

녹두 가수분해물의 항산화활성에 미치는 열처리 효과

김민영 · 이상훈 · 장귀영 · 김현영¹ · 우관식¹ · 황인국² · 이준수 · 정현상*
충북대학교 식품공학과, ¹국립식량과학원 기능성작곡과, ²국립농업과학원 전통한식과

Effects of Heat Treatment on Antioxidant Activity of Hydrolyzed Mung Beans

Min Young Kim, Sang Hoon Lee, Gwi Yeong Jang, Hyun Young Kim¹, Koan Sik Woo¹,
In Guk Hwang², Junsoo Lee, and Heon Sang Jeong*

Department of Food Science and Technology, Chungbuk National University

¹Department of Functional Crop, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration

²Department of Agro-food Resources, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration

Abstract This study was performed to investigate the antioxidant activity of mung beans with heat treatment at 130°C for 2 h after acid hydrolysis. The browning index of heating after hydrolysis was 2.31 whereas heating before hydrolysis was 0.17. 5-hydroxymethyl-2-furaldehyde (5'-HMF) content was the highest value of 81.61 mg/g in heating after hydrolysis. The highest total polyphenol content (55.95 mg/g) occurred in heating after hydrolysis and this value was 6.4-fold higher than that of heating before hydrolysis (8.79 mg/g). 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) radical scavenging activity was the highest value of 22.19 mg AA eq/g sample in heating after hydrolysis whereas heating before hydrolysis was 1.75 mg AA eq/g sample. 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical-scavenging activity was the highest value of 3.64 mg Trolox eq/g sample in heating after hydrolysis whereas heating before hydrolysis was not shown. These results suggest that heat treatment of mung beans for increasing the antioxidant activity could be effective after hydrolysis.

Keywords: mung beans, acid hydrolysis, heat treatment, polyphenol, antioxidant activity

서 론

콩과에 속하는 녹두(*Phaseolus radiatus* L.)는 인도와 미얀마 지역이 원산지로서 따뜻한 기후의 토양에서 잘 자라며 종자의 빛깔에 따라 노란색, 녹색을 띤 갈색, 검은 빛을 띤 갈색녹두로 구분되며, 그 중 녹색녹두가 전체의 90%를 차지하고 있다. 녹두는 당질 45-62%, 단백질 20-28%, 지방 1% 등이 함유되어 지방함량이 낮고 비교적 전분함량이 높은 두류에 속한다(1). 녹두에 대한 효능연구는 이소플라본 함량과 항산화 및 혈전용해 활성(2,3), 녹두 나물 생즙이 카드뮴에 의한 흰쥐 간 손상의 회복에 미치는 영향(4), 녹두 에탄올 추출물의 항산화 활성, 항변이성 및 변이원성에 대한 비교 연구(5) 등이 보고되었다.

열처리 가공은 식품의 저장수명을 연장시키고 품질을 향상시키기 위하여 사용되는 가공기술이지만 열처리가공 중 영양소의 파괴 및 활성물질의 손실 등의 문제점도 발생한다. 그러나 몇몇 과일류 및 채소류 등은 열처리 시 다양한 화학적 변화에 의해 생

리활성물질이 증가한다고 알려져 있다. 이와 관련된 연구로 탈지 대두박 열처리 시 페놀성화합물의 추출을 촉진하며(6), 마늘 열처리 시 착즙액의 항산화활성이 증가되고(7), 감초를 열처리할 경우에도 항산화 활성이 증가한다고 보고하였다(8). 그 밖에도 인삼(9), 배(10), 마늘(11), 멜론, 사과, 토마토, 참외 및 수박 등(12)의 여러 가지의 과채류의 열처리 시 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 증가하여 항산화 활성이 증가한다고 보고하는 등 열처리 관련 연구들이 활발하게 진행되고 있다. 이러한 생리활성의 증가는 열처리공정 중 발생하는 갈변반응에 의한 것으로 알려져 있으며(13), 갈변반응은 식품의 갈색화와 flavor의 생성에 영향을 줄 뿐만 아니라(14), 갈색중합체인 melanoidin은 지질의 산화율을 낮추고 금속이온 제거를 뿐만 아니라 라디칼 소거활성이 높아 항산화 능력이 높은 것으로 알려져 있다(15,16).

열처리에 의한 생리활성 증가 관련 연구는 fructose-tyrosine(17), 마늘의 fractan과 cystein반응에 의해 생성된 thiacremonone(18) 등과 같이 당-아미노산 model system을 이용한 합성이나, 시료자체에 유리당과 유리아미노산을 많이 함유하고 있어 열처리에 의해 메일라드 반응이 발생하는 과채류를 중심으로 연구가 이루어졌지만, 결합형인 전분 및 단백질 함량이 높은 작물에 대한 연구결과는 찾아보기 어려운 실정이다.

따라서 본 연구에서는 전분 및 단백질 함량이 높아 당과 아미노산 고함유 작물인 녹두를 가수분해시켜 유리당과 유리아미노산을 생성시키고 열처리를 통해 메일라드반응을 통한 항산화 활성의 변화에 대해 연구하고자 하였다.

