

국내 팥 육성계통의 잎과 종실의 무기질 및 항산화 특성 비교

오선민 · 김지영* · 이병원* · 이점식** · 최명은* · 추지호* · 한상익*** · †송석보***

농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부 박사후연구원, *농촌진흥청 국립식량과학원 남부작물부 농업연구사,
농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부 농업연구관, *농촌진흥청 국립식량과학원 남부작물부 농업연구관

Comparison of the Antioxidant and Mineral Properties of Korean Adzuki Bean (*Vigna angularis* L.) Leaves and Seeds

Seon-Min Oh, JiYoung Kim*, ByongWon Lee*, JeomSig Lee**,
MyeongEn Choe*, JiHo Chu*, SangIk Han*** and †SeokBo Song***

Postdoctoral Researcher, Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 16613, Korea

*Researcher, Dept. of Southern Area Crop Science, National Institute of Crop Science, RDA, Miryang 50424, Korea

**Senior Researcher, Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 16613, Korea

***Senior Researcher, Dept. of Southern Area Crop Science, National Institute of Crop Science, RDA, Miryang 50424, Korea

Abstract

This study compared the antioxidant and mineral properties of the leaves and seeds of fifteen Korean adzuki bean (*Vigna angularis* L.) breeding lines. This study was conducted in an attempt to expand the use of Korean adzuki bean leaves. The potassium, calcium, magnesium, and sodium contents of the leaves were significantly higher than the seeds, in particularly, the potassium content. The leaves had approximately 3.3 times higher potassium content than the seeds. For instance, the potassium content of YA1317 leaves was 21% higher than that of Arari. The total polyphenol content and ABTS activity of Adzuki bean leaves were significantly higher than the seeds, as opposed to the total flavonoid content and DPPH scavenging activity. Among the 15 breeding lines, YA1402 had 1.2~3.2 times higher antioxidant content and activity as compared to the Arari variety. It was concluded that adzuki bean leaves had higher mineral content, antioxidant component and activity as compared to the seeds. Therefore, adzuki bean leaves could be used an ingredient for dishes and as a medicine.

Key words: adzuki bean, breeding lines, leaves, seeds, antioxidant

서 론

팥(*Vigna angularis* L.)은 콩과에 속하는 일년생 작물로 한국, 일본, 중국 등 동아시아 3개국에서 주로 재배되어 왔으며 (Rho 등 2003) 이후, 미국과 호주, 뉴질랜드 및 아프리카로 확장되고 있다(RDA 2018). 국내에서 팥의 재배면적은 2020년 기준 4,931 ha로 콩 다음으로 많이 재배되고 있는 중요한 작물이다(MAFRARK 2021). 국내의 경우, 팥 품종개발은 종실의 이용 확대에 초점을 맞추어 왔으며 그 결과 적색, 검은

색, 녹색, 흰색 등 종피색이 다양한 팥이 육성되어 2020년까지 총 21개 품종이 개발되었다. 더불어 품종의 가공용도 또한 종실 기준으로 통팥용, 앙금용, 혼반용, 떡고물, 팥나물, 팥차 등 6개로 분류하고 있다(RDA 2022).

팥의 영양 및 기능성 연구에 따르면, 팥의 탄수화물 함량은 약 60%이며 단백질과 지방 함량 각각 약 20%와 1% 미만으로 콩보다 낮은 지방함량과 높은 탄수화물 함량을 갖는다고 알려졌다(Oh 등 2021; Han 등 2022). 또한 팥 종실에는 칼륨(K), 마그네슘(Mg) 등의 무기질이 풍부하게 함유되어 있

† Corresponding author: SeokBo Song, Senior Researcher, Dept. of Southern Area Crop Science, National Institute of Crop Science, RDA, Miryang 50424, Korea. Tel: +82-55-350-1243, Fax: +82-55-353-3050, E-mail: songsb1254@korea.kr

며(Hsieh 등 1992; Song 등 2011) 특히 팔의 칼륨은 나트륨(Na)이 체외로 잘 배출되도록 도와주어 몸 안의 붓기와 노폐물 제거에 효과적이며, 체중 관리에 효과적이라고 보고된 바 있다. 현대과학적 접근으로 팔 종실의 생리활성 효과에 관한 연구는 항당뇨(Facchini & Saylor 2003), 항비만(Kitano-Okada 등 2012) 및 혈압상승 억제(Sato 등 2009) 등이 보고되었다. 이외에도 팔 종실의 항산화 활성 및 항산화 성분인 페놀(phenolic)이나 플라보노이드(flavonoid) 등에 대해 다수의 선행 연구가 진행되어왔다(Luo 등 2016; Woo 등 2016; Sung 등 2020).

