한작지(Korean J. Crop Sci.), 65(3): 231~240(2020)
DOI : https://doi.org/10.7740/kjcs.2020.65.3.231

ISSN 0252-9777(Print)
ISSN 2287-8432(Online)

Original Research Article

팥 품종의 이화학적 특성 및 항산화 활성 변이

성정숙[1,†] · 송석보[1] · 김지영[2] · 안연주[3] · 박재은[3] · 최명은[2] · 추지호[2] · 하태정[1] · 한상익[1]

Variation in Physicochemical Characteristics and Antioxidant Activities of Small Redbean Cultivars

Jung Sook Sung[1,†], Seok Bo Song[1], Ji Young Kim[2], Yeon Ju An[3], Jae Eun Park[3], Myeong Eun Choe[2], Ji Ho Chu[2], Tae Joung Ha[1], and Sang Ik Han[1]

ABSTRACT This research was conducted to evaluate the physicochemical properties, antioxidant components, and their activities for more taking advantage of small redbean cultivars. Seed size, 100 seeds weight, and hardness on the 8 cultivars were measured. The free sugar and crude protein contents were evaluated using HPLC and protein analyzer, respectively. Amylose content, antioxidant components, and activities were analyzed by spectrophotometer. The range of 100 seeds weight and hardness were 12.55-18.81 g and 9,527.38-14,341.25 *gf*, respectively. Total free sugar, amylose, and crude protein were showed 22.49-31.07 mg/g, 13.53-15.67%, and 21.27-23.30%, respectively. The cultivar 'Hongeon' was higher antioxidant component and activity more than others. In clustering the cultivars based on the results, the tree showed four major clades. The 'Huinnarae' group was high in total free sugar and amylose content. The 'Hongeon' group were high in 100 seeds weight, antioxidant component. and activity, while amylose content was lower than that in the other groups. The results of the cultivars can be utilized for research of functional materials. The findings of this study will provide valuable information for expansion of functional food industry related on small redbean.

Keywords : antioxidant, cultivar, physicochemical component, redbean, *Vigna angularis*

팥(*Vigna angularis* (Willd.) Ohwi & H. Ohashi)은 콩과(Fabaceae) 일년생 식물로 중국, 한국, 일본 등 동아시아 온대지역에서 주로 재배되고 있다. 팥알은 콩과 유사한 형태이며, 가운데에 흰줄이 있다(Choi *et al.*, 2002). 콩에 비해 수량은 낮은 편이나, 기후 및 토양 적응성이 좋아 작부체계에 유용하게 이용된다(Rho *et al.*, 2003). 팥은 보통 밥밑 또는 팥죽용으로 이용되며 떡, 빵, 과자 등의 속재료나 앙금, 양갱, 빙과제조용으로도 많이 활용되고 있다(Kim *et al.*, 2003). 한방에서는 적소두라고 하여 설사, 비만 등을 치료하는데 사용하였고, 팥 삶은 물은 이뇨 및 배변 촉진작용으로 붓기 제거나 다이어트 음료로 이용해 왔다(Kang & Han, 2012; Koh *et al.*, 1997).

팥은 1983 년 중원팥을 육성하여 준장려품종으로 보급하였고, 이후 1984년에 충주팥을 선발하여 장려품종으로 보급하였다. 2000년대 중반까지 중부팥, 칠보팥, 경원팥, 새길팥 등이 개발되었으며, 2000년 이후부터 고품질, 안전 다수성 및 용도별 가공적성증진 등을 목표형질로 하여 팥 품종을 개발하고 있다. 2009년에 개발된 금실은 황갈색 종피로 기존 팥 품종보다 항고혈압 활성이 높고 기능성이 우수한 품종으로 알려져 있다. 2010년 개발된 홍언은 조숙종으

[1)]농촌진흥청 국립식량과학원 남부작물부 밭작물개발과 농업연구관 (Senior Research Scientist, Upland Crop Breeding Division, Department of Southern Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Miryang 50424, Korea)
[2)]농촌진흥청 국립식량과학원 남부작물부 밭작물개발과 농업연구사 (Junior Research Scientist, Upland Crop Breeding Division, Department of Southern Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Miryang 50424, Korea)
[3)]농촌진흥청 국립식량과학원 남부작물부 밭작물개발과 석사후연구원 (Master's Degree Researcher, Upland Crop Breeding Division, Department of Southern Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Miryang 50424, Korea)

[†]Corresponding author: Jung Sook Sung; (Phone) +82-55-350-1223; (E-mail) sjs31@korea.kr
<Received 1 June, 2020; Revised 23 June, 2020; Accepted 6 July, 2020>

ⓒ 본 학회지의 저작권은 한국작물학회지에 있으며, 이의 무단전재나 복제를 금합니다.
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

로 쓰러짐에 강하고 기계화에 용이하며 폴리페놀 등 항산화성분 함량이 높고 재배안정성도 우수한 편이다. 2011년에 개발된 아라리와 검구슬은 도복에 강하고 내재해성이 우수하며 항산화 활성이 뛰어난 품종이다. 국내 팥 육성종은 2018년 개발된 홍경을 포함하여 총 19 품종으로 종피가 흰색, 연두색, 적색 및 검은색 등 매우 다양하다(Song *et al*., 2016; Song *et al*., 2017; Song *et al*., 2019). 품종육성과 더불어 팥 유전자원의 다양성 또는 재래종의 작물학적 특성에 대한 연구도 수행되어 왔다(Rho *et al*., 2003; Yoon *et al*., 2012).

팥의 구성성분 중, 탄수화물이 55~70%로 함량이 가장 높고 20~25%의 단백질과 0.5~2.1%의 지방을 함유하고 있다. 또한, 팥에는 비타민 B1을 포함한 칼륨, 마그네슘 등의 무기질 및 아미노산이 풍부하게 함유되어 있다(Hsieh *et al*., 1992). 쌀과 혼반할 경우, 팥의 비타민 B1과 라이신은 쌀밥에 부족하기 쉬운 비타민을 공급해 주고, 단백질의 질을 높혀 준다(Chang, 1999). 팥은 세포벽 외부에 열 응고성 단백질을 가지며, 가열시 열변성으로 풀처럼 되지 않아 앙금을 만들어질 수 있는 특이한 구조를 가지는 특징이 있어(Abu-Ghannam, 1998; Meng & Ma, 2001) 제과제빵 등 다양한 식소재로 활용가치가 높다.