*Corresponding author: Heon Sang Jeong, Department of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Cheongju, Chungbuk 361-763, Korea
Tel: 82-43-261-2570
Fax: 82-43-271-4412
E-mail: hsjeong@chungbuk.ac.kr
Received August 2, 2012; revised September 10, 2012; accepted September 26, 2012

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서 사용한 실험재료는 식품성분표(19)를 참고하여 지방함량이 적으며 전분 및 단백질 함량이 높은 녹두를 선정하였다. 녹두는 2010년 충북 보은에서 생산된 것을 시장에서 구입하여 껍질을 제거한 다음 건조하여 시료로 사용하였다. 녹두는 분쇄기(Micro hammer cutter mill type-3, Culatti AG, Zurich, Swiss)로 100 mesh의 크기로 분쇄한 후 -20°C에서 냉동보관하면서 사용하였다.

일반성분분석

일반성분은 AOAC법(20)에 따라 분석하였다. 즉, 수분함량은 상압 가열 건조법으로, 조단백질 함량은 semi-micro Kjeldahl법으로, 조지방 함량은 soxhlet 추출법으로 그리고 조회분은 건식회화법에 따라 550°C에서 회화시켜 정량하였다. 탄수화물은 시료에서 조지방, 조단백질, 조회분 및 수분 함량을 뺀 값으로 나타내었다.

녹두호화액 제조

산가수분해 및 열처리를 위하여 녹두 호화액을 제조하였다. 즉, 녹두시료 중량당 15배(v/w)의 정제수를 첨가하여 진탕혼합기(JSSB 30-T, JSR, Seoul, Korea)로 60°C에서 1시간동안 100 rpm으로 진탕 가열하여 제조하였다.

산 가수분해 조건 결정

유리당과 유리아미노산의 최대생성 산 가수분해 조건을 결정하기 위하여 산농도 및 처리시간에 따른 환원당 함량과 아미노태질소함량을 측정하였다. 산처리 농도 결정을 위하여 녹두호화액 30 mL에 HCl(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)을 1N에서 9.6N 농도로 처리한 다음 진탕혼합기에서 100°C로 반응시켰으며, 최적농도를 설정하기위한 산처리 반응시간은 문헌을 참조하여 전분가수분해 효율이 높은 2시간에서 처리 하였으며(21), 동일농도의 NaOH(Sigma-Aldrich)를 이용하여 pH 7로 중화시켜 사용하였다. 산처리 농도 별 가수분해물의 환원당 함량은 DNS법(22)으로 측정하였으며, 아미노태질소함량은 formol 적정법(23)으로 측정하였으며, 그 결과를 바탕으로 환원당과 아미노태질소함량 증대를 위한 최적 산처리 농도를 결정하였다. 산 처리시간 결정은 환원당 최대생성 산농도조건과 아미노태질소 최대생성 산농도 조건에서 각각 1~5시간 동안 반응시킨 후 환원당 함량과 아미노태질소 함량을 측정하여 결정하였다.

산 가수분해물의 열처리

선정된 가수분해 조건에서 만들어진 산 가수분해물의 열처리는 10 kg/cm 이상의 압력에서도 견딜 수 있도록 고안·제작된 열처리장치(J-AT-N, Jisico, Seoul, Korea)를 사용하였다. 열처리조건은 문헌을 참조하여 열처리에 따른 생리활성 변화가 많은 130°C에서 2시간동안 처리하였다(9). 시료는 무처리(대조구), 열처리, 산 가수분해 및 산 가수분해 후 열처리 시료로 하였으며, 모든 실험은 3회 반복하였다.

환원당 함량

각각의 처리시료에 대한 환원당 함량은 DNS(3,5-dinitrosalicylic acid)법(22)을 이용하여 측정하였다. 즉, DNS(Sigma-Aldrich) 0.5 g을 50 mL의 증류수에 녹여 2 N NaOH 20 mL을 가한 후, rochelle염(potassium sodium tartrate 4H₂O, Sigma-Aldrich) 30 g을 조

금씩 가하여 녹인 다음 증류수를 이용하여 100 mL로 정용하였다. 환원당 함량은 시료 0.2 mL에 DNS 시약 0.4 mL을 가하여 100°C에서 5분간 가열한 후 급속히 냉각시키고 증류수 1.8 mL을 첨가한 다음 525 nm에서 흡광도를 분광분석기(spectrophotometer, UV-1600, Shi-madzu, Tokyo, Japan) 이용하여 측정하였다. 표준물질은 glucose(Sigma-Aldrich)를 0.1, 0.2, 0.4, 0.6 및 0.8 mg/mL의 농도로 희석하여 사용하였다.

아미노태질소 함량

각각의 처리시료에 대한 아미노태질소 함량은 formol 적정법(23)으로 측정하였다. 즉, 산가수분해물 25 mL에 formalin(Sigma-Aldrich) 용액 20 mL과 물 20 mL을 넣고 1% phenolphthalein 지시약(Sigma-Aldrich) 약 6방울을 가한 다음 0.05 N NaOH으로 적정하여 비단백태의 아미노태질소를 정량하였다.