팔잎의 경우 역시 예로부터 장아찌(절임)나 찜 등 반찬용 및 약용으로 사용되었다고 전해지며 고문서인 '식료찬요(食遼纂要)'에는 팔잎은 갈증을 치료하고 소변을 자주 보는 것을 그치게 하는데 도움이 된다고 기록되어 있다(Kim & Chung 2013). 최근에 유전자원 223개에 대해 팔잎의 항산화 활성 등을 평가한 보고가 있지만(Lee 등 2018) 국내에서 구두나 고문서가 아닌 현대과학적 접근으로 팔잎에 관한 연구는 여전히 미흡한 실정이다. 팔과 같은 두류인 콩잎 연구의 사례를 살펴보면, 콩잎 요리의 항산화 연구(Lee 등 2020), 콩잎 가루를 첨가한 두부 연구(Kim 등 2011), 콩잎김치 연구(Lee 등 2003) 등 콩잎을 식품으로서의 이용 증대를 위해 팔잎에 비해 활발하게 연구가 이루어진 것과는 대조적이다. 따라서, 본 연구는 팔잎의 이용 확대를 위해 국내 팔 육성계통의 잎과 종실 간의 무기질 및 항산화 특성을 조사하고 이를 비교 분석하였다.

재료 및 방법

1. 팔잎과 종실 재료

팔 재배는 농촌진흥청 표준재배법(RDA 2018)에 따라 국립식량과학원 남부작물부 시험포장에서 아라리, YR1402(F6) 등 15개 품종 및 계통을 공시하였다. 시험에 사용한 표준품종인 아라리는 2011년에 육성된 품종으로 쓰러짐에 강하고 양금가공적성이 우수하여 가장 많이 재배되고 있으며, 중원 팔은 종피색이 회백색으로 충북 증원군(현재 충주) 지역에서 재배되던 재래종에서 선발된 품종이다. 팔 육성계통들은 2013~2015년에 가공적성과 기능성이 우수한 팔 품종을 육종하고자 인공교배하였으며 종피색이 적색이고 팔잎의 형태가 원형인 계통들로 선발하였다. 2020년 6월 28일에 파종하였으며 파종량은 3~5 kg/10 a로 이는 포기당 2~3립 정도이며, 재식 거리는 70×15 cm이었다. 시비량은 10 a당 복합비료(N-P₂O₅-K₂O : 8-14-12) 50 kg을 전량 기비로 시비하여 표준 재배한 팔잎 및 종실을 분석에 이용하였다. 팔잎 채취 시기는 파종 후 20~30일 사이의 잎을 따서 바로 동결 건조하였다. 동결건조

한 팔잎은 -20℃ 냉동고에 보관하면서 팔잎의 수분과 단백질함량, 무기질 및 항산화 성분 및 활성을 분석에 이용하였다.

2. 팔잎과 종실의 수분, 단백질 및 무기질 함량

팔잎과 종실의 수분함량은 AOAC법(2000)에 따라 상압가열 건조법으로, 단백질함량은 Sung 등(2020)의 방법에 따라 Dumas 법을 이용하였다. 분쇄 시료(20~70 mg)를 유산지로 pellet을 만들고 연소시킨 뒤 수분과 구리 환원제를 사용하여 산소를 제거한 후 질소 가스를 열전도 검출기에 전달하여(Rapid N, Elementar, Langensfeld, Germany) 단백질의 함량을 측정하였다. 무기성분은 분쇄 시료 1 g을 550℃에서 완전히 회화한 뒤 0.25% 질산으로 녹여 건식 분해하고 여과한 다음 25 mL 등근 플라스크에 정량하였으며 이를 ICP-OES(Avio 200, PerkinElmer, Waltham, MA, USA)를 이용하여 무기성분을 분석하였다(Song 등 2011).

3. 팔잎 및 종실의 추출물 제조

분쇄한 팔잎과 종실 각각 1 g을 칭량하여 50 mL tube에 넣고 80% ethanol 20 mL 가하여 250 rpm으로 24시간 교반 추출 후 원심분리기에(3,857×g) 5분간 돌려 상등액을 0.45 μm의 syringe filter로 여과하여 팔 추출물을 얻었으며 추출물을 4℃에서 보관하면서 팔의 항산화 특성을 분석에 사용하였다.

4. 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량

총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량은 Kim 등(2018) 방법에 따라 측정하였다. 96 well plate에 시료 및 표준물질 및 공시험을 각각 10 μL씩 분주하고 10% Folin-Ciocalteu reagent(100 μL)를 넣은 후 5분간 반응시킨 뒤 7.5% Na₂CO₃(80 μL)를 첨가하였다. 시료를 잘 섞어 준 후 30분간 암실에서 발색시킨 후에 분광광도계(Spectra MAX PLUS 384, Molecular Devices Corp., Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. Gallic acid(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)을 표준물질로하여 총 폴리페놀 함량을 mg gallic acid equivalent(GAE)/100 g(dry basis)로 나타내었다.