팥 또는 그 가공품을 대상으로 함유성분의 이화학적 특성에 대한 연구가 지속적으로 수행되고 있으며(Kim *et al*., 2003; Song *et al.,* 2011; Song *et al*., 2013; Woo *et al*., 2015), 아울러 기능성 성분에 대한 연구결과도 다수 발표되었다(Woo *et al*., 2010; Lee *et al*., 2014; Lee *et al*., 2015; Jung *et al*., 2015). 특히, 팥 품종을 대상으로 하여, 품종별 함유하는 항산화 성분과 활성에 차이가 있으며, 2010년 이전 개발된 팥 품종들을 대상으로 하여 우수한 항산화 성분과 활성이 있었다는 연구결과가 있다. 또한, 연두채, 금실 등 11개의 팥 품종을 대상으로 재배환경에 따른 항산화 성분 및 활성에 유의적 차이에 대한 연구결과도 보고되었다(Woo *et al*., 2010; Woo *et al*., 2014; Woo *et al*., 2015).

다양한 팥의 효능이 알려지면서 건강을 생각하는 소비자의 팥 수요가 늘어나고, 최근 젊은층 사이에서 팥버터(일명 : 앙버터), 팥스프레드 등의 팥 가공품을 선호하면서 새로운 형태로 팥 소비량이 증가하고 있다. 이에 따라, 최근 국내에서 육성한 팥 품종들을 대상으로, 다양한 식소재로서의 이용성을 확대하기 위해 함유성분의 이화학적 특성과 기능성분에 대한 함량과 활성을 비교평가하여 그 결과를 공유하고 관련 산업발전의 기초자료로 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

시험재료

본 연구에서 사용된 재료는 2010년 이후 육성된 홍언, 검구슬, 아라리, 흰구슬, 연두채, 흰나래, 홍진 등 팥품종이며 1984년 육성된 충주팥은 대조자원으로 총 8개 품종을 이용하였다. 해당 품종들은 2019년 국립식량과학원 남부작물부 대구시험지에서 재배하여 평가시료로 활용하였다.

본 연구를 위해 ethanol 등 시약과 유리당, 아밀로스, Folin-Ciocalteu reagent, (+)-catechin, ABTS (2,2'-Azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid), DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl), gallic acid 및 trolox 등 표준물질은 Sigma-Aldrich (Missouri, USA)로부터 구매하여 사용하였다.

팥 품종의 종실특성

품종별 건전종자 10립을 선정하여 종실 길이, 폭, 두께를 측정하여 mm 단위로 표기하였다. 백립중은 품종별 균일종자를 선별하여 100립을 3 반복 측정하여 g으로 표기하였다. 종실경도는 종합물성시험기(TA1, Ametek, USA)를 이용하였으며 직경 12 mm의 탐침으로 원곡의 경도를 측정, 인장강도 gram-force (*gf*)로 표기하였다.

유리당, 아밀로오스 및 조단백질 함량

팥품종별 유리당 분석을 위하여 분쇄시료 1 g에 70% EtOH 10 ml 분주하고 3시간 교반 추출하였다. 이후 냉장고에서 24시간 추출하여 필터페이퍼로 여과하였다. 여과액을 distilled water (D.W)로 2배 희석(D.W 700 μl, sample 700 μl)하여 0.2 μm 멤브레인 필터에 재여과하여 분석용액으로 사용하였다. 분석기기는 HPLC (Ultimate 3000, Dionex, USA)를 사용하였으며, 분석을 위한 칼럼은 Super Pak 6.5 × 300 mm, 용매 Distilled water, 유속은 0.5 ml/min로 하였고 검출은 RI detector를 이용하였다. 유리당 표준물질을 이용하여 표준 정량 검량식 설정하여 분석값을 환산하여 함량을 얻었다.

아밀로스 함량분석을 위해, 분쇄시료 100 mg에 EtOH 1 ml, 1 N NaOH 9 ml 첨가 후 90°C 건조기에 20분간 호화시킨다. 상온에서 20분 방치 후 D.W 40 ml 첨가 및 voltex 하였다. 희석 시료 1 ml에 CH_3COOH 0.4 ml, Iodine 0.8 ml 및 D.W 37.8 ml를 첨가하고 실온에서 20분 방치 후 30°C 건조기에서 30분간 반응시켰다. 96 well plate에 추출시료를 200 μl씩 분주 후, 620 nm에서 흡광도를 측정하였다. 아밀로스 표준물질을 이용하여 검량식($y = 0.1454x + 0.0414$, $R^2=1$)을 설정하였고 분석값을 환산하여 함량을 얻었다.

단백질 함량은 Kjeldahl 질소정량법을 이용하였고 분쇄 시료 20~70 mg을 평량하여 유산지로 pellet을 만들어 단백질분석기(Rapid N, Elementar, Germany)를 이용하여 분석하였다.

항산화성분 함량 및 활성 평가

폴리페놀 및 플라보노이드 함량을 평가하기 위해, 분쇄 시료 2 g에 80% 에탄올을 넣어 상온에서 24시간동안 3회 shaker (JEIO Tech, Kimpo, Korea) 후 여과하여 사용하였다.

폴리페놀 함량분석은 Folin-Ciocalteu의 방법(Waterhouse, 2002)을 참조하여 수행하였다. 96 well plate에 sample, standard, control을 10 μl씩 분주하고 10% Folin-Ciocalteu reagent 100 μL 넣은 후 5분간 방치하여. 7.5% Na_2CO_3 80 μL를 가하였다. 시료를 잘 섞어 준 후 30분 암소에서 발색시키고 분광광도계(Spectra MAX PLUS 384, molecular devices, USA)를 이용 750 nm에서 흡광도 측정하였다. 표준물질인 gallic acid (Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였다. 회귀식은 $y = 0.0024x + 0.00593$ ($R^2 = 0.9993$)로 나타났으며, mg gallic acid equivalent (GAE) / g DB (drybasis)로 나타내었다.

총 플라보노이드 함량은 추출물 100 μL에 증류수 400 μL와 5% $NaNO_2$ 30 μL를 가하고, 5분 후 10% $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ 30 μL를 추가하여 6분간 방치하고 1 N NaOH 200 μL, 증류수 240 μL 가한 후 voltex하고 13,500 rpm, 5분 동안 원심분리하여 상등액 200 μL 취하여 96 well plate에 분주하여 반응액의 흡광도값을 510 nm에서 측정하였다. 표준물질인 (+)-catechin를 사용하여 검량선을 작성하였고, 회귀식은 $y = 0.0016x + 0.0438$ ($R^2 = 0.9999$)로 나타났으며, mg CE (catechin equivalent) / g DB로 나타내었다.