갈변도 및 5'-HMF 함량 측정

각각의 처리시료에 대한 갈변도는 분광분석기(Shimadzu)를 이용하여 420 nm에서 측정된 흡광도로 나타내었다. 또한 5'-HMF(5-hydroxymethyl-2-furaldehyde) 함량은 Lee 등(24)의 방법에 따라 분석하였다. 즉, 각각의 시료를 ethyl acetate로 3회 추출한 후 농축하여 증류수로 재용해시킨 다음 0.45 µm syringe filter로 여과하여 HPLC(Younglin, Anyang, Korea)로 분석하였다. 표준물질로는 5'-HMF(Wako Pure Chemical Industries, Osaka, Japan)를 사용하였으며, 컬럼은 C₁₈ column(Mightysil RP-18 GP column, 4.6×250 mm, Kanto Chemical, Tokyo, Japan), 이동상은 acetonitrile: water=20:80 (v/v%), 검출기는 UV 280 nm로 하였고 유속은 0.6 mL/min, 주입량은 20 µL로 하였다.

총 폴리페놀 함량 측정

각각의 처리시료에 대한 총 폴리페놀 함량은 Dewanto 등(25)의 방법에 따라 Folin-Ciocalteu reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 정색으로 발색하는 것을 원리로 측정하였다. 즉 시료 100 µL에 2% Na₂CO₃(Sigma-Aldrich) 용액 2 mL를 가한 후 3분 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich) 100 µL를 가하였다. 실온에서 30분 방치 후 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였다. 표준물질로 tannic acid(Sigma-Aldrich)를 5, 10, 25 및 50배로 희석하여 사용하였으며, 검량선 작성 후 총 폴리페놀 함량은 시료 100 g 중의 mg tannic acid로 나타내었다.

총 항산화력 측정

각각의 처리시료에 대한 총 항산화력은 ABTS cation decolorization assay 방법(26)에 따라 측정하였다. 즉, 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid(ABTS)(Sigma-Aldrich) 7.4 mM과 2.6 mM의 potassium persulphate(Sigma-Aldrich)을 하루 동안 암소에서 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이 용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4가 되도록 물의 흡광계수를 이용하여 증류수로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 1 mL에 시료 50 µL를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 60분 후에 측정하였으며, 표준물질로서 L-ascorbic acid(Sigma-Aldrich)를 동량 첨가하였다. 총 항산화력은 L-ascorbic acid에 해당하는 항산화력(L-ascorbic acid equivalent antioxidant capacity; AEAC)으로 나타내었다.

DPPH라디칼 소거능에 의한 항산화활성 측정

각각의 처리시료에 대한 항산화활성은 1,1-diphenyl-2-picryl

hydrazyl(DPPH, Sigma-Aldrich)에 의한 전자공여능으로 측정하였다(25). 즉, 0.2 mM DPPH 용액 0.8 mL에 시료 0.2 mL를 첨가한 후 실온에서 30분 방치하여 520 nm에서 흡광도 감소치를 측정하였다. 이때 전자공여능은 Trolox에 해당하는 항산화력으로 나타내었다.

통계처리

통계분석은 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 12.0 SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고 처리간의 차이 유무를 one-way ANOVA(analysis of variance)로 분석한 뒤 신뢰구간 $p < 0.05$ 에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

결과 및 고찰

일반성분

본 실험에 사용한 녹두의 일반성분을 분석한 결과는 Table 1

Table 1. Proximate compositions of mung beans (Unit: %)

Moisture	Crude ash	Crude protein	Crude fat	Carbohydrate
11.39±0.01	3.01±0.03	24.35±0.18	1.74±0.00	59.51±0.22

Values are mean±SD of 3 replicates.

과 같다. 녹두의 수분은 11.39%, 조회분은 3.01%, 조단백질은 24.35%, 조지방은 1.74%, 탄수화물은 59.51%로 식품성분표(19)의 결과와 유사하였으며, Kim 등(27)이 국내산 녹두가루를 대상으로 일반성분을 분석한 결과에서 수분 8.8%, 조회분 1.77%, 조단백질 25%, 조지방 1.21%, 탄수화물 63.22%로 나타나 본 실험결과와 유사하였다. 또한 황금콩, 약콩 및 흑태 등 두류에 대한 연구(28)에서는 수분은 10.9-12.5%, 조지방은 15.8-20.8%, 조단백질은 36.5-41.1% 그리고 탄수화물은 21.1-27.7%이라 하였는데 본 실험에 사용된 녹두는 일반 두류에 비하여 지방함량이 적고 단백질과 탄수화물의 함량이 상대적으로 높았다.

