

작두콩 추출물의 화학적 특성 및 DPPH 라디칼 소거능

김종필 · 양용식 · 김진희 · 이향희 · 김은선 · 문용운 · 김진영¹ · 정재근*
광주광역시보건환경연구원, ¹전남대학교 식품공학과 및 기능성식품연구센터

Chemical Properties and DPPH Radical Scavenging Ability of Sword Bean (*Canavalia gladiata*) Extract

Jong-Pil Kim, Yong-Shik Yang, Jin-Hee Kim, Hyang-Hee Lee, Eun-Sun Kim,
Yong-Woon Moon, Jin-Young Kim¹, and Jae-Keun Chung*

Health and Environment Research Institute of Gwangju

¹Department of Food Science & Technology, and Functional Food Research Center, Chonnam National University

Abstract We investigated the chemical properties and antioxidant activities of sword bean (SWB) and compared it to soybean (SB) and black soybean (seoritae, BSB). The value of vitamin C, vitamin A, crude fat, and crude protein in SWB was 25.5, 0.37 mg/kg, 1.2, and 25.6%, respectively. The crude fat content (1.2%) in SWB was very low in comparison with those of SB (16.5%) and BSB (16.1%). In 16 free amino acids investigated, the histidine content (9.2%) was high in SWB, followed by SB (3.0%) and BSB (2.9%). Total flavonoid content of SWB (493.2 mg/100 g) was significantly higher than those of SB (71.8 mg/100 g) and BSB (97.5 mg/100 g). Total polyphenol content of SWB (1,152.0 mg/100 g) was not significantly different from that of SB (1,165.7 mg/100 g) but lower than that of BSB (1,298.6 mg/100 g). DPPH radical scavenging activity (SC₅₀, 50% scavenging concentration) of SWB was 13.1 µg/mL, whereas that of positive control (α-tocopherol) was 8.3 µg/mL.

Keywords: sword bean, antioxidant activity, DPPH, polyphenol, flavonoid

서 론

생리활성물질은 오래전부터 이용되어 왔지만, 명확하게 정의하여 사용하게 된 것은 상대적으로 매우 짧다. 생리활성물질을 활성기작(action mechanism)에 따라 분류해 보면 항암성, 혈중 지질 관련성, 항산화성, 항염증성, 골형성 등으로 분류할 수 있다(1). 특히 항산화 물질은 유지식품의 산화 억제뿐만 아니라 인체내에서 활성산소에 의한 산화적 스트레스를 감소시켜 노화억제, 항암 등 생리활성 기능이 입증되면서 식품 그 자체보다 항산화와 관련된 생리기능에 더 많은 관심이 쏠리고 있다. 식품에 들어있는 대표적인 항산화 물질로는 플라보노이드, 토코페롤, 비타민 C, 셀레늄 등이 있는데, 이들은 식품의 부패와 변질을 억제함으로써 저장기간을 연장하고 맛의 변화를 지연시킨다. 경제성 때문에 BHT(butylated hydroxytoluene), BHA(butylated hydroxyanisole) 등 합성 항산화제는 상업용 식품에 많이 사용되어 왔으나, 최근 안전성의 문제로 그 사용량이 법적 규제 되고 있는 실정이다. 반면, 토코페롤과 같은 천연 항산화제는 안전성에 있어서 뛰어나지만 가격이 비싸다는 단점을 가지고 있다(2-3). 그리하여 최근에는 안전하면서 항산화 효과가 뛰어난 천연 항산화제를 발굴하는데

많은 연구가 진행되고 있다(4-6).

작두콩(*Canavalia gladiata*)은 콩과의 한해살이 덩굴성 식물로 6-7월에 꽃이 피고 8-10월에 열매인 꼬투리를 맺고 늦가을에 열매가 익는다. 동남아시아 열대지방이 원산지이며, 열매는 활모양이며 그 모양이 작두와 같아 작두콩 혹은 도두(刀豆)라 부른다(7).

작두콩에는 urease, hemagglutinine, canavanine, canavalia gibberellin I과 II 등의 약용성분을 함유하고 있으며, 민간요법에서는 축농증, 치질, 중기 등 화농성 염증을 치료하는 특효약으로 사용되어 왔다(8). 이러한 작두콩의 우수한 기능성을 바탕으로 중국에서 작두콩을 발효시켜 “개발한 진화 851” 구복액이라는 음료가 건강보조제로 국내에 소개된 적이 있고, 일본에서는 작두콩에 질경이, 울무, 산치자, 예덕나무를 배합해 만든 건강차인 “도두과워”가 제품으로 판매되기도 하였다(9).

