase와 protease를 각각 0.1% (w/w)씩 첨가하여 혼합한 다음 50, 60, 70°C 각각의 온도에서 1시간 동안 가수분해하였다. 한편, 효소처리를 하지 않은 것을 대조구로 하여 비교하였다.

효소제에 따른 영향

효소제 종류는 각각 α -amylase(A), glucoamylase(B), protease를 0.1%(w/w)씩 사용하였고 α -amylase 0.05%와 glucoamylase 0.05%(C)을 첨가하여 혼합한 다음 상기에서 설정된 온도 60°C에서 shaking water bath에서 1시간 동안 가수분해 시킨 후 이화학적 특성을 비교하였다.

효소제 농도 및 혼합사용에 따른 영향

선정된 효소제를 각각 0.06, 0.08, 0.10, 0.12, 0.14%(w/w)의 농도로 첨가하여 녹두 가수분해물의 이화학적 특성을 조사하였다. 또한 녹두 단백질의 가수분해를 위하여 protease와 선정된 효소제를 혼합하여 가수분해물의 특성을 살펴보았다. 이때 효소제 첨가량은 상기 실험에서 최적으로 선정된 효소제 첨가량과 protease 0.06, 0.08, 0.10, 0.12, 0.14%(w/w) 각각의 농도로 첨가한 후 녹두 가수분해물의 이화학적 특성을 조사하였다.

가수분해 시간에 따른 영향

녹두액을 제조하여 상기에서 최적조건으로 설정된 효소제와 protease를 혼합하여 첨가한 후 설정된 온도(60°C)에서 30, 60, 90분 동안 가수분해하여 이화학적 특성을 측정하였다.

결과 및 고찰

일반성분 함량의 변화

본 실험에 사용된 녹두(mung bean)와 껍질을 제거한 녹

두(peeler mung bean)의 일반성분을 분석하여 나타낸 결과는 Table 1과 같다. 녹두의 수분은 13.2%, 조단백질은 21.9%, 조지질은 1.1%, 조회분은 3.6%, 탄수화물은 60.2%이었다. 껍질을 제거한 녹두는 수분은 8.6%, 조단백질은 25.8%, 조지질은 2.2%, 조회분은 3.5%, 탄수화물은 59.9%이었다. 식품성분표(19)에 의하면 녹두가루(빈대떡가루)의 일반성분은 수분 9.9%, 단백질 20.7%, 지방 1.2%, 회분 4.8%, 탄수화물 62.3%로 본 실험의 결과와 유사하였으며 조단백질의 함량이 껍질 제거한 녹두에서 조금 높게 나타났다. 이는 껍질을 제거함으로써 상대적으로 단백질 함량이 높게 나타난 것으로 추정되며, 또한 녹두의 품종, 생산지, 가루제조방법 등에 따라 조금은 다르게 나타나는 것으로도 생각된다.

Table 1. Proximate composition of the mung bean and peeler mung bean

Composition	(unit: dry base %)	
	Mung bean	Peeler mung bean
Moisture	13.2±0.20 ¹⁾	8.6±0.11
Crude protein	21.9±0.12	25.8±0.50
Crude fat	1.1±0.08	2.2±0.01
Crude ash	3.6±0.06	3.5±0.03
Carbohydrate	60.2±0.15	59.9±1.00

¹⁾Mean ± SD of triplicate determination.

온도에 따른 영향

온도에 따른 영향을 조사하기 위하여 녹두에 효소제 무처리구(대조구)와 효소제(α -amylase와 protease 각각 0.1%(w/w)) 처리구를 50, 60, 70°C의 온도에서 가수분해를 하였다. 그 결과 Table 2에서와 같이 녹두 가수분해물의 pH 변화는 효소제 무처리구(대조구)에서는 온도에 따른 차이는 없는 것으로 나타났고 효소처리 구간이 대조구에 비해서 조금 낮은 6.57~6.58 범위로 나타났다. Hsu 등(20)