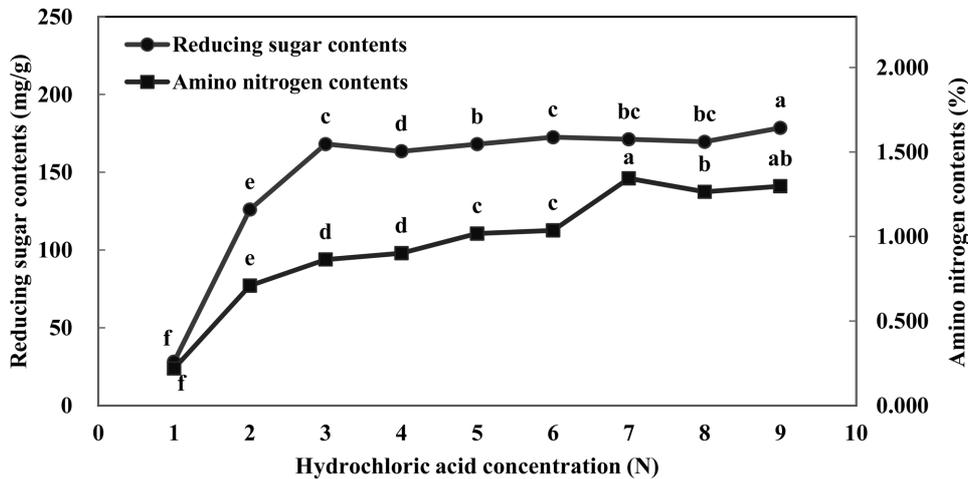


Fig. 1. Reducing sugar and amino nitrogen contents of mung beans with hydrochloric acid concentrations. Different letters in the same items are significantly different ($p < 0.05$).

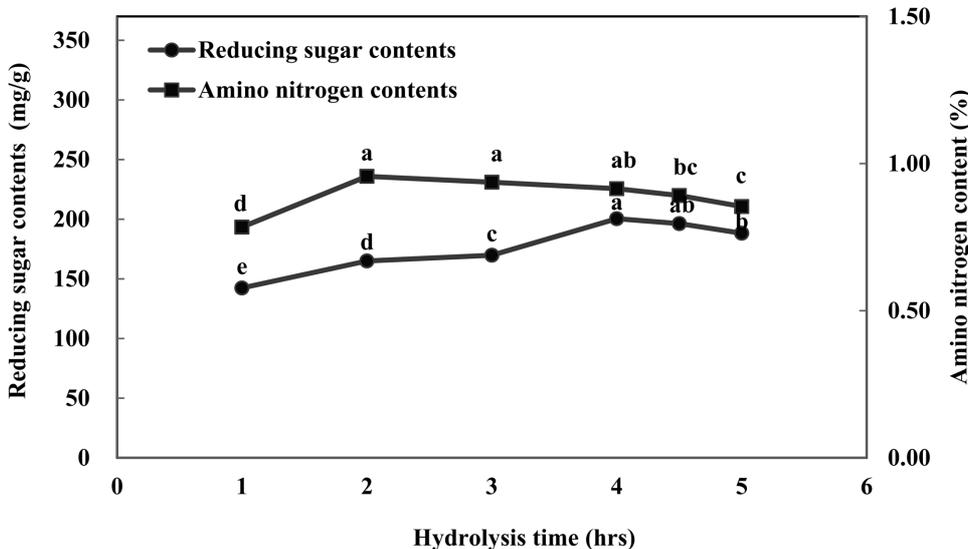


Fig. 2. Reducing sugar content of mung beans with different hydrolysis time at 2 N HCl and amino nitrogen content of mung beans with different hydrolysis time at 6 N HCl. Different letters in the same items are significantly different ($p < 0.05$).

Table 2. Browning index and 5'-HMF content of mung beans with acid hydrolysis and heat treatment conditions

Samples ¹⁾	Browning index	5'-HMF content (mg/g)
GMB	0.07 ^d	ND ²⁾
GMBH	0.17 ^c	ND
GMBA	1.10 ^b	18.64 ^b
GMBAH	2.31 ^a	81.61 ^a

¹⁾GMB; gelatinated mung bean, GMBH; heated mung beans before acid hydrolysis, GMBA; acid hydrolysis mung beans, GMBAH; heated mung beans after acid hydrolysis.

Values are mean of 3 replicates. Means in the same columns with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