천연물에는 아직도 규명되지 않은 다양한 성분이 존재하며, 새로운 물질을 발견하고 그 용도를 크게 확대할 수 있는 가능성이 있어 이 분야의 연구를 확대할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 작두콩의 화학적 특성을 살펴보고 항산화활성 정도를 평가해 식품 가공과 건강기능식품 제조 시 활용할 수 있는 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 작두콩과 대두, 서리태는 2010년에 광주 근교에서 재배된 것으로, 종자를 분쇄, 동결건조 시켜 냉동 보관하면서 실험에 사용하였다.

*Corresponding author: Jaekeun Chung, Health and Environment Research Institute of Gwangju, Gwangju 502-837, Korea
Tel: 82-62-613-7540
Fax: 82-62-613-7549
E-mail: jkchung@korea.kr
Received April 7, 2012; revised April 30, 2012;
accepted May 2, 2012

추출 수율 및 추출물의 제조

시료를 분쇄기(DA-280 Gold A, Daesung Arlon Co. Ltd., Seoul, Korea)로 분쇄한 후 표준망체(Standard Testing sieve, Aperture 850 µm, Chung Gye Sang Gong Sa., Seoul, Korea)를 이용해 균질한 입자의 시료를 얻었다. 추출 수율은 분말화한 시료 10 g을 취해 헥산, 클로로포름, 에틸아세테이트, 에탄올, 메탄올 각 100 mL씩 넣어 실온에서 24시간 추출하였으며, 열수 추출은 90°C에서 30분 추출한 후, 여과 및 농축하여 추출수율을 측정하였다.

추출물의 제조는 서리태, 대두, 작두콩 분말 1 kg을 각각 취해 메탄올 4 L를 가한 후 실온에서 24시간 추출하고 여과 및 농축하였으며, 이 추출물을 총 폴리페놀, 총 플라보노이드, 항산화활성에 사용하였다.

일반성분 분석

작두콩, 서리태 및 대두에 대한 일반성분 분석은 식품공전(10)을 참조하여 실험하였으며, 수분은 105°C 상압가열건조법, 조회분은 550°C 직접회화법, 조지방은 Soxhlet 추출법을 이용하였고 조단백질은 단백질자동분석기(AutoKjeldahl Unit K-370, Buchi, Flawil, Switzerland)를 이용하여 함량(%)을 나타내었다.

구성아미노산 분석

구성아미노산의 분석은 식품공전(10)을 참조하였으며, 시료 0.02 g에 6 N 염산(Junsei chemical Co., Ltd., Tokyo, Japan)을 15 mL 가한 다음 질소가스를 충전하고 밀봉하여 110°C에서 24시간 동안 가수분해 시켰다. 회전감압농축기를 이용해 염산을 제거한 후 pH 2.2 sodium citrate buffer 10 mL로 정용한 다음 멤브레인 필터(0.45 µm)로 여과한 시료액을 아미노산 자동 분석기(Shimadzu prominence series HPLC, Kyoto, Japan)를 이용하여 분석하였으며 분석조건은 다음과 같다. Column은 Shim-pack Amino-NA, Shim-pack ISC-30/S0504(Na)을 사용하였고, 0.2 N sodium citrate buffer(pH 3.20)와 0.6 N sodium citrate buffer(pH 10.0) 및 0.2 M sodium hydroxide solution을 이동상으로 사용하였다. 이동상의 유속은 0.4 mL/min, reaction solution의 유속은 0.2 mL/min으로 하였고 여기과장은 350 nm, 형광과장은 450 nm로 하였다.

이소플라본 분석

이소플라본의 분석은 건강기능식품 공전 시험법에 준하여 시험하였다(11). 시료를 80% 메탄올로 65°C에서 2시간 추출 후 2 M NaOH 3 mL를 가해 상온에서 10분간 교반 후 빙초산 1 mL를 가하고 80% 메탄올로 50 mL로 정용하여 적당히 희석하여 시험용액으로 하였다. 분석에 사용된 액체크로마토그래피(Alliance 2695, Waters, Milford, MA, USA)의 분석조건은 다음과 같다. Column은 Capcell Pak C18, UG 120(4.6 mm ID×250 mm, 5 µm, Shiseido, Tokyo, Japan)을 사용하였고, 분석과장은 260 nm, 이동상은 증류수(2% acetic acid 함유)와 메탄올(2% acetic acid 함유)을 사용하여 gradient 조건(DW:MeOH=(90:10)-(40:60))으로 분석하였다.

