

품종별 팥 메탄올 추출물의 항산화성분 및 항산화활성

우관식* · 송석보 · 고지연 · 서명철 · 이재생 · 강종래 · 오병근 · 남민희 · 정현상¹ · 이준수¹
농촌진흥청 국립식량과학원 기능성작물부, ¹충북대학교 식품공학과

Antioxidant Components and Antioxidant Activities of Methanolic Extract from Adzuki Beans (*Vigna angularis* var. *nipponensis*)

Koan Sik Woo*, Seuk Bo Song, Jee Yeon Ko, Myung Chul Seo, Jae Saeng Lee, Jong Rae Kang, Byeong Geun Oh, Min Hee Nam, Heon Sang Jeong¹, and Junsoo Lee¹

Department of Functional Crop, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration
¹Department of Food Science and Technology, Chungbuk National University

Abstract In this study, the antioxidant compounds and antioxidant activities of adzuki beans were measured to evaluate their functional properties and to compare them to Daepung and Taekwang. Proximate compositions and mineral contents of the various adzuki beans were not significantly different. A high level of dietary fiber (14.81%) was found in Chilbo-pat. The extraction yields of Daepung and Taekwang were 38.70 and 34.61%, respectively; however the yields of the various adzuki beans were lower at 13.78-20.76%. The total polyphenol and flavonoid content of the various adzuki beans were 19.00-34.75 and 12.97-28.95 mg/g, respectively (Daepung: 14.40 and 3.96 mg/g, Taekwang: 10.7 and 2.61 mg/g). High levels of polyphenols (34.75 mg/g) and flavonoids (28.95 mg/g) were found in Miryang 6. The total anthocyanin and proanthocyanidin contents of the various adzuki beans ranged from 5.89-23.77 and 1.83-3.29 mg/g, respectively. A high level of total tocopherol content (7.66 mg/100 g) was found in Yungum-pat. High levels of ABTS radical (2.44 mg TEAC/mg extract residue) and DPPH radical scavenging activities (4.46 mg TEAC/mg extract residue) were found in Miryang 6. A significant correlation was also noted between free radical scavenging activity and polyphenolic compound content. The results of this study suggest that notable antioxidant activities in various adzuki beans could have significant health benefits.

Key words: adzuki beans (*Vigna angularis* var. *nipponensis*), polyphenolics, proanthocyanidin, antioxidant activity

서 론

팥(*Adzuki bean*, *Vigna angularis* var. *nipponensis*)은 찜떡익식물 장미목 콩과의 한해살이풀로 중국, 한국, 일본 등 극동아시아의 온대지역에서 주로 재배되고 있어 동양이 원산지인 것으로 추정되며(1), 우리나라는 중국에서 전파되어 재배된 것으로 추정되고 있다(2). 팥은 우리나라에서 콩 다음으로 중요한 두류작물로 콩에 비해 수량은 낮으나, 기후 및 토양에 적응성이 양호하여 작부체계에 유용하게 이용될 수 있으며, 생태형, 초형, 개화일수, 엽형 및 종피색 등에 의해 분류된다(1). 콩 다음으로 수요가 많은 팥은 단백질과 지방질 함량이 낮고 탄수화물이 높은 두류로 구성성분의 대부분은 전분으로 이루어져 있으며(3), 팥은 100 g당 337 kcal의 열량을 내는 것으로 보고되어 있다(4). 보통 밥밑용으로 이용되며, 팥죽이나 떡, 빵, 과자 등의 속재료 뿐만아니라 양

금과 양갱, 빙과제조용으로도 많이 이용되고 있다(5).

팥은 비타민 B1이 풍부하여 쌀에 혼반할 경우 쌀밥에 부족하기 쉬운 비타민을 공급하여 주며, 각기병뿐만 아니라 피로회복에도 효과가 있다(2). 단백질의 대부분은 글리시닌이고 발린을 제외한 필수아미노산이 풍부하며, 특히 쌀의 제한아미노산인 라이신 함량이 높아 혼식하면 아미노산 보충효과로 단백질의 질을 향상시켜 준다(6). 팥에 함유된 사포닌은 섬유질과 함께 변통을 돕는 효과가 있고 독을 풀고 배변을 촉진하여 장을 깨끗이 해주며, 신장병, 각기병, 숙취 등에도 이용된다(7). 팥의 색소는 anthocyanin 계열의 cyanidin으로 알려져 있으며(8), 이들 색소는 항산화(9) 및 항종양효과(10)를 나타내는 것으로 보고되었다. 그 외에 팥 단백질에 대한 연구보고(11-13)가 많이 있으며, 팥 껍질의 색소에 관한 연구(8,10), 팥의 수확속도에 대한 연구(14), 국산과 중국산 팥 전분의 이화학적 특성에 대한 연구(5) 등이 있다.

이처럼 팥에는 많은 효능이 있는 것으로 알려져 있으며, 건강에 대한 소비자의 관심이 증대되면서 팥에 대한 수요가 증가하고 있는 추세이다. 그러나 국내 유통되고 있는 팥의 대부분은 대부분 적색을 띠는 팥이 대부분으로 여러 종피색을 가지는 팥 품종에 대한 연구는 찾아보기 힘든 실정이다. 따라서 본 연구에서는 국내에 현재까지 개발된 팥의 이용성 증진을 위해 다양한 종피색의 우수한 팥 품종과 유망한 계통에 대해 항산화활성에 대한 결과를 보고하고자 한다.