²⁾Not detected

산 가수분해조건 결정

유리당과 유리아미노산의 최대 생성조건을 결정하기 위하여 산 농도에 따른 환원당과 아미노태질소 함량을 측정 한 결과는 Fig. 1과 같다. 환원당 함량은 2N 농도에서 168.15 mg/g으로 무처리구의 28.12 mg/g에 비해 유의적으로 증가하였지만($p < 0.05$), 그 이상의 농도에서는 큰 변화가 없었다. 산 농도에 따른 아미노태질소 함량의 변화는 무처리에서는 0.22%이었지만 산 농도가 증가함에 따라 증가하여 6N 농도에서 1.34%로 가장 높은 함량을 나타내었으며, 그 이상의 농도에서는 감소하는 경향을 나타내었다. 최적 가수분해 시간 결정을 위하여 각각의 산처리 최적농도에서 가수분해 시간에 따른 환원당과 아미노태질소 함량을 측정 한 결과는 Fig. 2와 같다. 환원당 함량은 2N 농도에서 1-5시간 가수분해 시킨 결과 143.34-200.43 mg/g 범위에서 증가하였지만($p < 0.05$), 4시간 이상에서는 감소하는 경향을 나타내었다($p < 0.05$). 아미노태질소 함량은 6N 농도에서 가수분해 초기 2 및 3시간에서 각각 0.96%와 0.94%로 높았지만 그 이후 감소하는 경향을 보였다($p < 0.05$). 이상의 결과로부터 산-가수분해효율은 환원당의 경우 2N, 4시간의 산처리조건이 높았으며, 아미노태질소 함량의 경우 6N, 2시간의 산처리조건이 높게 나타났다. Romero 등(29)의 연구에 따르면 전분 및 단백질 가수분해율을 높이기 위해서는 당-아미노산의 생성과 재분해가 평형을 이루는 적정점을 산의 농도 별로 찾아야하는데 산가분해시에는 일정한 반응온도, 처리시간에서 당과 아미노산 생성농도가 최고점에 달하는 산의 농도가 있으며, 그 농도의 전후에서는 당의 생성율과 재분해율이 균형을 이루지 못하여 당 생성농도가 저하된다고 보고하고 있다. 또한, 예비실험을 통하여 산가수분해 후 열처리하였을때 6N, 2시간 산 가수분해조건에서 ABTS 라디칼소거능에 의한 총항산화력이 22.18 mg AA eq/g으로 2N, 4시간 산가수분해조건인 8.161 mg AA eq/g에비해 유의적으로 증가하는 경향을 보여 6 N, 2시간을 가수분해 조건으로 선정하였다.

갈변도 및 5'-HMF 함량

6N, 2시간 가수분해시킨 녹두 가수분해물을 130°C에서 2시간 동안 열처리를 하였을 때 갈변반응 정도를 확인하기 위하여 열처리 전과 후의 갈변도 변화를 측정하였다(Table 2). 가수분해물의 열처리 후 갈변도는 2.31으로 무처리의 0.07에 비해 증가하였다($p < 0.05$). 또한 열처리 하지 않은 가수분해물도 1.10으로 무처리에 비해 높은 값을 나타내었으며, 가수분해시키지 않은 열처리에서는 0.17의 값을 나타내었다. 이러한 결과는 가수분해에 의해 생성된 유리당과 유리아미노산이 열처리에 의해 메일라드 반응을 일으켜 갈색물질인 멜라노이딘을 형성하였기 때문이라고 판단되며, 산처리 과정에서도 100°C로 열처리를 하기 때문에 메일

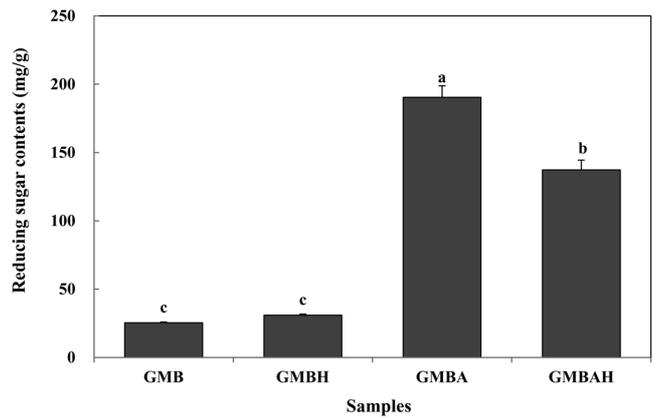


Fig. 3. Reducing sugar content of mung beans with acid hydrolysis and heat treatment conditions. GMB; gelatinated mung beans, GMBH; heated mung beans before acid hydrolysis, GMBA; acid hydrolysis mung beans, GMBAH; heated mung beans after acid hydrolysis. Values are mean±SD of 3 replicates. Means on the bars with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

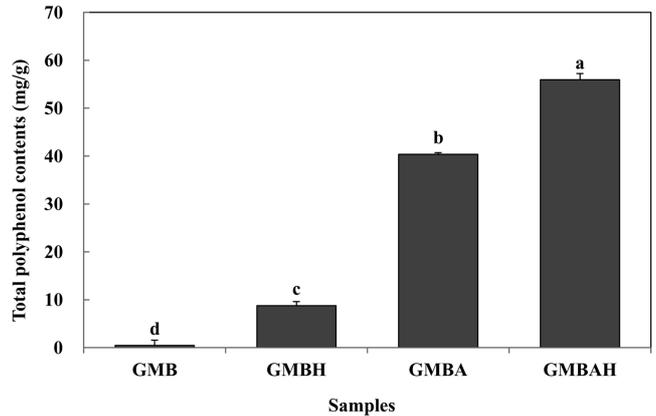


Fig. 4. Total polyphenol content of mung beans with acid hydrolysis and heat treatment conditions. GMB; gelatinated mung bean, GMBH; heated mung beans before acid hydrolysis, GMBA; acid hydrolysis mung beans, GMBAH; heated mung beans after acid hydrolysis. Values are mean±SD of 3 replicates. Means on the bars with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

라드반응이 유도되었을 것이라 판단된다. Kim 등(30)에 의하면 열처리 온도 및 압력이 증가할수록 탈지대두단백 산가수분해물의 갈변도는 증가한다 하였는데 본 연구에서도 열처리시 갈변도가 증가하였다.