은 효소에 의해 단백질의 가수분해가 일어나면 아미노산의 carboxyl기가 노출되어 용액의 pH가 떨어지게 된다고 보고 하였다. pH는 온도에 따른 영향은 없었으나 효소제 첨가 유무에 따라 약간의 영향을 보였다. 당도는 효소제 무처리구(대조구)에 비하여 효소제 처리구간에서 3배 이상 높게 나타났으며 녹두의 증자로 전분이 분해되어 효소작용을 받을 수 있는 기질이 증가했기 때문에 추측되며 온도에 따른 차이는 크지 않았다. 환원당 함량은 효소제 무처리구(대조구)에서 129.47 mg% 이하의 함량을 나타내었으나 효소제 처리구는 1,968.22~2,115.47 mg% 함량을 나타내었으며 효소제 무처리구(대조구)에 비해 15배 이상 높은 함량을 나타내었으며, 특히 60°C에서 가장 높은 함량을 나타내었다. 조단백 함량은 효소제 무처리구(대조구)에서 3,545.80~3,844.67 mg%의 범위로 나타났으며 효소제 처리구간은 5,696.50~7,804.67 mg%로 60°C에서 가장 높은 함량을 보였으나 70°C에서 조단백 함량이 낮아졌다. 이는 단백질 분해효소의 활성이 70°C에서는 저해된 것으로 사료된다. 효소처리 함으로써 대조구(효소제 무처리)에 비해 환원당과 조단백 함량은 큰 차이로 높은 함량을 나타내었다. 그러나 고형분 함량은 효소제와 온도에 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 이상의 결과로 온도에 따른 차이는 크지 않았으나 효소제 처리구에 따른 영향은 큰 것으로 나타났으며 최적 온도를 60°C로 설정하였다.

효소제에 따른 영향

녹두 가수분해물의 온도를 60°C로 설정한 후 효소제 종류에 따른 영향을 조사 하였다. 그 결과 *portease* 단독 효소제 처리시 열처리에 대한 녹두 전분의 겔형성이 진행되면서 효소제 반응이 어려웠다(data not shown). Table 3과 같이 효소제 종류에 따른 반응 후 pH는 (B)처리구가 다른 효소제 처리구(A와 C)에 비해 높게 나타났다. 당도의 변화는 (A)처리구와 (C)처리구가 비슷하게 높게 나타났고 (B)처리구가 가장 낮았다. Hwang 등(21)은 지방과 단백질 함량이 낮고 전분함량이 높은 두류에 속하는 팥 침출액의 경우에도 당도

Table 2. Physicochemical properties of the mung bean depending on condition of non-enzyme and enzyme treatment by varying hydrolysate temperature

Physicochemical properties	Non-enzyme treatment			Enzyme treatment ¹⁾		
	50 °C	60 °C	70 °C	50 °C	60 °C	70 °C
pH	6.70±0.02	6.72±0.02	6.69±0.05	6.58±0.05	6.57±0.02	6.58±0.05
°Brix	1.63±0.06	1.80±0.00	1.77±0.06	5.13±0.02	5.37±0.02	5.30±0.00
Reducing sugar (mg%)	123.04 ±0.40	127.08 ±2.26	129.47 ±1.20	2,045.82 ±32.40	2,115.47 ±31.20	1,968.22 ±33.76
Crude protein (mg%)	3,545.80 ±41.27	3,836.50 ±30.51	3,844.67 ±25.42	5,696.50 ±44.27	7,804.67 ±25.42	7,125.83 ±35.34
Solid content (%)	9.78±0.12	9.69±0.30	9.73±0.18	9.58±0.09	9.53±0.11	9.27±0.05

¹⁾Mung bean hydrolysate was treated substances with α -amylase (0.1%) and protease (0.1%) for 1 hr.