*Corresponding author: Koan Sik Woo, Department of Functional Crop, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Miryang, Gyeongnam 627-803, Korea
Tel: 82-55-350-1269
Fax: 82-55-352-3059
E-mail: wooks@korea.kr
Received September 13, 2010; revised October 4, 2010; accepted October 7, 2010

재료 및 방법

시료 및 이화학적 특성 분석

본 연구에 사용된 팥 품종은 현재까지 품종으로 등록되어 있는 팥 품종을 사용하였으며, 국립식량과학원 기능성작물부에서 2009년 생산된 충주팥(Chungju-pat, CJ), 중부팥(Jungbu-pat, JB), 경원팥(Kyungwon-pat, KW), 새길팥(Saegil-pat, SG), 중원팥(Jungwon-pat, JW), 칠보팥(Chilbo-pat, CB), 연금팥(Yungum-pat, YG) 및 금실팥(Kumsil-pat, KS) 등 8품종과 유망계통인 밀양6호(Miryang 6, MY6) 및 밀양8호(Miryang 8, MY8) 등 총 10종을 사용하였다. 대조군으로 대표적인 대두인 대풍(Daepung, DP) 및 태광(Taekwang, TK)콩을 사용하였다. 충주팥, 중부팥, 경원팥, 새길팥, 밀양6호 및 밀양8호의 종피색은 붉은색이며, 중원팥은 회색, 칠보팥은 검정색, 연금팥은 연녹색, 금실팥은 노란색의 종피색을 띤다. 시료의 수분함량은 105°C 상압가열건조법으로 측정하였으며, 단백질함량은 Kjeldahl 질소정량법을 이용하여 정량하였고 회분함량은 550°C 직접회화법으로 측정하였고 식이섬유 함량은 megazyme total dietary fiber kit(Megazyme, Wicklow, Ireland)를 이용하여 측정하였다. 무기성분의 함량은 550°C에서 회화한 후 0.5 N 질산을 가하여 가온해서 녹이고 GF/C여과지로 여과한 다음 정용하여 ICP(Inductively Coupled Plasma, Optima-3300DV, Perkin-Elmer, Norwalk, CT, USA)로 분석하였다.

메탄올 추출물제조

12종의 시료를 Vibrating sample mill(CMT Co. Ltd., Tokyo, Japan)로 분쇄하여 일정량의 시료를 취하여 80% 메탄올로 2시간 동안 3회 진탕추출(SK-71 Shaker, JEIO Tech, Kimpo, Korea)한 다음 여과하여 감압농축(Eyela N-1000, Tokyo, Japan) 및 동결건조(FDT-8612, OPERON, Kimpo, Korea)하여 추출수율을 측정하였으며, -20°C 냉동고에 보관하면서 시료로 사용하였다. 분석 전에 시료를 추출용매로 재용해하여 분석시료로 사용하였으며, 성분은 시료중의 표준물질에 대한 상당량으로 표현하였으며, 항산화활성은 Trolox(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 표준물질로 사용하여 추출시료에 대한 Trolox 당량으로 산출하였다.

총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 측정

추출물에 대한 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu phenol reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다(15). 각 추출물 50 μ L에 2% Na_2CO_3 용액 1 mL를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich) 50 μ L를 가하였다. 30분 후, 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였고, 표준물질인 gallic acid(Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였고, 회귀식은 $y=0.0039x-0.0063$ ($R^2=0.9965$)로 나타났으며, 시료 g 중의 mg gallic acid(dry basis)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 Dewanto 등(6)의 방법에 따라 추출물 250 μ L에 증류수 1 mL와 5% NaNO_2 75 μ L를 가한 다음, 5분 후 10% $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 150 μ L를 가하여 6분 방치하고 1 N NaOH 500 μ L를 가하였다. 11분 후, 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다. 표준물질인 (+)-catechin(Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였고, 회귀식은 $y=0.0022x-0.0235$ ($R^2=0.9985$)로 나타났으며, 시료 g 중의 mg catechin(dry basis)로 나타내었다.

총 Anthocyanin 및 Proanthocyanidin 함량 측정

메탄올 추출물의 총 anthocyanin 함량은 Türker와 Erdogdu(16)의

방법에 따라 pH differential method를 이용하여 측정하였다. 각 methanol 추출물 일정량에 0.025 M potassium chloride buffer(pH 1.0)와 0.4 M sodium acetate buffer(pH 4.5)를 각각 혼합하여 반응액의 흡광도 값을 510 nm와 700 nm에서 측정하였다. 총 anthocyanin 함량(mg/g)은 cyanidin-3-glucoside의 몰흡광계수($\epsilon=26,900 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$)를 이용하여 산출하였다. Proanthocyanidin의 함량은 vanillin-sulfuric acid법(17)을 변형하여 측정하였다. 분쇄된 시료 100 mg에 메탄올 1 mL를 가하여 교반한 후 1%(w/v) 바닐린/메탄올을 2 mL 첨가하여 교반하였다. 여기에 25%(v/v) 황산/메탄올을 2 mL 첨가하고 교반하여 30°C에서 15분간 진탕하고 메탄올 1 mL를 첨가하여 교반하였다. 4,000 rpm으로 10분간 원심분리하고 상등액을 취하여 500 nm에서 흡광도를 측정하였으며, (+)-catechin(Sigma-Aldrich)로 표준물질로 검량선($y=0.0004x$, $R^2=0.9987$)을 작성하여 시료 g중의 mg catechin(dry basis)로 나타내었다.

Tocopherol과 tocotrienol의 분석

추출물의 tocopherol과 tocotrienol의 분석은 methanol 추출물 일정량을 질소가스를 이용하여 증발시킨 후 다시 동량의 이동상으로 재용해하여 순상 HPLC로 분석하였다(18). HPLC 장치로는 solvent delivery pump M930(Young Lin Instrument Inc., Anyang, Korea)과 형광검출기(LC305, Thermo Separation Products Inc., San Diego, CA, USA)를 이용하였으며, 분석컬럼은 Merck사로부터 LiChrosphere® Diol 100 column(250 \times 4 mm, i.d. 5 μ m, Hibar Fertigsaupe RT, Darmstadt, Germany)을 사용하였다. 형광검출기의 excitation wavelength는 290 nm, emission wavelength는 330 nm를 이용하였고 이동상은 1.2% isopropanol을 함유한 *n*-hexane을 사용하였으며, 유속은 0.9 mL/min이었다.