메일라드반응의 중간생성물을 확인하고자 5'-HMF의 함량을 측정 한 결과 무처리와 가수분해 시키지 않은 열처리에서는 검출되지 않았지만 가수분해 시킨 시료와 열처리 시료에서는 5'-HMF 함량이 증가하였다(Table 2). 가수분해 후 열처리 시 5'-HMF 함량은 81.61 mg/g으로 가수분해만 하였을 때의 18.64 mg/g 보다 증가하였다($p < 0.05$). 마늘과 배를 열처리할 경우에도 열처리온도와 시간이 증가함에 따라 5'-HMF의 함량이 증가하는 것으로 나타났으며(10,11), 본 실험에서도 가수분해 및 열처리에 의해 유도된 메일라드 반응에 의해 5'-HMF함량이 증가한 것으로 판단된다.

환원당함량

녹두 가수분해물을 130°C에서 2시간 동안 열처리를 하였을 때

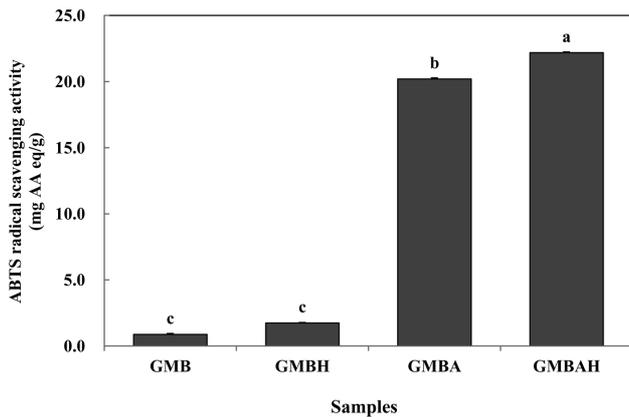


Fig. 5. ABTS radical scavenging activity of mung beans with acid hydrolysis and heat treatment conditions. GMB; gelatinated mung beans, GMBH; heated mung beans before acid hydrolysis, GMBA; acid hydrolysis mung beans, GMBAH; heated mung beans after acid hydrolysis. Values are mean \pm SD of 3 replicates. Means on the bars with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

환원당 함량 변화를 나타낸 결과는 Fig. 3과 같다. 가수분해 후 열처리 시 환원당 함량은 137.34 mg/g으로 열처리 전 가수분해만 하였을 경우 190.48 mg/g보다 낮은 함량을 나타내었다($p < 0.05$). 이러한 결과는 가수분해를 통해 생성된 환원당이 열처리 후 메일라드 반응에 의해 유리아미노산과 축합하여 MRPs(Maillard reaction products)를 형성하고 반응에 소모된 만큼의 환원당이 감소하였기 때문이라 판단된다(31).

총 폴리페놀 함량

녹두 가수분해물을 130°C에서 2시간 동안 열처리를 하였을 때 총 폴리페놀 함량변화를 나타낸 결과는 Fig. 4와 같다. 가수분해 후 열처리 시 총 폴리페놀 함량은 55.95 mg/g으로 가수분해와 열처리를 하지 않은 무처리의 0.44 mg/g에 비해 높게 나타났다($p < 0.05$).

Kim 등(32)의 연구에 의하면 멜론, 사과, 토마토, 참외 및 수박 등의 6가지 과채류 모두 열처리 온도가 증가함에 따라 총 폴리페놀함량이 증가하였으며, 참외의 경우 무처리에서 0.40 mg/g이었던 것이 150°C에서는 2.80 mg/g으로 증가한다는 연구결과로 미루어 볼 때, 본 실험에서의 총 폴리페놀 함량의 증가는 녹두의 전분과 단백질에 결합된 고분자의 페놀성 화합물이 산가수분해와 고온고압의 열처리에 의해 저분자의 페놀성 화합물로 전환되었거나, 녹두에 존재하는 페놀화합물의 결합이 파괴되어 총 폴리페놀 함량이 증가한 것으로 생각된다(32,33).

ABTS에 의한 총 항산화력

녹두 가수분해물을 130°C에서 2시간 동안 열처리를 하였을 때 ABTS 라디칼 소거능에 의한 총항산화력(AEAC)의 변화는 Fig. 5와 같다. 가수분해 및 열처리 구간 모두 무처리에 비해 총 항산화력이 증가하였다. 무처리 및 단순 열처리시에는 각각 0.16 및 1.75 mg AA eq/g이었지만 가수분해 및 가수분해 후 열처리 시에는 각각 22.15 및 22.18 mg AA eq/g으로 증가하였다. 이러한 결과는 가수분해를 통해 유리당과 유리아미노산이 생성된 조건에서 열처리하면 메일라드 반응에 의해 MRPs 생성이 증대되며, 이에 따라 항산화 활성을 가진 물질이 생성되어 항산화효과가 증가되었을 것으로 생각된다(32). 또한 식물체를 열처리할 경우 결