비타민 A, C 분석

비타민 A, C의 시험용액의 조제 및 시험조작은 식품공전(12) 액체크로마토그래피에 의한 정성 및 정량법에 준하여 실험하였다. 비타민 A는 에탄올, 10% 피로갈롤에탄올용액, 수산화칼륨 용액을 가해 비누화시킨 후 석유에테르로 추출하여 감압건조 후 이 소프로판올에 녹여 시험용액으로 하였고, 비타민 C는 메타인산

으로 추출하여 시험용액으로 하였다. 분석에 사용된 액체크로마토그래피(Alliance 2695, Waters)의 분석조건은 다음과 같다. 비타민 A의 경우 Column은 Capcell Pak C18, UG 120(4.6 mm ID×250 mm, 5 µm, Shiseido)를 사용하였고 여기과장 340 nm, 형광과장 460 nm를 사용하였다. Column 온도는 40°C, 유속은 1.0 mL/min으로 설정하였으며, 이동상은 88% 에탄올을 사용하여 isocratic 조건으로 분석하였다. 비타민 C의 경우 Column은 Zorbax NH₂(4.6 mm ID×250 mm, 5 µm, Agilent, Santa Clara, CA, USA)를 사용하였고 분석과장은 254 nm, Column 온도는 40°C, 유속은 1.0 mL/min으로 설정하였으며, 이동상은 0.05 M KH₂PO₄:ACN(70:30)을 사용하여 isocratic 조건으로 분석하였다.

무기질 분석

동결 건조된 시료 0.1-0.3 g을 일정량 취하여 실험하였으며, 전처리는 식품공전 일반시험법 중 Microwave 분해법을 적용하였다(13). 분해용 시약으로 질산(DongWoo Fine Chem, Iksan, Korea)과 과산화수소(Junsei) 35%를 사용하였고, 증류수는 18.2 MΩ·cm 수준의 정제수를 사용하였다. 시료를 microwave tube에 취한 후 질산 7 mL와 과산화수소 4 mL를 가한 후 Microwave(ETHOS Touch control, Milestone, Italy)로 분해하여 증류수를 가해 전량이 25 mL로 맞춘 후 시험용액으로 하였다. 표준용액은 원자흡광광도계용 표준액(Merck, Darmstadt, Germany)을 0.2% 질산 용액으로 희석하여 사용하였다. 분석은 ICP-AES (US/IRIS, Thermo Jarrell Ash Co., Franklin, MA, USA)를 이용하였다.

총 폴리페놀함량 분석

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis법(14)을 응용하였다. 각 시료 2 mL에 2배 희석한 Folin-Ciocalteu's phenol 시약(2 N, Sigma, St. Louis, MO, USA) 2 mL를 첨가하고 잘 혼합, 3분간 방치, 10% Na₂CO₃(Shinyo pure chemicals Co., Ltd., Osaka, Japan) 2 mL를 넣고 30분 반응 시킨 후 UV/Visible spectrophotometer (UV-2550, Shimadzu)를 사용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하여 작성한 검량선으로부터 함량을 구하였다. 이때 tannic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 이용한 검량선은 tannic acid의 최종농도가 0, 5, 10, 15, 25 µg/mL가 되도록 하여 위와 같은 방법으로 700 nm에서 흡광도를 측정하여 작성하였다.

총 플라보노이드 분석

시료의 총 플라보노이드 함량은 Nieva Moreno 등(15)의 방법을 응용하여 측정하였다. 각 시료 및 표준용액 0.5 mL를 대조액과 시험용액으로 두 개의 시험관에 취하고, 에탄올 1.5 mL, 10% Aluminum nitrate(Yakuri pure chemicals Co., Ltd., Osaka, Japan) 0.1 mL 및 1 M Potassium acetate(Junsei chemical Co., Ltd.) 0.1 mL, 증류수 2.8 mL를 잘 혼합 후 실온에서 40분간 정치하고 UV/Visible spectrophotometer(UV-2550, Shimadzu)를 사용하여 415 nm에서 흡광도를 측정하여 작성한 검량선으로부터 함량을 구하였다. 공시험의 경우 10% Aluminum nitrate 0.1 mL 대신 증류수 0.1 mL를 가한다. 이때 quercetin(Sigma)을 이용한 검량선은 quercetin의 최종농도가 0, 1, 5, 10 µg/mL가 되도록 하여 위와 같은 방법으로 415 nm에서 흡광도를 측정하여 작성하였다.

2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH) radical 소거활성 측정

시료의 free radical 소거활성은 Singh와 Rajini(16)의 방법을 변형하여 free radical인 DPPH(Aldrich, St. Louis, MO, USA)에 대한 환원력을 측정하였다. 농도를 달리한 시료 1 mL와 에탄올에

녹인 400 μM DPPH 용액 1 mL에 에탄올 용매 2 mL를 첨가하여 최종 4 mL가 되도록 처리하였다. 공시험은 시료 대신 90% 메탄올 1 mL를 넣고 시험하였다. 실온에서 30분 반응 시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하여 시료를 첨가하지 않은 대조구의 흡광도를 1/2로 환원시키는데 필요한 시료의 농도인 SC₅₀(50% Scavenging Concentration)값으로 나타내었다. 이때 활성 비교를 위하여 α-tocopherol을 사용하였다.