항산화활성 측정

추출물에 대한 항산화활성은 ABTS(2,2'-Azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich) 및 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich) radical의 소거활성을 측정하였다(19). ABTS radical의 소거활성은 ABTS 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4-1.5가 되도록 몰 흡광계수($\epsilon=3.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$)를 이용하여 메탄올로 희석하였다. 희석된 ABTS용액 1 mL에 추출액 50 μ L를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였다. DPPH radical의 소거활성은 0.2 mM DPPH용액(99.9% ethanol에 용해) 0.8 mL에 시료 0.2 mL를 첨가한 후 520 nm에서 정확히 30분 후에 흡광도 감소치를 측정한다. ABTS 및 DPPH radical의 소거활성은 mg TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity)/mg extract residue로 표현하였다.

통계분석

모든 데이터는 3회 반복 측정하였으며, 결과에 대한 통계분석은 SAS version 9.2(statistical analysis system, SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 품종별 성분 및 활성차이에 대한 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

품종별 팥의 일반성분 함량 및 메탄올 추출물의 추출수율

품종별 팥의 일반성분 및 무기성분의 함량을 건물중(w/w, dry basis)으로 측정한 결과 Table 1과 같이 나타냈다. 시료의 수분함

Table 1. Proximate composition and mineral contents of various beans

Sample ¹⁾	Proximate composition (%)				Minerals (ppm)			
	Moisture	Protein	Ash	Dietary fiber	K	Na	Ca	Mg
DP	9.17±0.43 ²⁾³⁾	34.75±1.77 ^a	1.48±0.14 ^{ab}	0.50±0.11 ^c	245.70±5.96 ^a	48.47±0.40 ^a	45.78±0.19 ^a	7.48±0.11 ^{de}
TK	12.68±0.38 ^{cd}	31.16±0.40 ^b	1.72±0.03 ^a	0.48±0.48 ^c	230.72±0.05 ^b	49.76±1.47 ^a	38.38±0.05 ^b	9.11±0.16 ^{cd}
CJ	13.84±1.18 ^{bc}	20.03±0.49 ^{def}	0.91±0.24 ^e	6.78±0.67 ^b	194.78±0.24 ^d	18.73±0.23 ^{bc}	25.63±0.66 ^h	4.01±0.36 ^f
JB	12.95±1.17 ^{cd}	22.69±0.09 ^c	1.08±0.17 ^{bc}	4.01±4.28 ^{bcd}	179.11±2.49 ^e	20.29±0.91 ^{bc}	33.68±0.40 ^c	4.30±1.16 ^{ef}
KW	11.99±0.47 ^d	21.72±0.13 ^{cd}	0.97±0.17 ^c	5.04±2.48 ^{bcd}	187.69±1.67 ^e	16.85±2.92 ^e	28.04±0.72 ^f	5.61±0.64 ^{ef}
SG	16.41±0.62 ^a	17.44±0.62 ^h	0.95±0.25 ^e	2.51±1.50 ^{cde}	188.72±1.01 ^e	18.48±0.32 ^{bc}	28.30±0.04 ^f	9.56±1.81 ^{cd}
JW	12.10±0.30 ^d	19.63±1.33 ^{efg}	0.63±0.16 ^e	1.56±0.06 ^{de}	180.67±3.22 ^{fg}	20.08±0.06 ^{bc}	24.24±0.16 ⁱ	4.88±0.44 ^{ef}
CB	14.67±0.46 ^b	18.56±0.88 ^{fgh}	0.82±0.09 ^e	14.81±1.32 ^a	170.44±0.27 ^h	18.25±0.22 ^{bc}	26.80±0.21 ^g	4.62±0.05 ^{ef}
YG	13.58±0.74 ^{bcd}	17.91±0.49 ^{gh}	0.70±0.01 ^e	5.66±0.88 ^{bc}	184.93±0.22 ^{ef}	18.60±0.30 ^{bc}	29.55±0.32 ^{de}	6.52±2.80 ^{def}
KS	12.27±0.78 ^{cd}	20.09±1.02 ^{def}	0.64±0.18 ^e	5.54±0.22 ^{bc}	197.78±0.32 ^d	18.49±0.35 ^{bc}	28.70±0.08 ^{ef}	11.71±2.32 ^c
MY 6	12.19±0.78 ^{cd}	20.84±0.04 ^{de}	0.76±0.20 ^e	3.80±0.55 ^{bcd}	199.05±0.77 ^d	21.13±3.72 ^b	27.80±0.65 ^f	19.36±1.87 ^b
MY 8	12.61±0.33 ^{cd}	23.13±0.18 ^c	0.89±0.18 ^e	1.37±0.07 ^{de}	205.40±4.53 ^c	20.30±0.03 ^{bc}	29.79±0.40 ^d	23.70±0.09 ^a

¹⁾DP: Daepung, TK: Taekwang, CJ: Chungju-pat, JB: Jungbu-pat, KW: Kyungwon-pat, SG: Saegil-pat, JW: Joongwon-pat, CB: Chilbo-pat, YG: Yungum-pat, KS: Kumsil-pat, MY 6: Miryang 6, MY 8: Miryang 8.

²⁾Each value is mean±SD (n=3).

³⁾Values with different superscripts are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple ranged test (row).