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 1.0이 되도록 몰 흡광계수($\varepsilon = 3.6 \times 104\ M^{-1}\ cm^{-1}$)를 이용하여 물로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 200 μL에 추출액 20 μL를 가하여 암소에서 30분 발색 후 735 nm에서 흡광도를 측정하였으며 표준물질로서 trolox (TE)를 동량 첨가하였고 mg TE / g DB으로 표현하였다.

DPPH radical 소거활성은 전자공여능(electron donating ability)을 측정하여 표준물질로서 trolox를 첨가하여 mg Trolox equivalent (TE) / g DB당으로 표현하였다. 즉, 시료 20 μL에 0.2 mM DPPH 용액 200 μL를 가한 후, 암소에서 30분간 발색 후 520 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계분석

모든 실험의 결과값은 평균 ± 표준편차(means ± SD)로 표기하였다. 통계분석은 R 프로그램(www.rproject.org, R i386 3.5.1, Vienna, Austria)를 이용하여, 분산분석(ANOVA)을 이용하여 5% 수준에서 Duncan의 다중범위검정을 실시하고 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

품종별 종실특성

콩, 팥 등을 포함하는 콩과식물 종자는 자연환경 조건에서 유식물 보호를 위한 적응형질 중의 하나가 경피 종자(hard seed)를 형성하며(Kim, 2011), 흔히 장명종자로 상온 저장에도 3-4년간은 발아력을 유지할 수 있다. 대두의 경우, 대립 품종일수록 자엽에 비해 유근의 비율이 작아 발아가 지연되며, 부피에 비해 종피율이 낮은 이유로 소립종의 발아력이 대립품종들에 비해 높은 편이다(Park *et al*., 1993).

본 연구에 활용된 팥 품종은 종피색이 다양하여 충주팥, 홍언, 아라리 및 홍진 은 붉은색이며, 검구슬은 검은색, 연두채는 녹색, 흰구슬과 흰나래는 황백색에 가까운 종피색을 띈다. 팥 품종별 종실 크기, 원곡 경도 및 백립중 조사결과는 Table 1과 같으며 품종별 유의적인 차이가 있었다. 품종별 크기는 충주팥 7.88 × 6.27 × 6.06 mm, 홍언 7.82 × 5.87 × 5.42 mm, 검구슬 8.37 × 5.93 × 5.64 mm, 아라리 7.58 × 5.90 × 5.59 mm, 흰구슬 7.63 × 5.74 × 5.42 mm, 연두채 7.13 × 5.59 × 5.04 mm, 흰나래 8.11 × 5.50 × 5.15 mm, 홍진 8.05 × 6.34 × 5.89 mm였다. 이중 종실의 길이와 폭은 검구슬과 홍진이 가장 길거나 넓었으며, 종실 두께는 충주팥이 다른 품종에 비해 두꺼웠다. 100립중은 흰구슬이 18.81 g으로 가장 무거웠고 홍진 17.48 g, 충주팥 17.35 g, 홍언 16.81 g, 아라리 15.31 g, 흰나래 14.12 g, 검구슬 13.98 g, 연두채 12.55 g 순이었다. 다른 품종에 비해 소립종인 연두채는 Park *et al.* (1993)의 연구결과에 따르면 타품종보다 발아율이 다소 높을 것으로 예상되며, 본 품종은 싹나물용으로 육성된 것으로 시장활용성에 적합한 종자 특성을 가진다고 생각된다.

팥 품종별 종실의 경도는 14,341.25 *gf*로 충주팥이 가장 단단한 편이었으며 흰구슬 12,152.37 *gf*, 홍진 11,187.66 *gf*, 흰나래 11,111.75 *gf*, 홍언 10,225.54 *gf*, 아라리 9,672.67 *gf*, 검구슬 9,527.38 *gf* 순이었다. 2010년 이후 육성된 팥 품종들은 충주팥에 비해 상대적으로 경도가 낮아 고운앙금 등 식품제조에 용이한 형질을 보유하는 것으로 생각된다.

Table 1. Seed size, hardness, and 100 seeds weight on the red bean cultivars.

Sample[1)]	Length (mm, n=10)	Width (mm, n=10)	Thickness (mm, n=10)	Seed hardness (*gf*[2)], n=10)	100 seeds weight (g, n=3)
CJ	7.88±0.57[ab3)]	6.27±0.34[ab]	6.06±0.46[a]	14341.25±4856.78[a]	17.35±0.59[b]
HE	7.82±0.37[ab]	5.87±0.31[cd]	5.42±0.10[cd]	10225.54±1736.21[b]	16.81±0.53[b]
GG	8.37±0.77[a]	5.93±0.41[bc]	5.64±0.48[abc]	9527.38±1318.85[b]	13.98±0.20[d]
AR	7.58±0.61[bc]	5.90±0.48[c]	5.59±0.72[bc]	9672.67±2657.98[b]	15.31±0.62[c]
HG	7.63±0.63[bc]	5.74±0.37[cd]	5.42±0.36[cd]	12152.37±3693.59[ab]	18.81±0.54[a]
YD	7.13±0.51[c]	5.59±0.48[cd]	5.04±0.54[d]	10335.40±1494.50[b]	12.55±0.45[e]
HN	8.11±0.69[ab]	5.50±0.21[d]	5.18±0.55[cd]	11111.75±3319.98[b]	14.12±0.39[d]
HJ	8.05±0.31[ab]	6.34±0.41[a]	5.89±0.43[ab]	11187.66±2786.26[b]	17.48±0.50[b]

[1)]CJ: Chungju-pat, HE: Hongeon, GG: Guomguseul, AR: Arari, HG: Huinguseul, YD: Yeonduchae, HN: Huinnarae, HJ: Hongjin
[2)]*gf*: The gram-force is a metric unit of force (gf). The gram-force is equal to a mass of one gram multiplied by the standard acceleration due to gravity on Earth, which is defined as exactly 9.80665 meter per second^2. Then one (1) gram-force is equal to 0.001 kg × 9.80665 meter per second^2 = 0.00980665 kilogram × meter per second^2 = 0.00980665 newton (1N).
[3)]Data represent the means ± SD. Means separation within columns by Duncan's Multiple Range Test (DMRT, $p < 0.05$).