총 플라보노이드 함량은 추출물 100 μL에 증류수 400 μL와 5% NaNO₂ 30 μL를 첨가하고, 5분 후 10% AlCl₃·6H₂O₃(150 μL)를 추가하여 6분간 반응시켰다. 그 후 1 N NaOH(200 μL)와 증류수(240 μL)를 첨가하고 vortex와 5분간 원심분리(12,225×g) 한 뒤 상등액 200 μL를 취하여 96 well plate에 분주하여 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. Catechin hydrate(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 표준물질로 사용하여 플라보노이드 함량을 계산하였으며 이를 mg catechin equivalent(CE)/100 g(dry basis)로 나타내었다(Kim 등 2018; Sung 등 2020).

5. 항산화 활성 분석

팥 추출물의 항산화 활성 분석은 ABTS 및 DPPH 유리라디칼 소거능으로 측정하였다(Choi 등 2006; Yang 등 2022). ABTS 라디칼 소거능은 7.4 mM ABTS와 2.6 mM potassium persulfate를 혼합하고 암실에서 24시간 반응시켜 ABTS 라디칼 생성을 수행하였다. ABTS 용액은 735 nm에서 흡광도 값이 1.0이 되도록 증류수로 희석하여 사용하였다. 96 well plate에 시료, 표준물질 20 μ L 넣고 희석된 0.2 mM ABTS 200 μ L 분주하여 암소에서 30분간 발색한 후에 735 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 Trolox를 사용하였으며 분석 결과는 mg Trolox equivalent(TE)/100 g(dry basis)로 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거능은 96 well plate에 시료, 표준물질을 20 μ L 넣고 DPPH 용액 200 μ L 분주하여 암소에서 30분간 발색한 후 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 Trolox를 사용하였으며 분석 결과는 mg Trolox equivalent (TE)/100 g (dry basis)로 나타내었다.

6. 통계분석

통계분석은 SPSS(v13.0)을 이용하여 동일한 15개 품종 및 계통에 대하여 팥잎과 종실이 쌍을 이룬(paired-samples) T-test로 유의성 검정은 $p < 0.05$ 와 $p < 0.01$ 수준에서 실시하였다. T-검정을 위한 15개 팥 계통 및 품종의 무기질 함량, 항산화 성분 및 활성 등은 최소 3 반복 이상으로 수행한 성적의 평균한 값을 이용하였다. 더불어 공시한 15개 계통 및 품종 간 차이는 분산분석(ANOVA)을 이용하여 5% 수준에서 Duncan's multiple range test 실시하여 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 팥잎과 종실 간의 일반성분 비교

본 연구에서, 공시재료 15개 육성계통 중에서 아라리 품종과 중원 품종이 대비로 포함되었다. 아라리 품종은 전국에서 가장 많이 재배되고 있는 품종이기 때문에 본 연구에 포함하였으며(Song 등 2019), 중원 품종은 1983년 선발 육종한 최초의 장려품종으로 최근 육성계통과 무기질 성분이나, 항산화 활성에서 차이가 있을 수가 있어 포함하였다. 공시한 15개 팥 육성계통의 잎과 종실 간의 수분함량 및 조단백질 함량에 대해 팥 종실의 조단백질 함량의 범위는 20.9~25.0%로 선행연구에서 보고된 바와 같이 유사한 범위였다(Song 등 2011; Oh 등 2021). 반면 팥잎의 조단백질 함량에 관한 선행연구는 미흡하였다. 그래서 콩의 사례를 살펴보면, 콩잎과 종실 간의 조단백질 함량을 비교한 선행연구에서 조단백질 함량은 비슷하다고 보고하였다(Kim 등 2011). 이러한 팥과 콩의 잎과 종실 간의 조단백질 함량의 차이에 대해서는 향후 추가적

인 검토가 필요할 것으로 사료된다. Table 1에서 수분함량 평균은 팥잎이 9.3%, 종실이 11.3%이었으며 조단백질 함량에 대해 팥잎과 종실 간의 T-검정 결과, 팥잎은 27.3%, 종실은 22.8%로 팥잎이 4.5% 더 높게 나타났다. 팥잎용으로 조단백질 함량이 높아 유망 시 되는 육성계통은 YA1402이었다. 본 육성계통의 조단백질 함량은 31.0%로 대비 품종인 아라리 27.0%보다 약 15% 높았다. 종실의 조단백질 함량이 높은 계통이 팥잎에서도 높다면, 기존의 종실의 자료를 활용할 수 있을 것이다. 하지만 팥잎과 종실 간의 조단백질 함량에 대해 상관분석 결과, 통계적인 유의성이 없었다($r=0.181^{ns}$, $n=15$). 따라서 조단백질 함량에 대해 종실과 팥잎은 필요 시에 각각 분석이 이루어져야 할 것이다.