량은 대풍콩이 9.17%로 가장 낮았고 새길팥이 16.41%로 가장 높게 나타났다. 단백질함량은 대조군으로 사용한 장류콩인 대풍콩과 태광콩이 각각 34.75 및 31.16%로 높게 나타났으며, 팥의 경우 17.44-23.13%로 대조군보다는 낮게 나타났다. 회분함량의 경우 대조군은 각각 1.48 및 1.72%로 나타났으며, 팥의 경우 0.63-1.08%로 대조군보다는 낮게 나타났다. 식이섬유 함량을 측정할 결과 대조군은 각각 0.50 및 0.48%로 나타났으며, 팥의 경우 1.56-14.81%로 나타나 품종간에 유의적인 차이를 보였으며, 특히 칠보팥(14.81%)의 식이섬유 함량이 가장 높게 나타났다. 시료의 무기성분의 함량을 측정할 결과 칼륨, 칼슘, 마그네슘 및 나트륨 함량이 대조군인 대풍콩에서 각각 245.73, 48.47, 45.78 및 7.48 ppm으로 나타났고 태광콩은 230.72, 49.76, 38.38 및 9.11 ppm으로 나타났다. 품종별 팥의 무기성분의 함량은 나트륨을 제외하고는 전체적으로 대조군보다 낮은 함량을 보였으며, 칼륨의 함량은 170.44-205.40 ppm, 칼슘은 16.85-21.13 ppm, 마그네슘은 24.24-33.68 ppm, 나트륨은 4.01-23.70 ppm의 함량을 나타내었다.

품종별 팥을 80% 메탄올로 추출하여 용매를 완전히 제거한 후 수율을 측정할 결과 Table 2와 같이 나타났다. 항산화활성 측정에서 추출물의 수율은 중요한 요소로 작용하며 항산화성분의 추출은 용매에 대한 용해도 차이로 인해 차이가 있을 수 있다(20). Zielinski와 Kozłowska(21)는 메탄올을 사용하였을 경우 그 추출물의 높은 항산화활성과 항산화성분 함량을 보고하여 본 연구에서 메탄올을 추출용매로 사용하였다. 추출수율은 태광콩과 대풍콩이 각각 38.70 및 34.61%로 높은 추출수율을 보였다. 팥의 경우 칠보팥, 금실팥 및 밀양8호가 각각 20.76, 20.33 및 20.16%로 비교적 높은 수율을 보였으며, 중부팥이 13.78%로 가장 낮은 수율을 나타내었다.

품종별 팥의 항산화성분 함량

곡류에 함유되어 있는 항산화 물질 중 polyphenolic 화합물들은 우수한 항산화력을 가지는 것으로 알려져 있으며, 이는 free radical을 안정화시킬 수 있는 phenolic ring의 존재 때문인 것으로 보고되어져 있다(22). Folin-Ciocalteu phenol reagent가 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 윈리(15)로 총 polyphenol 함량을 측정할 결과 Table 2와 같이

품종 간에 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 대풍콩 및 태광콩의 총 polyphenol 함량은 14.40 및 10.7 mg/g으로 나타났으며, 품종별 팥 추출물의 총 polyphenol 함량은 19.00-34.75 mg/g으로 대조군보다 높은 함량을 보이는 것으로 나타났다. 밀양6호의 총 polyphenol 함량은 34.75 mg/g으로 가장 높은 함량을 보였으며, 중원팥과 칠보팥 또한 각각 30.84 및 30.61 mg/g의 높은 함량을 나타내었다.

Flavonoid는 주로 anthocyanidins, flavonols, flavones, catechins 및 flavanones 등으로 구성되어 있으며, 그 구조에 따라 특정 flavonoid는 항산화 및 항균성 등 다양한 생리활성을 갖고 있는 것으로 보고되고 있다(22). 총 flavonoid 함량을 catechin 당량으로 측정할 결과 Table 2와 같이 품종 간에 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 대조군으로 사용한 대풍콩 및 태광콩의 총 flavonoid 함량은 3.96 및 2.61 mg/g으로 나타났으며, 품종별 팥 추출물의 총 flavonoid 함량은 12.97-28.95 mg/g으로 나타나 대조군보다 높은 함량을 보였다. 밀양6호의 총 flavonoid 함량은 28.95 mg/g으로 가장 높은 함량을 보였으며, 중원팥, 새길팥 및 연금팥이 각각 24.77, 21.37 및 20.27 mg/g의 비교적 높은 함량을 나타내었다.

품종별 팥의 총 anthocyanin 함량을 측정할 결과 Table 2와 같이 품종 간에 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 대풍콩 및 태광콩의 총 anthocyanin 함량은 1.27 및 1.75 mg/g으로 나타났으며, 품종별 팥 추출물의 총 anthocyanin 함량은 5.89-23.77 mg/g으로 나타나 대조군보다 높은 함량을 보였으며, 종피색이 검은색인 칠보팥의 총 anthocyanin 함량은 23.77 mg/g으로 가장 높은 함량을 나타내었고 종피색이 회색인 중원팥이 9.38 mg/g으로 다른 품종에 비해 높은 함량을 보였다. Kong 등(20)은 흑진주버의 미강에 11.04 mg/g sample의 anthocyanin이 포함되어 있는 것으로 보고하였는데 본 연구에서 칠보팥에 더 많은 anthocyanin이 함유되어 있는 것으로 조사되었다. Elisia 등(23)은 anthocyanin이 풍부하게 함유된 blackberry가 17.1 mg/g 함유되어 있는 것으로 보고하였는데 이와 비교해 볼 때 칠보팥은 매우 뛰어난 천연 항산화제로서 좋은 급원이 될 것으로 생각한다. 또한 anthocyanin계 색소 중 대표적인 cyanidin-3-glucoside와 peonidin-3-glucoside는 peroxy radical과 hydroxyl radical에 의해 발생하는 DNA손상을 저

Table 2. Extraction yields and Antioxidant compounds of the methanolic extracts from various beans