Table 2. Stachyose, raffinose, sucrose, glucose, total free sugar, amylose, and crude protein on the cultivars.

Sample	Stachyose	Raffinose	Sucrose	Glucose	Total free sugar (mg/g)	Amylose (%)	Crude protein (%)
CJ	18.58±0.43[d1)]	1.59±0.03[e]	4.45±0.18[c]	0.71±0.08[a]	25.32±0.53[c]	15.24±0.33[a]	23.08±0.07[ab1)]
HE	19.78±0.43[c]	1.72±0.04[d]	4.13±0.11[d]	0.00±0.00[b]	25.63±0.57[c]	14.08±0.06[b]	21.96±0.17[c]
GG	22.28±0.49[b]	2.14±0.03[a]	4.97±0.05[b]	0.77±0.00[a]	30.16±0.56[b]	15.13±0.04[a]	21.27±0.28[d]
AR	17.52±0.10[e]	1.91±0.03[c]	4.14±0.13[d]	0.67±0.16[a]	24.24±0.36[d]	15.54±0.05[a]	23.03±0.21[ab]
HG	18.07±0.31[de]	1.67±0.02[d]	5.03±0.06[ab]	0.69±0.01[a]	25.47±0.39[c]	15.50±0.05[a]	23.30±0.16[a]
YD	23.20±0.18[a]	2.02±0.02[b]	5.12±0.28[ab]	0.73±0.01[a]	31.07±0.46[a]	13.53±0.26[b]	21.40±0.22[d]
HN	22.57±0.04[b]	1.67±0.08[d]	5.26±0.10[a]	0.00±0.00[b]	29.57±0.19[b]	15.67±0.55[a]	22.74±0.19[b]
HJ	16.58±0.38[f]	1.69±0.04[d]	4.22±0.10[cd]	0.00±0.00[b]	22.49±0.50[e]	15.66±0.34[a]	22.80±0.30[b]

[1)]Data represent the means ± SD (n=3). Means separation within columns by Duncan's Multiple Range Test (DMRT, $p < 0.05$).

유리당, 아밀로오스 및 조단백질 함량

유리당은 식품의 맛에 관여하는 성분 중의 하나로 식향과 감미에 따른 소비자의 기호성에 영향을 주는 요소이며, 식품의 품질변화를 예측할 수 있는 주요인자로 알려져 있다(Jeon *et al.*, 2015; Lee *et al.*, 2019; Seon *et al.*, 2016). 또한, 유리당은 식물의 생육과 성숙과정에 따라 함량과 종류가 달라지며, sucrose의 경우는 농작물의 수확시기를 결정하거나 환경스트레스에 대응하는 것으로 보고되었다(Cho *et al.*, 1993; Pilon-Smits *et al.*, 1995). 팥을 포함하는 대두 에탄올추출액에서 fructose, glucose, sucrose, maltose, stachyose, raffinose 등의 유리당 성분이 검출되었고, sucrose와 raffinose는 검정콩 추출물에서 가장 많았으며 stachyose는 팥 추출물에서 건물량 기준으로 가장 많이 함유하였다. 특히, 팥 추출물에 많은 stachyose와 raffinose는 설탕과 비슷한 감미를 가지고 있으나, 난소화성으로 최근 당류의 과다섭취로 인한 성인병 예방에 좋은 식소재로 알려져 있다(Koh *et al.*, 1997).

팥에 함유된 유리당은 stachyose, raffinose, sucrose, gluscose가 검출되었으며, Table 2와 같이 품종간에 유의적인 차이를 보였다. 총 유리당 함량은 연두채가 31.07±0.46 mg/g로 가장 높았고, 검구슬 30.16±0.56 mg/g, 흰나래 29.57±0.19 mg/g, 홍언 25.63±0.57 mg/g, 흰구슬 25.47±0.39 mg/g, 충주팥 25.32±0.53 mg/g, 아라리 24.24±0.36 mg/g, 홍진 22.49 ±0.50 mg/g 순이었다. 검출된 각 유리당의 함량은 Stachyose 16.58 - 23.20 mg/g, raffinose 1.59 - 2.14 mg/g, sucrose 4.13 - 5.26 mg/g 및 glucose 0 - 0.77 mg/g으로 분포하였고, 사당류인 stachyose가 가장 높은 함량을 보여 Koh *et al.* (1997)의 연구에서와 유사한 결과를 보였다. 팥 유리당 중 가장 많은 함량을 보이며 건강음료 제조시 유용한 식소

재인 사당류 Stachyose는 연두채가 23.20±0.18 mg/g으로 가장 많이 함유하는 것으로 평가 되었으며, 홍진이 16.58±0.38 mg/g으로 가장 낮은 함량을 보였다. 삼당류인 raffinose 함량은 종피색이 검은 검구슬이 2.14±0.03 mg/g으로 가장 높은 함량을 보였고 충주팥이 1.59±0.03 mg/g으로 가장 낮은 함량을 보였다. Sucrose 함량은 흰나래가 5.26±0.10 mg/g으로 가장 높은 함량을 보였고, 홍언이 4.13±0.11 mg/g으로 가장 낮은 함량을 보였다. Glucose는 0.77 mg/g을 함유하는 검구슬이 가장 높은 함량을 보였으며, 홍언, 흰나래, 홍진에서는 검출되지 않았다. 연두채는 싹나물용 품종으로 종실 추출물에서 stachyose와 raffinose 함량이 다른 품종에 비해 높은 것으로 평가되었다. 콩의 경우, stachyose와 raffinose는 콩나물 재배시 비타민 C로 전환되는 것으로 알려져 있어(Kim, 2002) 연두채 싹나물의 성분변화에 대한 추가 검토가 필요할 것으로 생각된다.