통계처리

비타민 A, C와 플라보노이드, 폴리페놀 그리고 무기질에 대한 통계분석은 SPSS(version 20) 통계프로그램을 사용하였으며 일원배치 분산분석(one way ANOVA)으로 검증한 후 유의성이 발견되면 Duncan's multiple range test를 실시하여 유의수준 0.05에서 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

추출 수율

작두콩과 대두 그리고 서리태의 용매별 추출수율은 Table 1과 같다. 서리태와 대두의 추출수율은 헥산, 클로로포름, 에틸아세테이트, 에탄올 그리고 열수 추출물에서 높게 나타난 반면 작두콩은 메탄올과 열수 추출물에서 높게 나타났다. Cho 등(17)의 연구에서도 작두콩의 추출 수율이 물에서 17.6%로 가장 높게 나타났고, 헥산 등 비극성 용매에서 1.2%로 낮게 나타났으며 에탄올과 메탄올의 추출 수율 경향은 에탄올(0.1%) 보다는 메탄올(7.7%)에서 높게 나와 본 실험 결과와 매우 흡사하였다. 작두콩이 대두 및 서리태의 용매별 추출수율과 다른 경향을 보인 것은 함유성분이 일반콩과 다르고, 특히 조지방의 함량차이에 의한 것으로 사료되었다. 추출수율이 물에 비해 적지만 시료처리의 용이성이 좋고 작두콩과 대두 및 서리태와 동일한 조건에서 비교를 위해 메탄올 추출물을 가지고 총 폴리페놀, 총 플라보노이드, 항산화 활성을 측정하였다.

일반성분 함량

작두콩과 대두 그리고 서리태의 일반성분에 대한 결과는 Table 2와 같다. 일반성분 중 수분은 작두콩에서 8.3%로 서리태나 대

두의 4.5, 4.7%에 비해 2배 높게 나타났고, 조지방은 1.2%로 나타나 서리태와 대두의 조지방 함량(16.1, 16.5%)에 비해 낮게 나타났다. 회분과 조단백질은 작두콩에서 3.8, 25.6%로 대두나 서리태에 비해 낮게 나타났다. 콩에는 단백질, 지질, 탄수화물이 각각 20-45, 15-20, 25-30% 정도 함유되어 있지만(18) 작두콩은 지방함량에서 전혀 다른 양상을 보이고 있다.

구성아미노산 함량

아미노산은 단백질 식품의 품질을 결정하는 인자로서 작두콩과 대두, 서리태의 구성아미노산의 함량 분석 결과는 Table 3과 같다. Kim 등(19)의 연구에서와 같이 다른 아미노산에 비해 Glutamic acid(작두콩 13.6%, 대두 20.7%, 서리태 20.6%)와 Aspartic acid(작두콩 12.8%, 대두 12.4%, 서리태 11.9%)의 함량이 높게 나타났다. 반면 콩에 가장 적게 함유되어 있는 것으로 알려진 Methionine, Cystine, Histidine은 대두와 서리태와는 다르게 작두콩에서 16종의 아미노산 중 Histidine의 함량비가 9.2%로 대두의 3.0%, 서리태의 2.9%보다 높게 나타났다. Jeon 등(20)은 Histidine의 중합체(분자량 9,850과 6,700)가 10⁻⁴ M 농도에서 호흡기 뮤신 유리(분비)를 특이적으로 억제하고 다수의 호흡기 질환에서 관찰되는 병리현상인 점액 과분비의 조절약물로 응용될 가능성이 있음을 언급하였다.

이소플라본 함량

작두콩과 대두, 서리태의 이소플라본에 대한 실험 결과는 Table 4와 같다. 본 연구에서는 Daidzin과 Genistin, Glycitin과 이들의 비배당체(aglycone) 형태인 Daidzein과 Genistein, Glycitein의 함량을 측정하였다. 플라보노이드의 일종인 이소플라본은 콩 및 콩 가공식품에 주로 함유되어 있다. 본 연구에서 대두와 서리태에서는 비배당체인 Daidzein과 Genistein, Glycitein 보다는 배당체(Glucoside) 형태인 Daidzin과 Genistin, Glycitin이 주로 존재하는 것으로 나타났다. 이 결과는 Lee 등(21)의 연구에서 된장의 이소플라본 함량이 주로 비배당체 형태로 존재한다는 결과와 상반되며, Kim 등(22)은 연구에서 메주의 발효 초기에 배당체의 함량이 급격히 감소하고 비배당체의 함량이 증가한다고 보고하였다. 하지만 작두콩의 경우 배당체와 비배당체 모두 검출되지 않아 본 연구에서 항산화활성과 이소플라본의 상관관계를 알 수 없었으며, 또한 Kao 등(23)의 연구에 의하면 순수한 이소플라본 자체의 DPPH 소거능은 다른 항산화 물질에 비하여 약하다고 보고하였다.