2. 팥잎과 종실 간의 무기성분 비교

팥 종실에는 칼륨, 마그네슘 등의 무기질이 풍부하게 함유되어 있다고 보고된 바 있다(Hsieh 등 1992; Song 등 2011). 공시한 15개 팥 육성계통의 잎과 종실 간의 무기질 함량에 대해 T-검정 결과는 Table 2와 같다. 팥잎은 종실보다 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 나트륨 등 무기질 함량은 모두 유의하게 높았다. 팥잎은 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 나트륨 순으로 높았으나, 반면 종실은 칼륨, 마그네슘, 칼슘, 나트륨 순으로 높았다. 즉 칼슘은 팥잎에서 두 번째로 많았으나, 종실은 마그네슘 다음의 세 번째였다. 무기질 중에서 함량이 가장 많은 칼륨 함량은 팥잎이 2,787 mg/100 g으로 종실의 833 mg/100 g보다 약 3.3배 많았다. 팥 종실의 무기질 함량은 선행연구에서 보고된 바와 같이 유사하였다(Hsieh 등 1992; Song 등 2011; Song 등 2019). 팥잎에 대한 무기질 함량에 관한 선행연구 결과는 미흡하여 콩잎의 사례를 살펴보면, 무기질 함량을 조사한 결과 칼슘, 칼륨, 마그네슘, 인, 나트륨 순으로 많았으며, 콩잎의 칼슘 함량은 종실보다 약 6~10배 정도 높다고 하였다(Kim 등 2011). 이상의 결과 팥잎과 콩잎 모두 주요한 무기질 성분은 칼륨, 칼슘, 마그네슘이었다. 더불어 잎이 종실보다 무기질 성분이 많았다. 팥잎의 칼륨 함량은 YA1317이 3,235 mg/100 g으로 대비 품종인 아라리 2,679 mg/100 g보다 약 21% 높은 계통이었다. 이들 계통은 칼륨 함량이 높은 팥잎용 계통으로 유망 시 되었다. 팥 종실의 무기질 함량이 높은 계통이 팥잎의 무기질 함량도 높은지 여부를 분석하기 위해 팥잎과 종실 간의 무기질 함량에 대한 상관분석을 한 결과는 Table 3과 같다. 팥잎의 칼륨 함량과 종실의 칼륨 함량 간의 상관분석 결과 5% 수준에서 정의 상관의 유의성이 인정되었다. 반면 칼슘 함량 간에는 5% 수준에서 역의 상관 유의성이 인정되었으며, 그 외 무기질 성분 간에는 상관의 유의성이 없었다. 따라서 무기질 함량에 대해 종실과 팥잎 간에 칼륨과 칼슘은 5% 수준에서 유의성이 인정되어 정량분석이 아

Table 1. Comparison of moisture and protein contents between leaves and seeds in fifteen adzuki bean breeding lines

Pedigree name	Sample designation	Moisture (%)		Crude protein (%)	
		Leaf	Seed	Leaf	Seed
Arari	Arari	9.3	11.7	27.0	21.4
Jungwon	Jungwon	9.3	11.5	24.8	21.6
YA1402-2B-2-3-1	YA1402	9.2	11.5	31.0	21.4
YA1410-2B-9-3-2	YA1410	9.5	11.4	26.5	21.6
YA1418-2B-1-2-3	YA1418	9.4	11.5	27.4	23.1
YA1419-2B-1-2-1	YA1419	9.3	9.1	28.5	21.6
YA1501-2B-S-5-1	YA1501	9.5	11.3	27.6	21.9
YA1505-2B-S-12-1	YA1505	9.3	11.1	27.9	24.5
YA1512-2B-S-2-1	YA1512	9.4	11.9	25.6	20.9
YA1513-2B-S-12-1	YA1513	9.4	11.5	24.0	22.8
YA1519-2B-S-6-1	YA1519	9.7	11.6	26.2	23.3
YA1522-2B-S-3	YA1522	9.4	11.4	27.6	25.0
YA1524-2B-S-12-1	YA1524	9.2	11.3	26.9	24.3
YA1317-2B-3-3-3-1	YA1317	9.1	11.1	29.5	24.3
YA1319-2B-3-1-3-1	YA1319	9.2	11.0	29.1	23.6
Average		9.3	11.3	27.3	22.8
Difference		-2.0*		4.5*	

*Significant at 1% level.

년, 계통육성의 선발 등에 종실의 함량을 활용할 수 있을 것이다. 반면 마그네슘 및 나트륨은 종실의 함량을 이용할 수 없고, 추가로 팔잎의 분석이 이루어져야 할 것이다.