팥 품종별 아밀로오스 함량을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 아밀로오스 함량은 13.53±0.26-15.67±0.55%로 분포하였고, 흰나래 15.67±0.55% > 홍진 15.66±0.34 > 아라리 15.54±0.05 > 흰구슬 15.50±0.05 > 충주팥 15.24±0.33 > 검구슬 15.13±0.04 > 홍언 14.08±0.06 > 연두채 13.53±0.26순이었다. 이는 Kweon & Ahn (1993)과 Kim *et al.* (2003)의 국산팥 아밀로오스 함량이 각각 28.5% 및 27.51%이고 중국산 팥 아밀로오스 함량이 27.39%인 결과에 비해 낮은 함량을 보였다. 이는 아밀로오스 함량의 측정방법 및 계산방법 또는 품종, 생산지 등의 차이로 생각된다(Kim *et al*., 2003). 한편, 아밀로오스 성분은 전분의 호화와 노화에 영향을 주며(Naivikul & D'Appolonia, 1979; Kawamura, 1969), 아밀로오스 관련 연구는 주곡인 쌀에서 많이 진행되었다. 쌀에서는 밥맛을 좋게 하기 위해 아밀로오스 함량이 낮은 쪽으로 연구를 수행해 왔으나(Choi & Shin, 2009), 최근 아밀로스 함량이 높은 것이 식이섬유와 저항전분이 다량 함유되어 다이어트에 효과가 있다(Lee *et al*., 2017; Zhu *et al.*, 2011)고 알려져 관련 제품의 개발이 활발하다.

웰빙 열풍으로 팥의 기능성에 관심이 높아져 팥에 대한 다양한 분야의 연구가 수행되고 있다. 그 중, 팥 단백질에 관한 연구는 콩이나 옥수수 등 다른 곡류에 비해 많지 않으나, 순수한 팥 단백질 중에서 소화효소 저항성을 가지는 단백질이 존재한다고 알려져 있고(Song *et al*., 2014), 팥 단백질 함량은 약 20% 내외로 콩류 중 중간 정도의 함량이고 이중 80%는 글로불린이다(Hwang *et al*., 2005). 본 연구를 통해서 조사된 팥 품종별 조단백질 함량 결과는 Table 2와 같으며, 21.40±0.22 - 23.30±0.16%로 분포하였다. 흰구슬 23.30±0.16% > 충주팥 23.08±0.07 > 아라리 23.03±0.21 > 홍진 22.80±0.30 > 흰나래 22.74±0.19 > 연두채 21.40±0.22 > 홍언 21.96±0.17 > 검구슬 21.27±0.28의 순으로 함량을 보였다. 이는 Song *et al.* (2011)의 연구에서 육성된 팥 10품종에 대한 앙금의 조단백질 함량분포가 15.4 - 20.6 g/100g로 보고한 결과와 비교하면 대체로 높은 함량을 보였으나, 본 연구에서는 흰구슬을 제외한 대부분의 팥품종이 충주팥에 비해 조단백질 함량이 낮은 것으로 조사되었다.

팥 품종의 항산화 성분 및 활성

팥에 함유된 페놀성 화합물로 phenolic acid, proanthocyanidin 등이 우수한 항산화 효과를 나타내는 것으로 알려져 있고 이들 화합물은 추출용매, 추출시간 등 추출조건에 따라 생리활성에 영향은 준다(Ariga & Hamano, 1990; Lee *et al.*, 2015). 천연물의 항산화 활성은 식품 중의 지방질 산화를 억제하고 인체 내에서 활성 라디컬에 의한 노화를 억제시키는 역할을 하고 있으며, 라디컬 소거작용은 인체 질병과 노화를 방지한다(Kim *et al*., 2001). 항산화 활성 측정 방법은 여러 가지가 있으나 각각 반응메커니즘에 차이가 있다. ABTS assay는 ABTS 라디컬을 이용한 electron transfer에 기초하고, DPPH assay는 DPPH 라디컬과 항산화제 사이의 hydrogen atom 및 electron transfer에 기초한 방법이다(Lee *et al*., 2015; Huang *et al*., 2005). 팥에서 항산화 활성은 팥에 존재하는 polyphenolic compounds에 의해 활성을 나타내며, 이러한 물질로는 protocatechuic acid, coumaric acid 등 phenolic acid와 kaempferol, quercetin, myricetin 등 flavonoid aglycone 또는 glycosides, proanthocyanidins 등이 알려져 있다(Amarowicz *et al*., 2008).

팥 품종별 항산화 성분 함량 및 활성평가 결과는 Table 3과 같으며, 품종간의 유의한 차이가 있었다. 총폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 각각 0.52±0.01 - 4.28±0.13 mg GAE·g^{-1}와 0.12±0.01 - 2.62±0.04 mg CAE·g^{-1}로 분포하였다. 기능성분 고함유 품종으로 알려진 홍언이 항산화성분 함량이 가장 높았고, 가장 낮은 함량은 흰나래였다. 팥에 있어서 항산화물질은 종피에서 가장 높게 함유되어 있으며, 흑두보다는 적두 종피에서 총폴리페놀 함량이 더 높다는 보고가 있다(Lee *et al*., 2015). 항산화성분 고함량 품종으로 알려진 검구슬은 총폴리페놀 함량 2.03±0.05 mg GAE·g^{-1} 및 플라보노이드 함량 1.13±0.05 mg CAE·g^{-1}로 조사되어, 본 연구의 결과로 볼 때 중간 정도의 함량값을 보였다. 이는 논재배로 생산된 종실의 항산화성분 함량보다도 낮은 편이었다(Chun *et al*., 2017). 총폴리페놀 함량 1.52±0.02 mg GAE·g^{-1} 및 플라보노이드 함량 0.98±0.05 mg CAE·g^{-1}을 보이는 아라리 역시, 배수불량토양에서 재배한 팥 시료의

Table 3. Total polyphenol, flavonoid contents and antioxidant acitivities on the red bean cultivars.

Sample	Total polyphenol (mg GAE·g^{-1})	Flavonoid (mg CAE·g^{-1})	ABTS[1)] (mg TE·g^{-1})	DPPH[2)] (mg TE·g^{-1})
CJ	1.54±0.03$^{f,3)}$	0.84±0.01^{e}	3.79±0.03^{e}	2.52±0.09^{e}
HE	4.28±0.13^{a}	2.62±0.04^{a}	8.15±0.04^{a}	6.79±0.04^{a}
GG	2.03±0.05^{d}	1.13±0.05^{c}	4.56±0.06^{d}	2.92±0.01^{d}
AR	1.52±0.02^{f}	0.98±0.05^{d}	3.31±0.03^{g}	2.07±0.05^{g}
HG	2.69±0.08^{b}	1.94±0.04^{b}	5.33±0.02^{c}	3.84±0.05^{b}
YD	2.57±0.05^{c}	1.89±0.11^{b}	5.49±0.01^{b}	3.61±0.05^{c}
HN	0.52±0.01^{g}	0.12±0.01^{f}	1.64±0.03^{h}	0.64±0.05^{h}
HJ	1.7±0.06^{e}	1.06±0.02^{cd}	3.58±0.04^{f}	2.29±0.01^{f}

[1)]2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid (ABTS), [2)]1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazil (DPPH),
[3)]Data represent the means ± SD (n=3). Means separation within columns by Duncan's Multiple Range Test (DMRT, $p < 0.05$).