는 α -amylase 효소제 처리구와 α -amylase+glucoamylase 혼합 처리했을 때와 차이가 없다고 보고하였다. 이는 α -amylase가 녹두 침출액에 용해되어있는 전분 α -1,4 결합을 무작위로 가수분해하여 저분자량의 당당류를 생성하였기 때문으로 판단된다. 환원당과 조단백 함량은 (A)처리구가 가장 높은 2,115.47 mg%와 6,084.67 mg% 함량을 나타냈고, (B)처리구가 가장 낮은 함량을 나타냈다. (C)처리구는 (A)처리구 보다 낮은 함량을 나타내어 효율성 면에서 떨어졌다. 따라서 (C)처리구 보다는 (A)처리구가 전반적으로 품질 특성이 우수한 것으로 나타났으며, 이는 녹두에 함유된 당질을 가수분해시킴으로써 생성된 올리고당은 다당류의 본래의 기능성을 더욱 증강시킬 수 있고, 당당류 및 아미노산류는 제품의 맛을 높일 수 있을 것으로 생각된다.

Table 3. Physicochemical properties of the mung bean by hydrolysis of enzymes treatment¹⁾

Physicochemical properties	A ²⁾	B ³⁾	C ⁴⁾
pH	6.57±0.04	6.68±0.03	6.58±0.03
°Brix	5.40±0.00	3.80±0.00	5.13±0.02
Reducing sugar (mg%)	2,115.47±31.20	1,013.80±12.20	2,045.82±32.40
Crude protein (mg%)	6,084.67±25.42	4,814.67±25.42	5,696.50±44.27
Solid content (%)	9.53±0.11	9.61±0.10	9.58±0.08

¹⁾Mung bean hydrolysate was carried out at 60°C for 1 hr.

²⁾A: Mung bean hydrolysate was treated substances with α -amylase (0.1%).

³⁾B: Mung bean hydrolysate was treated substances with glucoamylase (0.1%).

⁴⁾C: Mung bean hydrolysate was treated substances with α -amylase(0.05%) and glucoamylase (0.05%).

효소제 농도 및 혼합사용에 따른 영향

녹두 가수분해물의 α -amylase 농도에 따른 최적조건을 설정하기 위해 0.06~0.14%(w/w)의 범위에서 처리하여 녹두 가수분해물의 특성을 비교하였다(Table 4). 녹두 가수분해물의 pH, 당도와 고형분 함량은 α -amylase의 농도에 영향

Table 4. Physicochemical properties of the mung bean hydrolysate¹⁾ under α -amylase concentrations

Physicochemical properties	α -amylase concentration (%)				
	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14
pH	6.60±0.02	6.62±0.02	6.66±0.02	6.68±0.02	6.60±0.02
°Brix	5.70±0.00	5.7±0.02	5.7±0.02	5.9±0.02	5.8±0.02
Reducing sugar (mg%)	1,758.35 ±43.77	1,971.10 ±34.80	1,881.97 ±35.46	1,861.63 ±18.38	1,865.58 ±29.03
Crude protein (mg%)	5,996.83 ±34.48	6,440.00 ±9.73	6,365.67 ±24.41	6,321.33 ±34.61	6,318.00 ±22.40
Solid content (%)	9.81±0.02	9.71±0.04	9.74±0.06	9.76±0.06	9.73±0.03

¹⁾Mung bean hydrolysate was carried out at 60°C for 1 hr.

을 크게 받지 않는 것으로 나타났다. 환원당과 조단백 함량은 α -amylase 0.08% 일 때 각각 1,971.10 mg%와 6,440.00 mg%로 가장 높은 함량을 나타내었으며, 그 이후로 효소제 농도가 증가하여도 그 함량은 증가하지 않았다. 이상의 결과로 α -amylase 0.08% 첨가가 녹두 가수분해물의 최적 효소제 농도로 나타났다. 녹두전분 가수분해를 위하여 α -amylase 0.08%(w/w)와 녹두단백의 가수분해를 위하여 추출물에 protease 0.06~0.14%(w/w) 농도별로 혼합 처리하여 얻은 가수분해물의 특성에 대한 영향을 비교하였다. 그 결과 Table 5와 같이 녹두 가수분해물의 pH는 6.56~6.59의 범위였고, 당도는 5.6~5.9 °brix의 범위로 protease 농도에 따른 차이가 크게 나타나지 않았다. Protease 농도가 증가할수록 환원당 함량은 증가하다 0.12% 이후로 감소하는 경향을 보였으며, 조단백 함량은 0.12%에서 7,618.50 mg%로 가장 높은 함량을 나타내었다. 고형분 함량 역시 protease 농도에 따른 차이는 나타나지 않았다. 따라서 녹두 가수분해물에 α -amylase 0.08%와 protease 0.12%를 혼합 첨가했을 때 품질 특성이 우수한 것으로 나타났다.