3. 팔잎과 종실 간의 항산화 성분 및 활성 비교

팔잎의 항산화 성분으로는 페놀산(phenolic acids), 플라보노이드 배당체(flavonoid aglycone) 및 색소 성분인 프로안토시아닌(proanthocyanins) 등이 있다고 알려져 있다(Amarowicz 등 2008). 따라서 항산화 성분은 총 폴리페놀 함량과 총 플라보노이드 함량을 분석하였고, 항산화 활성은 ABTS와 DPPH 활성을 측정하였고 공시한 15개 팔 육성계통의 팔잎과 종실 간의 항산화 성분 및 활성에 대해 T-검정 결과 및 공시재료 간 차이는 다음과 같다(Fig. 1).

아라리와 중원 종실의 총 폴리페놀 함량은 각각 318.6 및 379.6 mg GAE/100 g이었으며 육성계통 중 YA1419가 384.2 mg/100 g으로 전체 종실 중 총 폴리페놀이 가장 높았으며 YA1418과 YA1524의 경우 표준 품종인 아라리보다 높은 폴리페놀 함량을 나타내었다. 팔잎은 1,106~1,283 mg GAE/100 g 범위의 총 폴리페놀 함량을 나타냈으며 YA1419는 1,224.1 mg GAE/100 g으로 아라리 팔잎과 유의적인 차이가 나타나지 않았다($p < 0.05$). 15개 육성계통 중에서 총 플라보노이드

함량이 높은 팔잎용 육성계통은 YA1402, YA1410 등 4개 계통이었다. 이들 계통은 국내에서 가장 많이 재배되고 있는 아라리 품종보다 총 플라보노이드 함량이 약 2.6~3.2배 높았다. 특히, YA1418의 팔잎과 종실의 총 플라보노이드 함량은 425.3 및 268.7 mg CE/100 g으로 전체 육성 계통 중 유일하게 잎과 종실 모두에서 아라리와 중원 품종보다 높은 총 플라보노이드 함량을 지니고 있어 종실과 팔잎 가공용으로 활용도가 높을 것으로 기대할 수 있다. 항산화 활성 결과, 중원을 제외한 나머지 시료들은 종실보다 잎에서 더 높은 ABTS 라디칼 소거능을 나타낸 반면, DPPH 라디칼 소거능의 경우 종실과 팔잎의 결과가 시료마다 상이하게 나타났다. 이들 중에서 팔잎의 항산화 성분 및 활성이 가장 높은 계통은 YA1402로 아라리 품종보다 ABTS 활성은 1.2배 및 DPPH 활성은 2.8배 높아 항산화 활성이 높은 팔잎용 육성계통으로 기대할 수 있다. 또한, YA1418과 YA1419는 잎과 종실 모두에서 아라리 품종보다 항산화성이 우수한 것으로 나타났다.

항산화 성분 및 활성에 대해 팔잎과 종실 간의 T-검정 결과, 총 폴리페놀 함량과 ABTS 활성은 팔잎이 종실보다 유의하게 높았으나, 반면 총 플라보노이드 함량과 DPPH 활성은 팔잎과 종실 간에 유의성이 없었다. Lee 등(2018)은 10개 팔 유전자원을 이용하여 팔잎과 종실 간의 3개 성분인 총 폴리

Table 2. Comparison of mineral contents between leaves and seeds in fifteen adzuki bean breeding lines

Pedigree name	K (mg/100 g)		Ca (mg/100 g)		Mg (mg/100 g)		Na (mg/100 g)	
	Leaf	Seed	Leaf	Seed	Leaf	Seed	Leaf	Seed
Arari	2,679	625	1,190	31	428	101	38	12
Jungwon	2,401	529	1,112	27	420	78	36	9
YA1402	2,001	872	1,116	57	394	140	37	19
YA1410	2,430	803	1,108	43	444	129	38	14
YA1418	2,838	879	899	53	423	139	40	16
YA1419	2,851	924	939	58	486	132	48	17
YA1501	3,050	1,091	951	59	468	154	54	17
YA1505	2,973	987	903	56	473	138	50	14
YA1512	2,752	746	1,067	48	444	119	54	12
YA1513	2,592	661	953	34	535	98	47	10
YA1519	2,932	879	931	45	497	150	46	18
YA1522	3,086	889	1,163	35	506	129	55	16
YA1524	3,077	868	974	47	497	121	46	19
YA1317	3,235	915	998	50	538	128	44	16
YA1319	2,911	819	801	46	470	137	37	15
Average	2,787	833	1,007	46	468	126	45	15
Difference	1,954*		961*		342*		30*	

*Significant at 1% level.