Sample ¹⁾	Yield (%)	Antioxidant compounds (mg standard equivalents/g sample)			
		Polyphenol	Flavonoid	Anthocyanin	Proanthocyanidin
DP	34.61±1.57 ^{2)bs)}	14.40±0.69 ^j	3.96±1.36 ^g	1.27±0.51 ^h	0.29±0.04 ^c
TK	38.70±1.75 ^a	10.73±0.99 ^k	2.61±1.16 ^h	1.75±0.28 ^g	0.28±0.11 ^c
CJ	17.68±0.80 ^c	22.56±0.77 ^g	17.45±1.01 ^d	6.67±0.38 ^{cde}	2.86±0.17 ^{ab}
JB	13.78±0.62 ^f	23.97±0.39 ^f	18.27±0.21 ^d	6.29±0.08 ^{ef}	3.29±0.04 ^a
KW	17.27±0.78 ^c	20.63±0.32 ^h	15.86±0.62 ^e	6.99±0.27 ^c	2.40±0.29 ^{bcd}
SG	16.78±0.76 ^c	28.01±0.77 ^c	21.37±0.18 ^c	6.57±0.12 ^{cde}	3.28±1.03 ^a
JW	18.59±0.84 ^{de}	30.84±0.20 ^b	24.77±0.09 ^b	9.38±0.16 ^b	2.63±0.17 ^{bc}
CB	20.76±0.94 ^c	30.61±0.22 ^b	18.54±0.72 ^d	23.77±0.60 ^a	2.77±0.06 ^{ab}
YG	18.25±0.83 ^c	25.74±0.43 ^e	20.27±0.66 ^c	6.87±0.14 ^{cd}	2.90±0.05 ^{ab}
KS	20.33±0.92 ^{cd}	19.00±0.18 ⁱ	12.97±0.16 ^f	6.49±0.57 ^{de}	1.83±0.07 ^d
MY 6	17.17±0.78 ^c	34.75±0.32 ^a	28.95±0.92 ^a	5.89±0.41 ^f	2.43±0.39 ^{bcd}
MY 8	20.16±0.91 ^{cd}	27.08±0.30 ^d	18.16±0.40 ^d	6.03±0.09 ^f	2.10±0.04 ^{cd}

¹⁾See the table 1.

²⁾Each value is mean±SD (n=3).

³⁾Values with different superscripts are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple ranged test.

Table 3. Tocopherol content in the methanolic extracts from various beans¹⁾

Sample ²⁾	α -T ³⁾	β -T	γ -T	δ -T	Total
DP	1.58±0.12 ^{4)ab6)}	0.03±0.01 ^b	11.85±1.10 ^a	5.35±0.52 ^a	18.80±1.74 ^a
TK	1.49±0.15 ^a	ND ⁶⁾	9.93±0.40 ^b	3.93±0.15 ^c	15.35±0.70 ^b
CJ	0.06±0.00 ^b	ND	1.64±0.27 ^d	4.21±0.95 ^{bc}	5.90±1.22 ^{cd}
JB	0.05±0.00 ^b	ND	1.86±0.13 ^{cd}	3.80±0.29 ^c	5.71±0.42 ^d
KW	0.10±0.03 ^b	2.77±0.36 ^a	ND	3.93±0.54 ^c	6.80±0.93 ^{cd}
SG	0.06±0.01 ^b	ND	1.63±0.10 ^d	4.08±0.11 ^c	5.77±0.22 ^{cd}
JW	0.05±0.01 ^b	ND	1.71±0.21 ^{cd}	4.29±0.14 ^{bc}	6.05±0.35 ^{cd}
CB	0.06±0.02 ^b	ND	2.17±0.12 ^{cd}	4.32±0.07 ^{bc}	6.55±0.21 ^{cd}
YG	0.06±0.00 ^b	ND	2.42±0.21 ^{cd}	5.19±0.15 ^{ab}	7.66±0.35 ^c
KS	0.04±0.00 ^b	ND	2.36±0.01 ^{cd}	3.84±0.11 ^c	6.24±0.12 ^{cd}
MY 6	0.06±0.01 ^b	ND	2.57±0.34 ^{cd}	4.49±0.66 ^{abc}	7.12±1.02 ^{cd}
MY 8	0.05±0.01 ^b	ND	2.62±0.14 ^c	3.68±0.21 ^c	6.36±0.34 ^{cd}

¹⁾Mean of duplicate determinations expressed as mg per 100 g of sample.

²⁾See the table 1.

³⁾Corresponding tocopherols (T).

⁴⁾Each value is mean±SD (n=3).

⁵⁾Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($p<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

⁶⁾Not detected.

해하고 low-densitylipoprotein의 산화를 억제하는 것으로 알려져 있다(24).

품종별 총 proanthocyanidin 함량을 측정된 결과 Table 2와 같이 품종 간에 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 대풍콩 및 태광콩의 총 proanthocyanidin 함량은 0.29 및 0.28 mg/g으로 나타났으며, 품종별 팥 추출물의 총 proanthocyanidin 함량은 1.83-3.29 mg/g으로 대조군보다 높은 함량을 보이는 것으로 나타났다. 중부팥 및 새길팥의 총 proanthocyanidin 함량은 3.29 및 3.28 mg/g으로 가장 높은 함량을 보였으며, 연금팥, 충주팥, 중부팥 및 중원팥이 각각 2.90, 2.86, 2.77 및 2.63 mg/g의 비교적 높은 함량을 나타내었다. Proanthocyanidin은 항산화, 항암, 항염증, 혈소판 응집억제 등 다양한 생리활성을 가지는 것으로 보고되었으며, 특히 항산화활성은 vitamin E의 20배, vitamin C의 50배에 달하는 것으로 보고되었다(25). 포도씨의 경우 최고 0.55 mg/g으로 알려져 있는데(26), 품종별 팥의 proanthocyanidin은 이보다 높은 함량을 보이는 것으로 나타났다. 이상의 결과를 볼 때 국내에서 개발

된 팥 품종은 대표적인 항산화성분인 polyphenol, flavonoid, anthocyanin, proanthocyanidin 등을 다량 함유하고 있어 매우 뛰어난 천연 항산화제로서 좋은 급원이 될 것으로 생각한다.