비타민 A, C 함량

작두콩과 대두, 서리태의 비타민 A와 비타민 C의 실험결과는 Table 5와 같다. 작두콩과 대두, 서리태에서 비타민 A(0.37, 0.31, 0.29 mg/kg)보다는 비타민 C(25.5, 21.3, 17.6 mg/kg)의 함량이 높게 검출 되었으며, 서리태와 대두보다는 작두콩에서 비타민 C의 함량이 유의적으로 높게 검출되었으며, 비타민 A는 유의적 차이가 없었다.

Table 1. Yields of various solvent extracts from sword bean, soybean (SB) and black soybean (BSB) (%)

Extracts	Sword bean	Soybean (SB)	Black soybean (BSB)
Hexane	0.9	13.1	12.6
CHCl ₃	1.5	17.1	17.1
EtOAc	1.1	13.5	12.8
EtOH	2.4	12.0	12.6
MeOH	5.6	8.2	8.1
Hot water	24.8	28.6	32.4

Table 2. Proximate composition in sword bean, soybean (SB) and black soybean (BSB) (%)

Samples	Moisture	Crude ash	Crude protein ¹⁾	Crude fat
Black soybean (BSB)	4.5±0.15	4.8±0.05	41.0±0.07	16.1±0.15
Soybean (SB)	4.7±0.08	5.4±0.02	38.4±1.31	16.5±0.29
Sword bean	8.3±0.01	3.8±0.02	25.6±0.40	1.2±0.13

¹⁾Nitrogen-protein conversion factor: 5.71
Values are mean±SD (n=3)

Table 3. Composition of amino acids in sword bean, soybean (SB) and black soybean (BSB)

Amino acid	Sword bean (mg)	%	Soybean (SB) (mg)	%	Black soybean (BSB) (mg)	%
Aspartic acid	2,409.4	12.8	4,713.2	12.4	4,407.9	11.9
Threonine	1,020.2	5.4	1,663.1	4.4	1,598.6	4.3
Serine	1,308.8	7.0	2,208.4	5.8	2,165.5	5.9
Glutamic acid	2,568.0	13.6	7,846.9	20.7	7,630.4	20.6
Glycine	889.7	4.7	1,748.0	4.6	1,696.4	4.6
Alanine	965.3	5.1	1,769.1	4.7	1,708.7	4.6
Cystine	N.D ¹⁾	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
Valine	954.6	5.1	1,782.7	4.7	1,719.2	4.7
Methionine	207.2	1.1	497.4	1.3	458.6	1.2
Isoleucine	819.8	4.4	1,723.6	4.5	1,658.1	4.5
Leucine	1,688.3	9.0	3,124.2	8.2	3,055.2	8.3
Tyrosine	780.1	4.1	1,540.6	4.1	1,513.8	4.1
Phenylalanine	978.9	5.2	2,082.8	5.5	2,073.8	5.6
Histidine	1,724.0	9.2	1,131.8	3.0	1,081.4	2.9
Lysine	1,265.6	6.7	2,726.0	7.2	2,531.4	6.8
Arginine	1,242.0	6.6	3,425.1	9.0	3,657.4	9.9
Total	18,821.8	100	37,982.9	100	36,956.4	100

¹⁾Not detected**Table 4. Isoflavone content of sword bean, soybean (SB) and black soybean (BSB) (mg/kg)**

Sample	Glucoside			Aglycone		
	Daidzin	Genistin	Glycitin	Daidzein	Genistein	Glycitein
Sword bean	ND ¹⁾	ND	ND	ND	ND	ND
Soybean (SB)	917.2	678.6	81.45	ND	20.0	ND
Black soybean (BSB)	776.4	642.3	161.1	34.7	18.5	ND

¹⁾Not detected**Table 5. Contents of Vitamin A and C in sword bean, soybean (SB) and black soybean (BSB) (mg/kg)**

	Sword bean	Soybean (SB)	Black soybean (BSB)
Vitamin A	0.37±0.04 ^a	0.31±0.05 ^a	0.29±0.04 ^a
Vitamin C	25.5±1.1 ^a	21.3±2.2 ^b	17.6±2.5 ^b

Values are mean±SD.