Table 3. Correlation coefficients among mineral contents between leaves and seeds in fifteen adzuki bean breeding lines

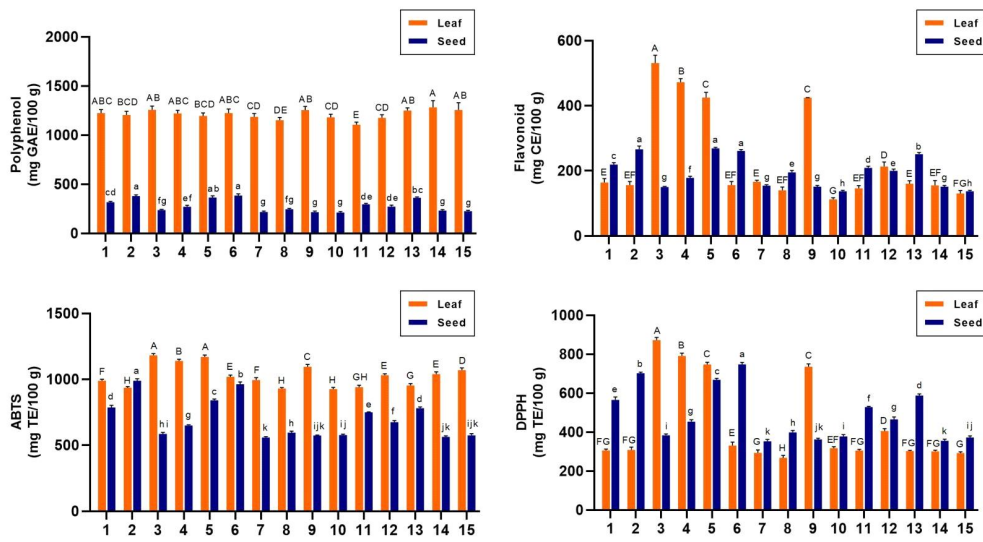
Factors	Seeds in fifteen adzuki beans				
	K	Ca	Mg	Na	
Leaves in fifteen adzuki beans	K	0.506*	0.187	-0.334	0.285
	Ca		-0.499*	-0.466	-0.276
	Mg			0.075	0.099
	Na				0.119

Not marked: Not significant at 5% level.

*Significant at 5% level.

페놀 함량, ABTS 및 DPPH 활성을 분석한 결과 총 폴리페놀 함량과 ABTS 활성은 팥잎에서 유의하게 높았으나, DPPH 활성은 통계적 차이가 없다고 하여, 본 연구의 결과와 유사한 경향이었다. 일반적으로 식물의 잎이 종실보다 페놀(phenolic), 플라보노이드(flavonoid), 알칼로이드(alkaloid) 등의 함량이 더 높다는 다수의 보고가 있다(Bernardi 등 2008; Oleszek & Stochmal 2002; Shaik 등 2011). 총 폴리페놀 함량에서 팥잎은 1,211 mg GAE/100 g으로 종실의 282 mg GAE/100 g보다 약 4.3배 높았다. 더불어 ABTS 활성 또한 팥잎이 종실보다 1.5배 높았다. 이상의 결과, 팥잎이 종실보다 항산화 성분 및 활성이 더 높았다.

종실의 항산화 성분 및 활성이 높은 계통이 팥잎에서도 높다면, 기존 종실의 항산화 자료를 활용할 수 있을 것이다. 따라서 팥잎과 종실 간의 항산화 성분 및 활성에 대해 관련성을 검토하였다. 공시한 15개 팥 육성계통의 팥잎과 종실 간의 항산화 성분 및 활성에 대해 상관분석 결과는 Table 4와 같다. 팥잎과 종실 간의 항산화 성분 및 활성 간에 상관의 유의성은 없었다. 즉 종실에서 항산화 성분이 높다고 해서 팥잎에서 높지 않았다. 반면, 다수의 선행연구에서 종실과 종실 간의 항산화 성분과 활성 간에 상관의 유의성이 있다고 하였다(Lee 등 2018; Sung 등 2020). 그래서 본 연구의 항산화 분석자료의 정확도를 확보하기 위해 팥의 종실과 종실 간에



	Total Polyphenol (mg GAE/100g)		Total Flavonoid (mg CE/100g)		ABTS (mg TE/100g)		DPPH (mg TE/100g)	
	Leaf	Seed	Leaf	Seed	Leaf	Seed	Leaf	Seed
Average	1,211	282	237	195	1,028	698	438	488
Difference	929*		42 ^{ns}		330*		-50 ^{ns}	

*Significant at 1% levels.

^{ns} Not significant by paired-samples T-test.

Fig. 1. Comparison of total polyphenol, total flavonoid contents and antioxidant capacity between leaves and seeds in fifteen adzuki bean breeding lines. 1: Arari; 2: Jungwon; 3: YA1402; 4: YA1410; 5: YA1418; 6: YA1419; 7: YA1501; 8: YA1505; 9: YA1512; 10: YA1513; 11: YA1519; 12: YA1522; 13: YA1524; 14: YA1317; 15: YA1319. The same letter within the same colored bar indicates no significant differences ($p < 0.05$).