품종별 팥의 vitamin E 함량은 순상 HPLC를 통해 8가지 유도체를 분리하였으며, 그 중 생리활성이 가장 큰 α -tocopherol을 기준으로 그 함량을 α -tocopherol equivalent(α -TE)로 나타낸 결과 Table 3과 같이 tocotrienol은 검출이 되지 않았다. 대풍콩 및 태광콩의 총 tocopherol 함량은 18.80 및 15.35 mg/100 g으로 나타났으며, 품종별 팥 추출물의 총 tocopherol 함량은 5.71-7.66 mg/100 g으로 나타나 장류콩인 대조군보다 낮은 함량을 보였다. 팥의 경우 연금팥이 7.66 mg/100 g으로 가장 높은 함량을 보였으며, 밀양 6호와 경원팥이 각각 7.12 및 6.80 mg/100 g으로 비교적 높은 함량을 나타내었다. 장류콩인 대풍콩 및 태광콩의 tocopherol 구성은 γ -tocopherol이 각각 11.85 및 9.93 mg/100 g으로 높은 함량을 보였으나 팥의 경우는 δ -tocopherol이 가장 높은 함량을 보였다. β -Tocopherol은 대풍콩(0.03 mg/100 g)과 경원팥(2.77 mg/100 g)에서

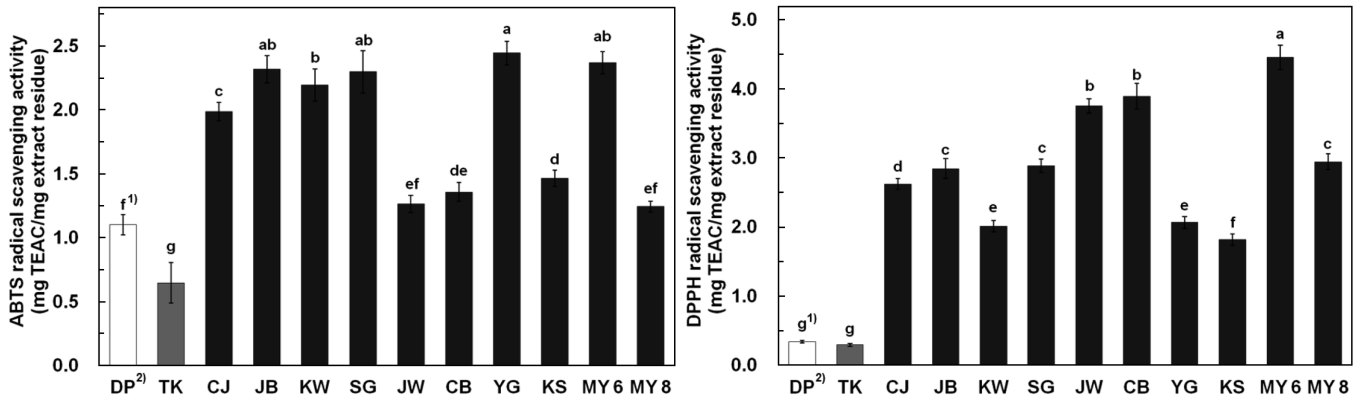


Fig. 1. ABTS and DPPH radical scavenging activities of methanolic extracts from various beans. ¹⁾Values with different superscripts are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple ranged test. ²⁾See the Table 1.

만 검출되었으며, 경원팥은 γ -tocopherol이 검출되지 않았다. Vitamin E는 생체막 불포화지방산의 산화를 방지하는 intracellular antioxidant로(27) 본 연구에 이용된 팥은 동맥경화 및 심혈관계질환 등의 만성질환 예방에 도움이 될 것으로 생각된다.

품종별 팥 메탄올 추출물의 항산화활성

혈장에서 ABTS radical의 흡광도가 항산화제에 의해 억제되는 것에 기초하여 개발된 ABTS radical소거활성법(28)과 ascorbic acid, tocopherol, polyhydroxy 방향족화합물, 방향족 아민 등에 의해서 환원되어 짙은 자색이 탈색됨으로써 항산화 물질의 전자공여능을 측정할 때 사용되고 있는 DPPH radical소거활성법(29)을 표준물질인 Trolox와 비교하여 나타낸 결과 Fig. 1과 같이 나타났다. ABTS radical소거활성법은 ABTS와 potassium persulfate를 압소에 방지하여 ABTS⁺이 생성되면 추출물의 항산화 활성에 의해 ABTS⁺ 소거되어 radical 특유의 색인 청록색이 탈색되는데 이를 흡광도 값으로 나타내어 추출물의 ABTS⁺ 소거 활성을 측정할 수 있다(28). 또한 전자공여능은 지질과산화의 연쇄반응에 관여하는 산화성 활성 free radical에 전자를 공여하여 산화를 억제시키는 척도가 되며, free radical은 인체 내에서 각종질병과 세포의 노화를 일으키므로 식물 추출물 등에서 항산화제로 작용할 수 있는 물질을 확인할 필요성이 있다(28). 대조군으로 사용한 대풍콩과 태광콩의 ABTS radical 소거활성은 각각 1.10 및 0.65 mg TEAC/mg extract residue로 나타났으며, DPPH radical 소거활성은 각각 0.34 및 0.29 mg TEAC/mg extract residue로 나타났다. 품종별 팥 추출물의 ABTS radical 소거활성은 밀양6호가 2.44 mg