Table 5. Physicochemical properties of the mung bean hydrolysate under protease concentrations

Physicochemical properties	Protease concentration (%) ¹⁾				
	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14
pH	6.59±0.02	6.58±0.02	6.56±0.02	6.58±0.02	6.56±0.02
°Brix	5.60±0.00	5.7±0.02	5.8±0.02	5.8±0.02	5.9±0.02
Reducing sugar (mg%)	1,897.85 ±34.79	1,934.50 ±23.57	2,074.33 ±28.91	2,002.63 ±7.48	1,935.02 ±9.74
Crude protein (mg%)	7,265.00 ±19.81	7,460.17 ±9.45	7,584.83 ±14.77	7,618.50 ±22.61	7,156.50 ±37.31
Solid content (%)	9.81±0.03	9.72±0.08	9.75±0.03	9.75±0.13	9.71±0.05

¹⁾Mung bean hydrolysate was treated substances with α -amylase (0.08%) and protease (0.06~0.14%) at 60°C for 1 hr.

가수분해 시간에 따른 영향

온도 60°C로 고정한 후 최적 조건으로 설정된 효소제 α -amylase 0.08%와 protease 0.12%를 첨가하여 가수분해 시간에 따른 이화학적 특성을 비교 분석하였다. Table 6에서와 같이 pH는 가수분해 시간에 영향을 받지 않는 것으로 나타났으며, 당도는 60분에서 5.8 °brix로 가장 높았으며 90분에서 약하게 감소하는 경향을 나타냈다. 환원당 함량은 초기에 빠르게 증가하였고, 60분 동안 가수분해시 2,022.13 mg%로 가장 높았으며 그 이후로 감소하였다. 조단백 함량은 가수분해 시간이 흐름에 따라 계속 증가하는 경향을 보였으나 고형분 함량은 시간에 따른 변화가 거의 없는 것으로 나타났다. 이상의 결과로 볼 때 가수분해 시간에 따른 녹두 가수분해물의 품질의 특성은 60분과 90분이 우수한 것으로 나타났으며 90분은 가수분해 과정에서 변질

될 가능성이 우려되므로, 전반적으로 우수한 60분으로 가수분해 최적 시간을 설정하였다.

Table 6. Physicochemical properties of the mung bean hydrolysate¹⁾ under different hydrolysis time

Physicochemical properties	Hydrolysis time (min)		
	30	60	90
pH	6.57±0.02 ^{b)}	6.58±0.06	6.56±0.03
°Brix	5.13±0.02	5.80±0.00	5.73±0.02
Reducing sugar (mg%)	1,772.43±28.08	2,022.13±30.54	1,996.95±31.06
Crude protein (mg%)	6,871.83±46.93	7,666.17±25.15	7,800.72±29.75
Solid content (%)	9.83±0.08	9.79±0.02	9.78±0.03

¹⁾Mung bean hydrolysate was treated substances with α-amylase (0.08%) and protease (0.12%) at 60°C for 1 hr.

요 약

본 연구에서는 녹두의 가수분해조건에 따른 특성을 조사하였다. 그 결과 온도에 따른 효소제 처리구(α-amylase와 protease 각각 0.1%(w/w))가 무처리구(대조구)에 비하여 전반적으로 우수하였다. 녹두전분의 최적 가수분해를 위하여 효소제 α-amylase 0.08% 처리가 가장 우수하였으며, 녹두단백의 가수분해를 위하여 protease를 혼합하여 분석한 결과 α-amylase 0.08% (w/w)와 protease 0.12% (w/w)를 혼합 처리시 품질특성이 우수하게 나타났다. 녹두의 가수분해 시간에 따른 영향은 60분과 90분에서 가장 양호한 결과를 나타내었으므로 최적 조건의 가수분해 시간은 60분으로 설정하였다. 이상의 결과 α-amylase 0.08% (w/w)와 protease 0.12% (w/w)를 혼합 첨가하여 60°C에서 60분간 가수분해 조건이 당도 5.8 Brix, 환원당 2,022.13 mg%, 가용성 조단백 7,666.17 mg%로 나타나 녹두의 최적 가수분해 조건으로 설정 할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 2005년 전라북도 정읍시 연구지원 결과이며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 허준. (1965) 동의보감. 동양종합통신대학. 서울, p.200
2. Cho, N.K., Kang Y.K., Song, C.K., Kim, C.B., Cho, Y.I., and Ko, M.R. (2003) Effects of phosphate application rate on growth characters, yield and chemical composition