Table 4. Correlation coefficients among antioxidant properties between leaves and seeds in fifteen adzuki bean breeding lines

Factors	Seeds in fifteen adzuki beans			
	Polyphenol	Flavonoid	ABTS	DPPH
Leaves in fifteen adzuki beans	Polyphenol	-0.077	-0.146	-0.142
	Flavonoid		-0.102	-0.145
	ABTS			-0.184
	DPPH			

Not marked: Not significant at 5% level.

상관의 유의성을 분석한 결과, 선행연구 결과와 유사하게 고도의 상관의 유의성이 인정되었다(Table 5). 따라서 본 연구의 항산화 분석자료의 정확도를 확보할 수 있었다. 더불어 본 연구를 통해 국내에서 최초로 팥잎과 종실 간의 항산화 성분과 활성 간의 상관의 유의성 여부를 밝혔다. 종실의 항산화 활성이 높다고 해서 팥잎의 항산화 활성이 높게 나타나지 않았다.

요약 및 결론

본 연구는 팥잎의 이용 확대를 위해 국내 팥 육성계통의 잎과 종실 간의 무기질 및 항산화 특성을 비교 분석하였다. 팥잎은 종실보다 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 나트륨 등 모두 통계적으로 유의하게 높았으며, 그 중에서 특히 칼륨 함량이 가장 높았다. 팥잎의 칼륨 함량은 종실보다 약 3.3배 높았고

Table 5. Correlation coefficients among antioxidant properties between seeds and seeds in fifteen adzuki bean breeding lines

Factors	Seeds in fifteen adzuki beans			
	Polyphenol	Flavonoid	ABTS	DPPH
Polyphenol	1	0.971**	0.964**	0.982**
Seeds in fifteen adzuki beans	Flavonoid	1	0.930**	0.951**
	ABTS		1	0.988**
	DPPH			1

**Significant at 1% level.

YA1317의 팥잎에서 3,235 mg/100 g의 칼륨 함량이 확인되었으며 이는 대비 품종인 아라리 2,679 mg/100 g보다 약 21% 높게 나타났다. 항산화 성분 및 활성에 대해 팥잎과 종실 간의 쌍을 이룬 T-검정 결과, 팥잎은 총 폴리페놀 함량과 ABTS 활성에서 종실보다 통계적으로 유의하게 높았으나, 반면 총 플라보노이드 함량과 DPPH 활성은 유의성이 없었다. 팥잎은 종실보다 총 폴리페놀 함량은 약 4.3배, ABTS 활성은 약 1.5배 높았으며 본 연구의 15개 계통 및 품종 중에서 YA1402은 대비 품종인 아라리 품종보다 총 플라보노이드 함량은 3.2배, ABTS 활성은 1.2배 및 DPPH 활성은 2.8배 높은 것을 확인하였다. 팥잎의 높은 무기질 함량(K, Ca, Mg, Na)과 우수한 항산화 활성을 바탕으로 향후 팥잎을 이용한 약용 및 건강식품 소재로의 이용이 확대될 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 팥잎 가공용으로 적합한 팥 계통 및 품종 특성 검정 세부 연구과제(과제번호: PJ015159022022)의 지원으로 수행된 것임.

References

- Amarowicz R, Estrella I, Hernández T, Troszyńska A. 2008. Antioxidant activity of extract of adzuki bean and its fractions. *J Food Lipids* 15:119-136
- AOAC International. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists International
- Bernardi APM, de Matos Nunes J, Marchioro MK, Rosa LMG, von Poser GL, Rech SB. 2008. Phenolic compounds profiles during *ex vitro* acclimatization of micropropagated *Hypericum polyanthemum*. *Plant Physiol Biochem* 46:694-700
- Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem* 99:381-387
- Facchini FS, Saylor KL. 2003. A low-iron-available, polyphenol-enriched, carbohydrate-restricted diet to slow progression of diabetic nephropathy. *Diabetes* 52:1204-1209
- Han N, Woo KS, Lee JY, Song SB, Lee YY, Kim M, Kang MS, Kim HJ. 2022. Comparison of physicochemical characteristics, functional compounds, and physiological activities in adzuki bean cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 51:428-438
- Hsieh HM, Pomeranz Y, Swanson BG. 1992. Composition, cooking time, and maturation of adzuki (*Vigna angularis*) and common beans (*Phaseolus vulgaris*). *Cereal Chem* 69:244-248
- Kim MH, Chung HK. 2013. Review of food therapy and development of diet therapy program for diabetes mellitus in 「Sikryochanyo」. *J Korean Soc Food Cult* 28:562-575
- Kim MK, Lee S, Hwang IK. 2011. Physicochemical properties of soybean leaf by cultivar and development of soybean curd prepared with soybean leaf powder. *Korean J Food Cookery Sci* 27:557-565
- Kim MY, Jang GY, Lee Y, Kim KM, Kang TS, Lee J, Jeong HS. 2018. Effect of enhancement of functionality of germinated adzuki bean (*Angularis angularis* var. *nipponensis*) with high hydrostatic pressure (HHP) treatment. *Korean J Food Nutr* 31:135-142
- Kitano-Okada T, Ito A, Koide A, Nakamura Y, Han KH, Shimada K, Sasaki K, Ohba K, Sibayama S, Fukushima M. 2012. Anti-obesity role of adzuki bean extract containing polyphenols: *In vivo* and *in vitro* effects. *J Sci Food Agric* 92:2644-2651
- Lee HY, Lee DH, Kim SC, Cho DY, Cho KM. 2020. Changes in nutritional components and antioxidant activities from soybean leaves containing high isoflavone contents according to different storage temperatures and periods. *J Appl Biol*