항산화성분 분석값 보다 낮았다(Woo *et al.*, 2014). 또한, 충주팥과 검구슬의 총폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 각각 3.86±0.00 mg GAE·g^{-1}, 1.18±0.06 mg CAE·g^{-1} 및 5.44 ±0.46 mg GAE·g^{-1}, 1.91±0.05 mg CAE·g^{-1}였다는 Song *et al*. (2013)의 결과보다 낮은 값을 보였다.

시험품종들의 ABTS radical 소거활성은 3.58±0.04 - 8.15 ±0.04 mg TE·g^{-1}의 분포를 보였다. 홍언의 활성이 8.15±0.04 mg TE·g^{-1}로 가장 높았고, 연두채, 흰구슬, 검구슬, 충주팥, 홍진, 아라리 및 흰나래에서 각각 5.49±0.01, 5.33±0.02, 4.56 ±0.06, 3.79±0.03, 3.58±0.04, 3.31±0.03 및 1.64±0.03 mg TE·g^{-1}로 나타났다. 흰앙금 제조용으로 육성된 흰구슬 및 흰나래는 각각 5.33±0.02 mg TE·g^{-1} 및 1.64±0.03 mg TE·g^{-1}로 활성에 차이를 보였다. 싹나물용으로 육성된 연두채는 5.49±0.01 mg TE·g^{-1}로 비교적 높은 활성으로 나타났다. DPPH 활성평가에서는 0.64±0.05 - 6.79±0.04 mg TE·g^{-1}로 품종간 유의적 차이를 보였다. 홍언이 6.79±0.04 mg TE·g^{-1}로 가장 활성이 높았고, 흰구슬, 연두채, 검구슬, 충주팥, 홍진, 아라리 및 흰나래에서 각각 3.84±0.05, 3.61±0.05, 2.92 ±0.01, 2.52±0.09, 2.29±0.01, 2.07±0.05 및 0.64±0.05 mg TE·g^{-1}순으로 ABTS 평가와 유사한 결과값을 보였다. ABTS 및 DPPH 평가에서 품종간의 활성에 대한 경향은 유사하나, 결과값의 차이는 반응성분의 차이로 보인다. 따라서, 항산화 활성은 측정방법에 따라 결과값이 다르게 얻어질 수 있기 때문에 보다 다양한 방법을 사용하여 분석하는 것이 바람직하다고 생각된다(Lee *et al*., 2015).

구성성분별 상관관계 및 주성분(principal component analysis) 분석

팥 품종의 백립중, 유리당, 아밀로오스, 조단백질, 항산화 성분 및 항산화 활성간의 상관관계를 분석 후 상관계수 값 (Pearson's correlation coefficent, r)을 Table 4에 나타내었다. 팥 품종에서는 총폴리페놀 함량, 플라보노이드 함량, ABTS 및 DPPH 소거활성 간($P < 0.01$)의 높은 상관관계를 나타냈다. 총폴리페놀 함량은 ABTS와 0.993***, DPPH와 0.992*** 및 플라보노이드 함량은 ABTS와 0.968***, DPPH와 0.952***의 높은 상관성을 보였다. 이는 폴리페놀, 플라보노이드, 안토시아닌, 프로안토시아니딘, 토코페롤 등 대표적인 항산화 성분과 ABTS 및 DPPH 라디컬 소거활성 간에 높은 상관관계를 보인 Woo *et al.* (2010)과 Lee *et al.* (2015)의 연구결과와 유사하였다. 또한, 항산화성분과 활성간의 정의 상관관계를 나타내는 것은 들깨, 잇꽃(홍화) 등 다른 작물을 대상으로 한 연구에서도 유사하였다(Sung *et al.*, 2018; Kim *et al*., 2019). 또한, 조단백질은 백립중(0.678***)과 stachyose는 sucrose (0.716***)와 정의 상관성을 보였다. 반면, 조단백질은 stachyose (-0.708***) 및 raffinose (-0.736***)와 백립중은 stachyose (-0.798 ***) 및 raffinose (-0.741***)와 부의 상관관계를 나타냈다. 조단백질은 항산화성분과도 부의 상관을 보이는데 이는 Cha *et al.* (2012)의 결과와 유사하였다.

팥 품종별 변이값을 이용하여 주성분 분석 결과는 Table 5에서와 같이, 제 1 (PC 1), 제 2 (PC 2) 및 제 3 주성분(PC 3)으로 80%의 변이에 대한 해석이 가능했다. 제 1 주성분에서는 총폴리페놀 및 플라보노이드 함량과 ABTS 및 DPPH 라디컬 소거활성의 기여도가 높았으며, 제 2 주성분에서는 조단백질 함량과 백립중의 기여도가 높은 편이었다.

팥 품종별 평가결과를 바탕으로 Fig. 1과 같이 클러스터 분석을 수행하였다. 총 4개의 클러스터로 나뉘었으며, 그룹 I은 흰나래, 그룹II는 홍진, 아라리, 충주팥 및 흰구슬, 그룹

Table 4. Correlation coefficients among total polyphenol, flavonoid, antioxidant activities, protein, amylose, free sugar, and 100 seeds weight of the red bean cultivars.

Factor	Flavonoid	ABTS[1)]	DPPH[2)]	Protein	Amylose	Stachyose	Raffinose	Sucrose	Glucose	100 seeds weight
Total polyphenol	0.973***	0.993***	0.992***	-0.355	-0.047	-0.039	0.018	-0.291	-0.040	0.231
Flavonoid		0.968***	0.952***	-0.315	-0.068	-0.055	0.046	-0.214	0.057	0.225
ABTS			0.992***	-0.407*	-0.051	0.019	0.058	-0.256	0.020	0.189
DPPH				-0.334	-0.054	-0.038	-0.033	-0.316	-0.065	0.257
Protein					-0.038	-0.708***	-0.736***	-0.232	-0.123	0.678***
Amylose						-0.065	0.035	0.026	0.034	0.050
Stachyose							0.573*	0.716***	0.109	-0.798***
Raffinose								0.317	0.442*	-0.741***
Sucrose									0.248	-0.423*
Glucose										-0.146

[1)]2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid (ABTS), [2)]1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazil (DPPH).
*, **, *** Significant at the level of 0.05, 0.01 and 0.001 probability, respectively.