- of soiling mung bean in Jeju island. J. Subtropical Agri. & Biotech., 19, 17-21
3. Kim, Y.S., Han, Y.B., Yoo, Y.J., and Jo, J.S. (1981) Studies on the Composition of the Korean Mung bean (*Phaseolus aureus*). Korean J. Food Sci. Technol., 13, 146-152
4. Mu, S.K. (1980) A study on the changes of free amino acid composition in seeds of Korean mung bean during the ripening process. Korean J. Nutr., 13, 150-154
5. Park, H.W. (1987) Studies on physicochemical and functional properties of Mung bean proteins. Ph.D Thesis, Yonsei Univ. Seoul, Korea.
6. Kim, W.S., Rhee, H.S. and Kim, S.K. (1980) Characterization of mung bean (*Phaseolus aureus* L.) starch. J. Korean Agricultural Chemical Society, 23, 166-172
7. Yoon, G.S., Sohn, K.H. and Chung, H.J. (1989) Comparison of Physicochemical properties of cowpea and mung bean starches. J. Korean Home Economics Association, 27, 39-46
8. Kweon, S.H., Kim, M.H. and Kim, S.K. (1990) Rheological properties of mung bean starch. Korean J. Food Sci. Technol., 22, 38-43
9. Kali, P.B. (1938) Biological value of the protein of green gram (*Phaseolus mungo*) and lentil (*Lens Esculenta*), Ind. J. Med. Res., 33, 791
10. Lee, C.Y., Kim, S.U. and Yoo, K.J. (1978) Isolation and Characterization of storage proteins in the seed of mung bean and small red bean. Korean Biochem. J., 11, 179-190
11. Thompson, L.U. (1977) Preparation and evaluation of mung bean protein isolates. J. Food Sci., 42, 202
12. Coffman, C.W. and Garcia, V.V. (1978) Isolation and functional characterization of a protein isolate from mungbean flour, The 1st international mungbean symposium, AVRDC, Taiwan, p.69
13. Cho, S.H. and Pyo, K.H. (1989) Changes in SDS-PAGE pattern of mung bean grain proteins during germination. J. Korean Agric. Chem. Soc. 32, 209-215
14. Sosulski, F.W., Humbert, E.S., Bui, K. and Jones, J.D. (1976) Functional properties of rapeseed flour concentrates and isolate. J. Food Sci., 41, 1349-1362
15. Pour-EI, A. : Protein functionality: Classification, definition and methodology. In 'Protein functionality in foods'
16. A.O.A.C. (1984). The Official Methods of Analysis, 14th ed., Association of Official Analytical Chemists. Inc., Virginia, USA, p.362
17. Luchsinger, W.W. and Cornesky, R.A. (1962) Reducing

- power by the dinitrosalicylic acid method. *Anal. Biochem.*, 4, 346-347
18. Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L., and Randall, R.J. (1951) Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, 193, 265-269
19. National Rural Living Science Institute, R.D.A. (2001) *Food Composition Table*, 6th ed., p.68
20. Hsu, H.W., Vavak, D.L., Sattellee, L.D. and Miller, A. (1977) A multienzyme technique for estimating protein digestibility. *J. Food Sci.*, 42, 1269-1272
21. Hwang, C.S., Jeong, D.Y., Kim, Y.S., Na, J.M., and Shin, D.H. (2005) Effects of enzyme treatment on Physicochemical Characteristics of Small Red Bean Percolate. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 37, 189-193

(접수 2006년 6월 5일, 채택 2006년 9월 28일)