- Chem* 63:305-317
- Lee KJ, Lee JR, Shin MJ, Cho GT, Lee HS, Ma KH, Lee GA, Chung JW. 2018. Antioxidant and biological activity in the leaves of adzuki bean (*Vigna angularis* L.). *Korean J Plant Resour* 31:237-253
- Lee SH, Choi DJ, Kim JG. 2003. Effect of salt concentration on soybean leaf kimchi fermentation. *Korean J Food Preserv* 10:512-516
- Luo J, Cai W, Wu T, Xu B. 2016. Phytochemical distribution in hull and cotyledon of adzuki bean (*Vigna angularis* L.) and mung bean (*Vigna radiate* L.), and their contribution to antioxidant, anti-inflammatory and anti-diabetic activities. *Food Chem* 201:350-360
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs [MAFRA]. 2021. Statistical Yearbook of Agriculture, Food and Rural Affairs. *Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs and Korea Agency of Education, Promotion and Information Service*. Report No. 11-1543000-000261-10
- Oh SM, Jo YJ, Chun A, Kwak J, Oh YG, Kim MJ, Song SB, Choi I. 2021. Seed and water absorption characteristics of red bean cultivars in Korea. *Korean J Food Sci Technol* 53:607-612
- Oleszek W, Stochmal A. 2002. Triterpene saponins and flavonoids in the seeds of *Trifolium* species. *Phytochemistry* 61:165-170
- Rho CW, Son SY, Hong ST, Lee KH, Ryu IM. 2003. Agronomic characters of Korean adzuki beans (*Vigna angularis* (Willd.) Ohwi & Ohashi). *Korean J Plant Res* 16:147-154
- Rural Development Administration [RDA]. 2018. Standard Agricultural Manuals for Adzuki Bean Cultivation. Rural Development Administration
- Rural Development Administration [RDA]. 2022. Bread Information Available from <http://www.nics.go.kr/api/breed.do?m=700001399&categoryCode=FC&pageNo=1&sType=sSvcCodeNm&sText=%ED%8C%A5> [cited 13 March 2022]
- Sato S, Mukai Y, Yamate J, Kato J, Kurasaki M, Hatai A, Sagai M. 2008. Effect of polyphenol-containing azuki bean (*Vigna angularis*) extract on blood pressure elevation and macrophage infiltration in the heart and kidney of spontaneously hypertensive rats. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 35:43-49
- Shaik S, Singh N, Nicholas A. 2011. Comparison of the selected secondary metabolite content present in the cancer-bush *Lessertia (Sutherlandia) frutescens* L. extracts. *Afr J Tradit Complement Altern Med* 8:429-434
- Song SB, Ko JY, Woo KS, Choe ME, Chu J, Ha TJ, Han S, Kwak DY. 2019. A small redbean cultivar 'Hongjin' with lodging tolerance and high yield. *Korean J Breed Sci* 51:523-528
- Song SB, Seo HI, Ko JY, Lee JS, Kang JR, Oh BG, Seo MC, Yoon YN, Kwak DY, Nam MH, Woo KS. 2011. Quality characteristics of adzuki beans sediment according to variety. *J Korean Soc Food Nutr* 40:1121-1127
- Sung JS, Song SB, Kim JY, An YJ, Park JE, Choe ME, Chu JH, Ha TJ, Han SI. 2020. Variation in physicochemical characteristics and antioxidant activities of small redbean cultivars. *Korean J Crop Sci* 65:231-240
- Woo KS, Song SB, Ko JY, Kim YB, Kim WH, Jeong HS. 2016. Antioxidant properties of adzuki beans, and quality characteristics of sediment according to cultivated methods. *Korean J Food Nutr* 29:134-143
- Yang JY, Lee HG, Seo WD, Lee MJ, Song SY, Choi JY, Kim HY. 2022. The effect of sodium chloride and the cultivation method on antioxidant compounds and activities in wheat (*Triticum aestivum*) sprouts. *Korean J Food Nutr* 35:213-222

Received 04 October, 2022
 Revised 07 November, 2022
 Accepted 01 December, 2022