^{a,b}Means with different letters in the same row are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).**무기질 함량**

작두콩과 대두, 서리태의 10가지 무기질 함량을 비교한 결과는 Table 6과 같다. 셀레늄과 게르마늄은 작두콩, 대두 및 서리태에서 모두 검출되지 않았으며, 나트륨의 경우 대두와 서리태에서는 15.8, 37.4 mg/kg 검출된 반면 작두콩에서는 검출되지 않았다. 작두콩과 대두 및 서리태에서 10가지 무기질 중 칼륨, 칼슘, 마그네슘의 함량이 높게 나타났으며, 이 중 칼슘을 제외한 칼륨과 마그네슘에서의 함량은 대두나 서리태에 비해 작두콩에서 유의적으로 낮은 함량을 나타내었다. 함량의 차이는 있었으나 Cho 등 (8)의 연구결과 작두콩에서 칼륨, 칼슘, 마그네슘의 함량이 다른 무기질 함량에 비해 높게 검출되어 본 연구와 유사한 경향을 나타내었다.

총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량

작두콩과 대두, 서리태의 tannic acid equivalent로 환산한 총 폴

Table 6. Contents of mineral components in sword bean, soybean (SB) and black soybean (BSB) (mg/kg)

	Sword bean	Soybean (SB)	Black soybean (BSB)
Cu	8.2±0.5 ^a	10.9±0.2 ^b	11.8±0.4 ^c
Fe	31.0±5.4 ^a	70.5±0.9 ^b	72.9±3.8 ^b
Mn	15.0±1.0 ^a	30.5±0.6 ^b	26.5±0.3 ^c
Se	ND ¹⁾	ND	ND
Zn	28.9±0.5 ^a	51.8±0.5 ^b	48.0±1.5 ^c
Na	ND	15.8±6.5	37.4±3.1
K	9,879.8±464.8 ^a	17,016.6±382.4 ^b	14,409.5±428.1 ^c
Ca	1,265.6±73.0 ^a	1,355.3±101.8 ^a	453.5±29.1 ^b
Mg	1,288.7±52.0 ^a	2,181.0±51.6 ^b	1,958.3±63.1 ^c
Ge	ND	ND	ND

¹⁾Not detected

Values are mean±SD.

^{a,b}Means with different letters in the same row are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

리페놀 함량은 Table 7과 같다. 식물성 식품에 함유되어 있는 많은 생리활성 물질 중 페놀성 화합물이 가장 많이 함유되어 있으며 높은 항산화활성을 가지고 있는 것으로 알려져 있다. Takahashi 등(24)은 검은콩이 노란콩보다 LDL(low density lipoprotein) 산화억제 능력이 좋은 것은 검은콩에 함유된 폴리페놀 함량이 노란콩보다 많기 때문으로 추정하였는데 본 연구에서는 총 폴리페놀 함량이 대두 1,165.7 mg/100 g, 서리태 1,298.6 mg/100 g, 작두콩

Table 7. Contents of total flavonoids and total polyphenols in sword bean, soybean (SB) and black soybean (BSB) (mg/100 g)

	Sword bean	Soybean (SB)	Black soybean (BSB)
Total flavonoid	493.2±21.2 ^a	71.8±6.3 ^b	97.5±14.9 ^b
Total polyphenol	1,152.0±26.8 ^a	1,165.7±11.4 ^a	1,298.6±52.3 ^b

Values are mean±SD.

^{a,b}Means with different letters in the same row are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

Table 8. Concentration required for 50% reduction of DPPH radical of sword bean, soybean (SB) and black soybean (BSB)

Samples	SC ₅₀ (µg/mL) ¹⁾
Soybean (SB)	> 2,000
Black soybean (BSB)	1,500
Sword bean	13.1
α-Tocopherol ²⁾	8.3

¹⁾Concentration required for 50% reduction of DPPH (100 µM) at 30 min after starting the reaction.

²⁾Positive control

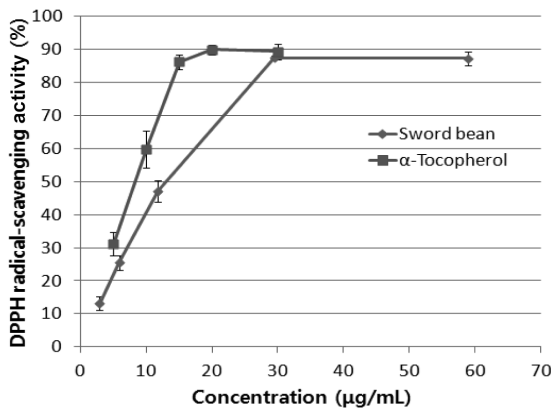


Fig. 1. DPPH radical scavenging ability by concentration of sword bean extract and α-tocopherol values are mean±SD (n=3)

1,152.0 mg/100 g으로 작두콩에서 서리태 보다는 적지만 대두와는 유의적 차이를 보이지 않았다.