TEAC/mg extract residue로 가장 높은 활성을 보였으며, 연금팥, 중부팥 및 새길팥이 각각 2.37, 2.32 및 2.30 mg TEAC/mg extract residue로 높은 활성을 보였다. DPPH radical 소거활성은 밀양6호가 4.46 mg TEAC/mg extract residue로 가장 높은 활성을 보였으며, 칠보팥 및 중원팥이 각각 3.89 및 3.75 mg TEAC/mg extract residue로 높은 활성을 보였다. 이처럼 두 radical이 차이를 보이는 것은 반응하는 성분의 차이로 생각되며, 성분에 대한 연구가 이루어져야할 것이다. 천연물의 항산화활성은 활성 radical에 전자를 공여하고 식품 중의 지방질 산화를 억제하는 특성을 가지고 있고 인체 내에서는 활성 radical에 의한 노화를 억제시키는 역할을 하고 있으며, radical 소거작용은 인체의 질병과 노화를 방지하는데 대단히 중요한 역할을 한다(30). 추출물의 ABTS 및 DPPH radical 등의 소거활성은 페놀류나 플라보노이드 물질에 기인하여 항산화 활성을 나타내는 것으로 볼 때(31), 밀양6호가 항산화활성이 높은 것도 이에 함유된 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량에 기인된 것으로 판단된다. 이상의 결과를 볼 때 국내에서 개발된 팥 품종은 우수한 항산화활성을 가지는 것으로 나타나 매우 뛰어난 천연 항산화제 개발에 이용될 수 있을 것으로 생각한다.

항산화성분과 활성과의 상관관계를 SAS program으로 분석한 결과 Table 4와 같이 유의성을 보이는 것으로 나타났다. 항산화 성분과 활성은 추출수율과 음의 상관관계를 보이는 것으로 나타났으며, 유의성도 있는 것으로 나타났다. 추출수율과 polyphenol, flavonoid, anthocyanin, proanthocyanidin, tocopherol, ABTS 및 DPPH radical 소거활성 간에 "r" 값은 각각 -0.7378($p < 0.01$),

Table 4. Correlation coefficients among extraction yield, total polyphenol, flavonoid, anthocyanin, proanthocyanidin and tocopherol contents, ABTS and DPPH radical scavenging activities of methanolic extract from adzuki beans

Factor	Yield	Polyphenol	Flavonoid	Anthocyanin	Proanthocyanidin	Tocopherol	ABTS	DPPH
Yield	1.0000	-0.7378**	-0.8428***	-0.3594	-0.9422***	0.9267***	-0.7831**	-0.7577**
Polyphenol	-	1.0000	0.9532***	-0.5472*	0.7459**	-0.7080**	0.4867	0.9651***
Flavonoid	-	-	1.0000	0.3811	0.8193**	-0.7961**	0.6435*	0.9287***
Anthocyanin	-	-	-	1.0000	0.4749	-0.4682	0.0271	0.5966*
Proanthocyanidin	-	-	-	-	1.0000	-0.8994***	0.7599**	0.7532**
Tocopherol	-	-	-	-	-	1.0000	-0.5794*	-0.7708**
ABTS	-	-	-	-	-	-	1.0000	0.4361
DPPH	-	-	-	-	-	-	-	1.0000

¹⁾* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

-0.8428($p<0.001$), -0.8428($p<0.001$), -0.9422($p<0.001$), 0.9267($p<0.001$), -0.7831($p<0.01$) 및 -0.7577($p<0.01$)로 나타났다. 또한 polyphenol, flavonoid, anthocyanin, proanthocyanidin, tocopherol 등의 대표적인 항산화성분과 ABTS 및 DPPH radical 소거활성간에 높은 상관관계를 보이는 것으로 나타났다.

요 약

본 연구에서는 품종별 팥 메탄올 추출물의 항산화성분과 항산화활성을 비교·분석하고자 하였다. 항산화성분으로 총 polyphenol, flavonoid, anthocyanin 및 proanthocyanidin 함량을 측정하였으며, 항산화활성은 ABTS와 DPPH radical 소거활성을 측정하였다. 품종별 팥의 일반성분과 무기성분의 함량은 품종간에 큰차이를 보이지 않았으며, 식이섬유 함량은 품종간에 유의적인 차이를 보였고 특히 칠보팥(14.81%)의 식이섬유 함량이 가장 높게 나타났다. 추출수율은 태광콩과 대풍콩이 각각 38.70 및 34.61%로 높은 추출수율을 보였으며, 칠보팥, 금실팥 및 밀양8호가 각각 20.76, 20.33 및 20.16%로 비교적 높은 수율을 보였고 중부팥이 13.78%로 가장 낮은 수율을 나타내었다. 품종별 팥 추출물의 총 polyphenol 및 flavonoid 함량은 각각 19.00-34.75 및 12.97-28.95 mg/g으로 대조군보다 높은 함량을 보이는 것으로 나타났으며, 특히 밀양6호는 각각 34.75 및 28.95 mg/g으로 가장 높은 함량을 보였다. 품종별 팥 추출물의 총 anthocyanin 및 proanthocyanidin 함량은 각각 5.89-23.77 및 1.83-3.29 mg/g으로 나타나 대조군보다 높은 함량을 보였다. 총 tocopherol 함량은 5.71-7.66 mg/100 g으로 나타났으며, 연금팥이 7.66 mg/100 g으로 가장 높은 함량을 보였다. ABTS와 DPPH radical 소거활성은 밀양6호 추출물이 각각 2.44 및 4.46 mg TEAC/mg extract residue로 가장 높은 활성을 보였다. 이상의 결과를 볼 때 국내에서 개발된 팥 품종은 높은 항산화성분과 우수한 항산화활성을 가지는 것으로 나타나 천연항산화제 개발에 이용될 수 있을 것으로 생각한다.