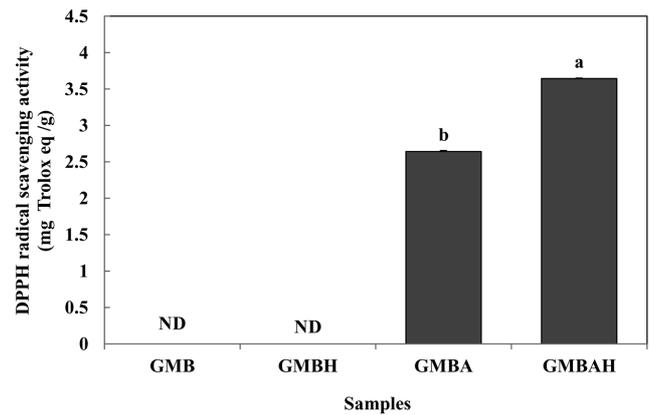


Fig. 6. DPPH radical scavenging activity of mung beans with acid hydrolysis and heat treatment conditions. GMB; gelatinated mung bean, GMBH; heated mung beans before acid hydrolysis, GMBA; acid hydrolysis mung beans, GMBAH; heated mung beans after acid hydrolysis. ND: Not detected. Values are mean \pm SD of 3 replicates. Means on the bars with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

합형의 폴리페놀 성분이 유리형으로 전환되어 활성이 증가한다고 보고한 것과 같이(35,36) 녹두를 가수분해 및 열처리할 경우 유리형의 페놀화합물이 증가하여 항산화효과가 증가한 것으로 판단된다.

DPPH에 의한 전자공여능

녹두 가수분해물을 130°C에서 2시간 동안 열처리를 하였을 때 DPPH 라디칼을 이용한 전자공여능을 측정된 결과는 Fig. 6과 같다. 무처리와 가수분해를 하지 않은 열처리구에서는 전자공여능이 나타나지 않은 반면 가수분해 후 열처리 시에는 3.644 mg Trolox eq/g의 값을 나타내어 전자공여능이 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 이는 메일라드반응에 의해 MRPs 생성이 증대되며 이에 따라 DPPH에 의한 전자공여능이 증가되었을 것으로 판단된다(34). 또한 가수분해 및 열처리 시 전자공여능이 증가한 원인은 총 항산화력(Fig. 5)에서와 마찬가지로 결합형 폴리페놀이 유리형으로 전환되는 것과 함께 가수분해 및 열처리에 따라 MRPs 등의 새로운 화합물의 생성되어 전자공여능이 증가하는 것으로 생각된다(35,36).

요 약

본 연구는 전분 및 단백질 함량이 높은 녹두를 산으로 가수분해 시킨 다음 열처리를 통한 항산화 활성의 변화를 조사하였다. 유리당 및 유리아미노산 최대생성 가수분해조건은 6N 염산으로 2시간 처리조건으로 선정하였으며, 130°C에서 2시간 열처리 한 다음 갈변도, 5'-HMF함량, 환원당, 항산화 성분 및 활성을 검토하였다. 갈변도는 가수분해 시키지 않은 열처리에서는 0.17이었던 반면 가수분해 후 열처리에서 2.31로 최대 값을 나타내었으며, 5'-HMF 함량도 산가수분해 시키지 않은 열처리에서는 검출되지 않았지만 가수분해 후 열처리에서 81.61 mg/g로 증가하였다. 환원당은 열처리 전 가수분해만 하였을 경우 190.48 mg/g이었지만 열처리 후 137.34 mg/g으로 감소하였다. 총 폴리페놀 함량은 가수분해 시키지 않은 열처리에서는 8.79 mg/g이었지만 열처리 후에는 55.95 mg/g으로 증가하였다. ABTS 라디칼소거능은 가수분해

시키지 않은 열처리에서는 1.75 mg AA eq/g이었지만 열처리 후에는 22.18 mg AA eq/g으로 증가하였으며, DPPH 라디칼소거능은 0에서 3.644 mg Trolox eq/g으로 증가하였다.