작두콩과 서리태, 대두의 quercetin equivalent로 환산한 총 플라보노이드 함량은 Table 7과 같다. 플라보노이드는 페놀성 화합물의 한 그룹으로 과일류, 채소류 등 많은 식물류에 존재하며, 인체에서의 효능은 효소의 활성화, 항 알레르기성, 항 염증성, 항 고혈압 등 예방 및 치료 등으로 알려져 있고 특히, 항산화 효과가 강한 것으로 보고 되고 있다(1). 작두콩과 대두, 서리태의 quercetin을 기준으로 한 플라보노이드 함량을 비교해 보면 대두 71.8 mg/100 g, 서리태 97.5 mg/100 g보다 작두콩에서 유의적으로 높게(493.2 mg/100 g) 나타났다.

2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH) radical 소거활성 측정

항산화활성 측정방법 중 DPPH 라디칼을 이용한 소거활성 측정은 stable radical인 DPPH를 소거시키는 항산화물질 활성을 측정하는 것으로 DPPH는 짙은 자색을 띠는 비교적 안정한 free radical로서, 방향족 아민류 등에 의해 환원되어 색이 탈색되는 것을 이용하여 항산화물질을 검색하는데 이용되고 있다(25). 작두콩과 대두, 서리태의 메탄올 추출물과 비교구로 사용한 α-toco-

pherol에 대한 DPPH 라디칼 소거활성을 SC₅₀ 값으로 나타내어 비교하였다(Table 8). 그 결과 α-tocopherol이 8.3 µg/mL, 작두콩은 13.1 µg/mL, 서리태는 1,500 µg/mL이었고 대두는 2,000 µg/mL 이 상이었다. 작두콩은 α-tocopherol과 대등하게 항산화활성이 높게 나타났으며, 농도 의존적으로 활성이 증가하고 있음을 알 수 있었다(Fig. 1). 이러한 결과는 작두콩 메탄올 추출물에서 다수, 다량의 항산화활성 물질이 존재함을 시사하는 것으로, 유기용매 이외에 초임계 추출과 같은 다양한 방법의 추출법을 적용한 항산화활성 실험을 진행해 보는 것과 이들 항산화활성 물질에 대한 분리과 구조해석과 같은 추가적인 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

요 약

본 연구에서 추출 용매의 선택은 작두콩과 대두, 서리태의 추출 수율과 실험의 용이성 등을 고려하여 메탄올을 사용하여 실험을 진행하였다. 작두콩의 화학적 특성을 알아보기 위해 일반성분 중 수분, 회분, 조단백질, 조지방 실험을 하였으며, 이 중 조지방에서 서리태, 대두와는 다른 작두콩만의 특징을 찾을 수 있었다. 작두콩의 조지방 함량은 1.2%로 서리태와 대두의 조지방 함량 16.1, 16.5%와 비교해 볼 때 매우 낮음을 알 수 있었다. 이 낮은 조지방 함량으로 인해 비극성 유기용매 헥산이나 에틸아세테이트 등에서 추출 수율이 서리태나 대두에 비해 낮게 나타났다. 구성아미노산은 함량과 구성비율을 실험하였다. 그 결과 Histidine의 구성비율이 서리태(2.9%)나 대두(3.0%)와 비교해 볼 때 9.2%로 상대적으로 높은 구성비율을 나타냈다. 콩에서 대표적인 항산화활성 물질로 알려진 이소플라본은 작두콩에서 검출되지 않았다. 작두콩과 대두, 서리태의 비타민 실험결과는 모두 비타민 C의 함량이 비타민 A의 함량보다 높게 검출되었다. 무기질 함량 실험에서는 작두콩과 대두, 서리태에서 10가지 무기질 중 칼륨, 칼슘, 마그네슘의 함량이 높게 나타났다. 총 폴리페놀은 대두 1,165.7 mg/100 g, 서리태 1,298.6 mg/100 g, 작두콩 1,152.0 mg/100 g으로 서리태 보다는 적지만 대두와는 유의적 차이를 보이지 않았다. 총 플라보노이드는 대두 71.8 mg/100 g, 서리태 97.5 mg/100 g보다 작두콩에서 유의적으로 높게(493.2 mg/100 g) 나타났다. DPPH 라디칼 소거활성 결과를 토대로 SC₅₀ 값을 구한 결과 α-tocopherol(8.3 µg/mL)과 대등한 13.1 µg/mL로 항산화활성이 높게 나타났으며, 농도 의존적으로 활성이 증가하고 있음을 알 수 있었다. 이상의 결과 같은 콩과의 식물이지만 대두나 서리태와는 다른 화학적 특성을 가지고 있고 높은 항산화활성을 갖는 작두콩의 식품이나 건강기능식품으로서의 활용가치를 확인할 수 있었고, 항산화활성 물질의 분리 등 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 논문은 광주광역시 보건환경연구원 연구개발비에서 지원하여 수행된 연구과제입니다.