Table 5. Eigenvector and eigenvalues generated by principal component analysis of the cultivars.

Characters	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Total polyphenol	0.482	-0.052	0.010	-0.016	0.060
Flavonoid	0.469	-0.060	-0.056	0.073	0.122
ABTS[1)]	0.479	-0.084	-0.012	0.007	0.068
DPPH[2)]	0.481	-0.035	0.038	-0.027	0.071
Protein	-0.142	0.464	-0.079	0.192	0.227
Amylose	-0.029	0.007	-0.578	-0.797	0.123
Stachyose	-0.070	-0.476	0.247	-0.077	0.296
Raffinose	-0.023	-0.456	-0.222	0.067	-0.380
Sucrose	-0.189	-0.309	-0.001	0.077	0.774
Glucose	-0.026	-0.182	-0.719	0.546	0.026
100 seed weight	0.152	0.456	-0.167	0.082	0.272
Standard deviation	2.055	1.870	1.043	0.987	0.898
Proportion of Variance	0.384	0.318	0.099	0.089	0.073
Cumulative Proportion	0.384	0.702	0.801	0.889	0.962

[1)]2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid (ABTS), [2)]1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazil (DPPH).

III은 홍언, 그룹IV는 검구슬과 연두채로 구분되었다. 그룹별 특성을 살펴보면, 그룹I은 백립중과 조단백질 함량은 중간값이었고, 총유리당 및 아밀로오스는 높은 편이었으나 항산화 성분 및 활성은 낮았다. 그룹II는 백립중이 중간값 이상을 보이며, 총유리당은 중간값, 아밀로오스 및 단백질 함량은 비교적 높고, 흰구슬을 제외한 나머지 품종에서는 항산화 성분 및 활성이 낮은 편에 속하는 특징을 보였다. 그룹III은 백립중이 높고, 총유리당과 단백질 함량은 중간값이었고, 아밀로오스 함량은 낮은 편이었으나 항산화 성분 및 활성은 가장 높은 값을 보였다. 그룹IV는 백립중이 낮고, 총유리당 함량은 높은 편이나 조단백질 함량은 낮고 항산화 성분 및 활성은 중간값을 보였다.

본 연구는 개발된 팥 품종들에 대해 기존목표형질 이외의 용도로서 활용성을 넓혀보고자 최근 육성품종을 대상으로 다양한 구성성분에 대한 평가를 수행하였다. 팥 품종의 이화학적 특성평가 결과에 의하면, 그룹I의 흰나래는 흰앙

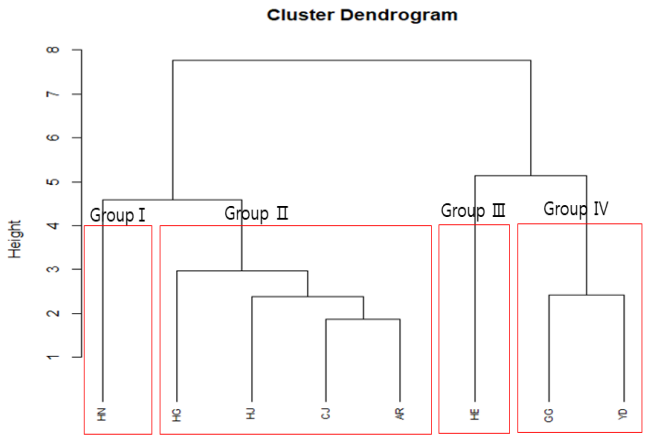

Fig 1. Hierarchical clustering analysis based on evaluation results of the red bean cultivars. Cluster analysis is one of the methods for analyzing unsupervised learning, and is an analysis that classifies entities based on the similarity of information. Hierarchical cluster analysis used R statistics to standardize variables, measured the similarity of entities, and connected close entities. CJ: Chungju-pat, HE: Hongeon, GG: Guomguseul, AR: Arari, HG: Huinguseul, YD: Yeonduchae, HN: Huinnarae, HJ: Hongjin

금 제조용으로 개발된 품종이나 유리당 및 아밀로오스 함량이 높은 특성을 고려하여 팥 고유의 단맛을 가진 통팥이나 차 또는 식이섬유 함량 등을 추가 검토한 후 다이어트식품으로 이용가능성도 생각할 필요가 있다. 그룹II에 속하는 품종들은 주로 앙금용으로 개발된 품종들인데 단백질함량이 높은 특성을 고려하여 최근 관심이 높은 식물성단백질 소재로서의 활용가능성을 검토할 필요가 있을 것이다. 그룹III의 홍언은 항산화 성분이 높은 품종으로 면역력 강화 식품, 항노화 화장품 등 활용 다양성을 넓힐 수 있을 것이며 일반적인 통팥 및 앙금과 차별화되는 기능성 식소재로서의 가치를 높일 수 있을 것으로 보인다. 그룹IV에 속하는 검구슬과 연두채는 사탄당에 속하는 stachyose 함량이 높은 특성을 고려하여, 체중감량, 당료조절 등 성인병 예방 및 치료용 기능성 소재로서 이용성을 확대할 수 있을 것으로 생각된다.

적 요

아리리 등 최근 육성된 팥 품종들을 대상으로, 이화학적 특성을 검토하여 보다 다양한 식품소재로 활용하기 위한 기초자료로 제공하고자 본 연구를 수행하였다.