문 헌

- Noh MJ, Kwon JH, Byun MW. Water-soluble components of small red bean and mung bean exposed to γ -irradiation and methyl bromide fumigation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 33: 184-189 (2001)
- Oh HS, Kim JH, Lee MH. Isoflavone content, antioxidative, and fibrinolytic activities of red bean and mung bean. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.* 19: 263-270 (2001)
- Kim OK, Gu YA, Jeong YJ. Characteristics of mung bean powders after various hydrolysis protocols. *Korean J. Food Preserv.* 14: 301-307 (2007)
- Choi JH, Kim SO, Kim KS, Lee MY. Effect of mung bean sprouts juice on cadmium-induced hepatotoxicity in rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 27: 980-986 (1998)
- Chang SM, Nam SH, Kang MY. Screening of the antioxidative activity, antimutagenicity, and mutagenicity of the ethanolic extracts from legumes. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34: 1115-1122 (2002)
- Rim AR, Jung ES, Kim SY, Lee SC. Effect of far-infrared irradiation and heat treatment on the antioxidant activity of extracts from defatted soybean meal. *Korean J. Soc. Appl. Biol. Chem.* 48: 400-403 (2005)
- Lee YR, Lee YK, Hwang IK, Woo KS, Han CS, Jeong HS. Evaluation of heated processing temperature and time on functional properties of garlic juice. *J. Food Sci. Nutr.* 13: 327-333 (2008)
- Woo KS, Jang KI, Kim KY, Lee HB, Jeong HS. Antioxidative activity of heat treated licorice (*Glycyrrhiz uralensis* Fisch) extracts. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 355-360 (2006)
- Yang SJ, Woo KS, Yoo JS, Kang TS, Noh YH, Lee JS, Jeong HS. Change of Korean ginseng components with high temperature and pressure treatment. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 521-525 (2006)
- Hwang IG, Woo KS, Kim TM, Kim DJ, Yang MH, Jeong HS. Change of physicochemical characteristics of Korean pear (*Pyrus pyrifolia* Nskai) juice with heat treatment condition. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 342-347 (2006)
- Kwon OC, Woo KS, Kim TM, Kim DJ, Hong JT, Jeong HS. Physicochemical characteristics of garlic (*Allium sativum* L.) on the high temperature and pressure treatment. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 331-336 (2006)
- Kim HY, Woo KS, Hwang IG, Lee YR, Jeong HS. Effects of heat treatments on the antioxidant activities of fruits and vegetables. *Korean J. Food Sci. Technol.* 40: 166-170 (2008)
- Gomyo T, Miura M. Melanoidin in foods, chemical, and physiological aspects. *J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.* 36: 331-340 (1983)
- Hill VM, Ledward DA, Ames JM. Influence of high hydrostatic pressure and pH on the rate of Maillard browning in a glucose-lysine system. *J. Agr. Food Chem.* 44: 594-598 (1996)
- Lim WY, Kim JS, Moon GS. Antioxidative effect and characteristics of different model melanoidins with same color intensity. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29: 1045-1051 (1997)
- Maillard MN, Billaud C, Chow YN, Ordonaud C, Nicolas J. Free radical scavenging inhibition of polyphenoloxidase activity and copper chelating properties of model. *LWT-Food Sci. Technol.* 40: 1434-1444 (2007)
- Hwang IG, Kim HY, Lee SH, Woo KS, Ban JO, Hong, JT, Yu KW, Lee J, Jeong HS. Isolation and identification of an antiproliferative substance from fructose-tyrosine Maillard reaction products. *Food Chem.* 130: 547-551 (2012)
- Hwang IG, Woo KS, Kim DJ. Isolation and identification of an antioxidant substance from heated garlic (*Allium sativum* L.). *Korean J. Food Sci. Technol.* 16: 963-966 (2007)
- RDA. Food Composition Table. 6th ed. National Rural Living Science Institute. Rural Development Administration, Suwon, Korea. pp. 68 (2001)
- AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. pp. 31 (1990)
- Kang KJ, Kim K, Lee SK. Relationship between molecular structure of acid-hydrolyzed rice starch retrogradation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29: 876-881 (1997)
- Luchsinger WW, Cornesky RA. Reducing power by the dinitrosalicylic acid method. *Anal. Biochem.* 4: 346-347 (1962)
- Laemmli UK. Celavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227: 680-685 (1970)
- Lee JH, Koh JA, Hwang EY, Hong SP. Quantitative determination of 5-hydroxymethyl-2-furaldehyde in the *Rehmanniae radix* preparata samples at various processing stages. *Korean J. Her.* 17: 145-149 (2002)
- Dewanto V, Xianzhong W, Liu RH. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J. Agr. Food Chem.* 50: 4959-4964 (2002)
- Choi Y, Kim MH, Shin JJ, Park JM, Lee J. The antioxidant activities of the some commercial teas. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32: 723-727 (2003)
- Kim AK, Kim SK, Lee AR. Comparison of chemical composition and gelatinization property of mungbean flour and starch. *Korean J. Soc. Food Sci.* 11: 472-478 (1995)
- Kim MJ, Kim KS. Functional and chemical composition of 'Hwanggumkong', 'Yakong', and 'Huktae'. *Korean J. Food Cookery Sci.* 21: 844-850 (2005)
- Romero I, Ruiz E, Castro E, Moya M. Acid hydrolysis of olive tree biomass. *Chem. Eng. Res. Des.* 88: 633-640 (2010)
- Kim YS, Moon JH, Kim MH. Physicochemical properties and antioxidant activities of Maillard reaction products from defatted hydrolyzed soybean protein with various sugars. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 62-69 (2009)
- Song YB, Lee JE. The antioxidant effect of hot water extract from the dried radish with pressurized roasting. *Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 1179-1186 (2010)
- Kim HY, Woo KS, Hwang IG, Lee YR, Jung HS. Effects of heat treatments on the antioxidant activities of fruits and vegetables. *J. Korean Sci. Food. Technol.* 40: 166-170 (2008)
- Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and poly phenolic compounds of *shiitake* mushroom. *Food Chem.* 99: 381-387 (2006)
- Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 26: 1199-1203 (1958)
- Yildiz F, Westhoff D. Associative growth of lactic acid bacteria in cabbage juice. *J. Food Sci.* 40: 962-963 (1995)
- Turkmen N, Sari F, Velioflu YS. The effect of cooking methods total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *J. Agr. Food Chem.* 93: 713-718 (2005)