문 헌

- Hong Yunho. Food Physiological Active Substance Science. Chonnam National University Press. Gwangju, Korea pp. 13-72 (2009)
- Kalt W. Effects of production and processing factors on major fruit and vegetable antioxidant. J. Food Sci. 70: 11-19 (2005)

3. Perron NR, Brumaghim JL. A review of the antioxidant mechanisms of polyphenol compounds related to iron binding. *Cell Biochem. Biophys.* 53: 75-100 (2009)
4. Kim EY, Baik IH, Kim JH, Kim SR, Rhyu MR. Screening of the antioxidant activity of some medicinal plants. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 333-338 (2004)
5. Cai YZ, Sun M, Xing J, Luo Q, Corke H. Structure-radical scavenging activity relationships of phenolic compounds from traditional Chinese medicinal plants. *Life Sci.* 78: 2872-2888 (2006)
6. Pietta PG. Flavonoids as antioxidants. *J. Agr. Food Chem.* 63: 1035-1042 (2000)
7. Joo SJ, Choi KJ, Kim KS, Lee JW, Park SJ. Characteristics of yogurt prepared with 'Jinpum' bean and sword bean (*Canavalin gladiata*). *Korean J. Postharv. Sci. Technol.* 8: 308-312 (2001)
8. Cho YS, Bae YI, Shim KH. Chemical components in different parts of Korean sword bean (*Canavalia gladiata*). *Korean J. Postharv. Sci. Technol.* 6: 475-480 (1999)
9. Kim SS, Kim KT, Hong HD. Development of Chunggukjang adding the sword beans. *Korea Soybean Dig.* 18: 33-50 (2001)
10. KFDA. Korea Food Code. Korea Food & Drug Administration, Seoul, Korea. pp. 10-1-(1-33) (2009)
11. KFDA. Korea Health Functional Food Code. Korea Food & Drug Administration, Seoul, Korea pp. III.3.6.8.1-(1-4) (2011)
12. KFDA. Korea Food Code. Korea Food & Drug Administration, Seoul, Korea. pp. 10-1-(61-75) (2009)
13. KFDA. Korea Food Code. Korea Food & Drug Administration, Seoul, Korea. pp. 10-7-(1-15) (2009)
14. Folin O, Denis W. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J. Biol. Chem.* 12: 239-249 (1912)
15. Nieva Moreno MI, Isla MI, Sampietro AR, Vattuone MA. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J. Ethnopharmacol.* 71: 109-114 (2000)
16. Singh N, Rajini PS. Free radical scavenging activity of an aqueous extract of potato peel. *Food Chem.* 85: 611-616 (2004)
17. Cho YS, Seo KI, Shim KH. Antimicrobial activities of Korean sword bean (*Canavalia gladiata*) extracts. *Korean J. Postharv. Sci. Technol.* 7: 113-116 (2000)
18. Liu, K. Chemical and nutritional value of soybean components. pp.25-36. In: Soybeans: Chemistry, Technology, and Utilization, Liu K (ed). Chapman & Hall, New York, NY, USA (1997)
19. Kim KS, Kim MJ, Lee KA, Kwon DY. Physico-Chemical properties of Korean traditional soybeans. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 335-341 (2003)
20. Jeon BK, Yun ID, Lee JW, Lee CJ. Effects of histidine polymers on mucin release from primary cultured airway epithelial cells. *Yakhak Hoeji* 54: 334-340 (2010)
21. Lee HT, Kim JH, Lee SS. Comparison of biological activity between soybean pastes adding sword bean and general soybean pastes. *J. Fd. Hyg. Safety* 24: 94-101 (2009)
22. Kim JS, Yoon S. Isoflavone contents and β -glucosidase activities of soybeans, meju and doenjang. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 1405-1409 (1999)
23. Kao TH, Chen BH. Functional components in soybean cake and their effects on antioxidant activity. *J. Agr. Food Chem.* 54: 7544-7555 (2006)
24. Takahashi R, Ohmori R, Kiyose C, Momiyama Y, Ohsuzu F, Kondo K. Antioxidant activities of black and yellow soybeans against low density lipoprotein oxidation. *J. Agr. Food Chem.* 53: 4578-4582 (2005)
25. Ancerewicz J, Migliavacca E, Carrupt PA, Testa B, Bree F, Zini R, Tillement JP, Labidalle S, Guyot D, Chauvet-Monges AM, Crevat A, Le Ridant A. Structure-property relationships of trimetazidine derivatives and model compounds as potential antioxidants. *Free Radical Bio. Med.* 25: 113-120 (1998)