문 헌

- Rho CW, Son SY, Hong ST, Lee KH, Ryu IM. Agronomic characters of Korean adzuki beans (*Vigna angularis* (Willd.) Ohwi & Ohashi). Korean J. Plant Res. 16: 147-154 (2003)
- Chang KY, Han KS, Park JC. Studies on the selection in adzuki bean breeding. III. Phenotypic and genotypic correlations among some characters in the population of adzuki bean varieties. Res. Bull. Chingu Agric. College, Korea 7: 39-44 (1968)
- Koh KJ, Shin DB, Lee YC. Physicochemical properties of aqueous extracts in small red bean, mung bean and black soybean. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 854-859 (1997)
- Hwang CS, Jeong DY, Kim YS, Na JM, Shin DH. Effects of enzyme treatment on physicochemical characteristics of small red bean percolate. Korean J. Food Sci. Technol. 37: 189-193 (2005)
- Kim CG, Oh BH, Na JM, Sin DH. Comparison of physicochemical properties of Korean and Chinese red bean starches. Korean J. Food Sci. Technol. 35: 551-555 (2003)
- Chang HG. Information on Food for the Health of Modern People. Shinkwang Publishing Co., Seoul, Korea. pp. 46-50 (1999)
- Choi SY, Jeong YJ, Lee SJ, Chi OH, Chegal SA. Food and Health for Modern People. Dongmyungsa, Seoul, Korea. pp. 244-246 (2002)
- Yoshida K, Sato Y, Okuno R, Kameda K, Isobe M, Kondo T. Structural analysis and measurement of anthocyanin from colored seed coats of *Vigna*, *Phaseolus*, and *Glycine Lugumes* Biosci. Biotech. Bioch. 60: 589-593 (1996)
- Ariga T, Koshiyama I, Fukushima D. Antioxidative properties of procyanidins B-1 and B-3 from azuki beans in aqueous systems. Agr. Biol. Chem. 52: 2717-2722 (1988)
- Koide T, Hashimoto Y, Kamei H, Kojima T, Hasegawa M, Terabe K. Antitumor effect of anthocyanin fractions extracted from red soybeans and red beans *in vitro* and *in vivo*. Cancer Biother. Radio. 12: 277-280 (1997)
- Kim HJ, Sohn KH, Park HK. Emulsion properties of small red bean protein isolates. Korean J. Food Cookery Sci. 6: 9-14 (1990)
- Meng GT, Ma CY. Flow property of globulin from red bean (*Phaseolus angularis*). Food Res. Int. 34: 401-407 (2001)
- Meng GT, Ma CY. Thermal properties of *Phaseolus angularis* (red bean) globulin. Food Chem. 73: 453-460 (2001)
- Abu-Ghannam N. Modelling textural changes during the hydration process of red beans. J. Food Eng. 38: 341-352 (1998)
- Dewanto V, Xianzhong W, Liu RH. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. J. Agr. Food Chem. 50: 4959-4964 (2002)
- Türker N, Erdogdu F. Effects of pH and temperature of extraction medium on effective diffusion coefficient of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* var. L.). J. Food Eng. 76: 579-583 (2006)
- Baoshan S, Jorge M, Ricardo DS, Isabel S. Critical factors of vanillin assay for catechins and proanthocyanidins. J. Agr. Food Chem. 46: 4267-4274 (1998)
- Lee SM, Lee J. Tocopherol and tocotrienol contents of vegetable oils, margarines, butters, and peanut butters consumed in Korean diet. Food Sci. Biotechnol. 15: 183-188 (2006)
- Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of *shiitake* (*Lentinus edodes*) mushroom. Food Chem. 99: 381-387 (2006)
- Kong S, Choi Y, Kim Y, Kim DJ, Lee J. Antioxidant activity and antioxidant components in methanolic extract from 'Geumjong' rice. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38: 807-811 (2009)
- Zielinski H, Kozłowska H. Antioxidant activity and total phenolics in selected grains and their different morphological fractions. J. Agr. Food Chem. 48: 2008-2016 (2000)
- Middleton E, Kandaswami C. Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. Food Technol. -Chicago 48: 115-119 (1994)
- Elisia I, Hu C, Popovich DG, Kitts DD. Antioxidant assessment of an anthocyanin-enriched blackberry extract. Food Chem. 101: 1052-1058 (2007)
- Hu C, Zawistowski J, Ling W, Kitts DD. Black rice (*Oryza sativa* L. indica) pigmented fraction suppresses both reactive oxygen species and nitric oxide in chemical and biological model systems. J. Agr. Food Chem. 51: 5271-5277 (2003)
- John S, Jianmel Y, Joseph E, Yukio K. Polyphenolics in grape seeds-biochemistry and functionality. J. Med. Food 6: 291-299 (2003)
- Hwang IW, Lee HR, Kim SK, Zheng H Z, Choi JU, Lee SH, Lee SH, Chung SK. Proanthocyanidin content and antioxidant characteristics of grape seeds. Korean J. Food Preserv. 15: 859-863 (2008)
- Qureshi AA, Mo H, Packer L, Peterson DM. Isolation and identification of novel tocotrienols from rice bran with hypocholesterolemic, antioxidant, and antitumor properties. J. Agr. Food Chem. 48: 3130-3140 (2000)
- Kim JE, Joo SI, Seo JH, Lee SP. Antioxidant and α -glucosidase inhibitory effect of tartary buckwheat extract obtained by the treatment of different solvents and enzymes. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38: 989-995 (2009)
- Nieva MM, Sampietro AR, Vattuone MA. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. J. Ethnopharmacol. 71: 109-114 (2000)
- Kim SM, Cho YS, Sung SK. The antioxidant ability and nitrite scavenging ability of plant extracts. Korean J. Food Sci. Technol. 33: 626-632 (2001)
- Kang YH, Park YK, Lee GD. The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 624-630 (1996)