1. 검구슬과 홍진의 종실이 길이와 폭이 컸으며 충주팥은 두께가 두꺼웠고, 백립중은 흰구슬(18.81 g) 및 홍진(17.48 g)이 충주팥보다 높았다. 경도는 14,341.25 *gf*인 충주팥보다 모든 품종이 낮은 값을 보여 앙금 제조 등에 용이한 형질을 보였다.
2. 총유리당은 22.49 - 31.07 mg/g로 분포하였으며 연두채, 검구슬, 흰나래, 홍언 및 흰구슬이 충주팥(25.32 mg/g)에 비해 높은 값을 보였다. 아밀로오스는 13.53 - 15.67%로 분포하였고, 연두채, 홍언 및 검구슬이 충주팥(15.24%)에 비해 높았다. 조단백질은 21.40 - 23.30%로 분포하였으며, 흰구슬을 제외한 나머지 품종들이 충주팥에 비해 낮은 함량을 보였다.
3. 항산화 성분인 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 각각 0.52 - 4.28 mg GAE·g^{-1}와 0.12 - 2.62 mg CAE·g^{-1}로 분포하였다. 홍언, 검구슬, 흰구슬, 연두채 등이 충주팥에 비해 항산화성분 함량 및 항산화 활성이 높은 편이었다.
4. 팥의 항산화성분과 활성간에는 높은 정의 상관관계를 보였으나 조단백질과는 부의 상관을 보였다. 또한, 주성분 분석결과, 제1주성분인 항산화성분 및 활성과 제2주성분인 조단백질 및 백립중이 변이값 해석에 대해 기여도가 높았다.
5. 팥 품종들의 평가를 바탕으로 cluster를 분석한 결과, 흰나래, 홍언이 각각 분리되었고 검구슬과 연두채 그룹 및 홍진, 아라리, 충주팥, 흰구슬 그룹 등 총 4개의 그룹으로 나뉘었다. 흰나래 그룹은 총유리당 및 아밀로오스 값이 높은 반면, 홍언 그룹은 백립중과 항산화성분 및 활성이 높았다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명 : 팥 가공원료곡 생산을 위한 용도별 품질평가 연구, 과제번호 : PJ01320401)의 지원에 의해 이루어진 것임.

인용문헌(REFERENCES)

Abu-Ghannam, N. 1998. Modelling textural changes during the hydration process of red beans. *J. Food Eng*. 38(3) : 341-352.

Amarowicz, R., I. Estrella, T. Hernández, A. Troszynska, K. Agnieszka, and R. B. Pegg. 2008. *J. Food Lipids*. 15(1) : 119-136.

Ariga, T. and M. Hamano. 1990. Radical scavenging action and its mode in procyanidins B-1 and B-3 from azuki beans to peroxyl radicals. Agri. Biol. Chem. 54(10) : 2499-2504.

Cha, S. M., B. Y. Son, J. S. Lee, S. B. Baek, S. L. Kim, J. H. Ku,

J. J. Hwang, B. H. Song, S. H. Woo, Y. U. Kwon, and J. T. Kim. 2012. Effect of particle size on physico-chemical properties and antioxidant activity of corn silk powder. Korean J. Crop Sci. 57(1) : 41-50.

Chang, H. G. 1999. Information on food for the health of modern people. Shinkwang Publishing Co., Seoul, Korea. pp. 46-50.

Cho, H. Y., S. I. Hong, Y. S. Kim, and Y. R. Pyun. 1993. Prediction of sucrose hydrolysis rate equivalent time at a reference temperature under regular temperature fluctuations. Korean J. Food Sci Technol 25(6) : 643-648.

Choi, S. Y. and M. S. Shin. 2009. Properties of rice flours prepared from domestic high amylose rices. Korean J. Food Sci. Technol. 41(1) : 16-20.

Choi, S. Y., Y. J. Jeong, S. J. Lee, O. H. Chi, and S. A. Chegal. 2002. Food and Health for Modern People. Dongmyungsa, Seoul, Korea. pp. 244-246.

Chun, H. C., K. Y. Jung, Y. D. Choi, S. H. Lee, S. B. Song, J. Y. Ko, J. M. Choi, and Y. W. Jang. 2017. Differences in yields, antioxidant compounds, and antioxidant activity of ethanolic extracts among 11 adzuki bean cultivars (*Vigna angularis* L.) cultivated on a somewhat poorly drained paddy field. Korean J. Crop Sci. 62(3) : 203-213.

Hsieh, H. M., Y. Pomeranz, and B. G. Swanson. 1992. Composition, cooking time, and maturation of adzuki (*Vigna angularis*) and common bean (*Phaseolus vulgaris*). Cereal Chem. 69(3) : 244-248.

Huang, D., B. Ou, and R. L. Prior. 2005. The chemistry behind antioxidant capacity assays. J. Agric. Food Chem. 53(6) : 1841-1856.

Hwang, C. S., D. Y. Jeong, Y. S. Kim, J. M. Na, and D. H. Shin. 2005. Effects of enzyme treatment on physicochemical characteristics of small red bean extract. Korean J. Food Sci Technol. 37(2) : 189-193.

Jeon, S. H., H. L. Jeon, H. J. Kim, S. J. Lee, B. D. Lee, and M. R. Kim. 2015. Analysis of free sugar, organic acid and free amino acid in commercial Makjang. J. East Asian Soc. Diet. Life. 25(2) : 326-332.

Jung, I. C., Y. S. Lee, D. K. Kang, and H. Y. Sohn. 2015. Evaluation of useful biological activities of hot-water extracts of raw-red bean and boiled-red bean (*Phaseolus radiatus* L.). J. East Asian Soc. Diet. Life. 25(3) : 451-459.

Kang, S. J. and Y. S. Han. 2012. Studies on the anti oralmicrobial activity and selected functional component of small red bean extract. Korean J. Food Cookery Sci. 28(1) : 41-49.

Kawamura, S. 1969. Studies on the starches of edible legume seeds. J. Jap. Soc. Starch Sci. 17(1) : 19-40.

Kim, C. H. 2011. Ecotypic variation related to the ratio of mannose to galactose in the seeds of *Phaseolus angularis*. J. Life Sci. 21(7) : 1060-1066.

Kim, C. K., B. H. Oh, J. M. Na, and D. H. Shin. 2003. Comparison of physicochemical properties of korean and chinese red bean starches. Korean J. Food Sci Technol. 35(4) : 551-555.

Kim, D. J., A. D. Assefa, Y. J. Jeong, Y. A. Jeon, J. E. Lee, M. C. Lee, H. S. Lee, J. H. Rhee, and J. S. Sung. 2019. Variation in fatty composition, caffeic and rosmarinic acid content, and antioxidant activity of perilla accessions. Korean J. Medicinal Crop Sci. 27(2) : 96-107.

Kim, S. M., Y. S. Cho, and S. K. Sung. 2001. The antioxidant ability and nitrite scavenging ability of plant extracts. Korean J. Food Sci Technol. 33(5) : 626-632.

Kim, Y. H. 2002. Current achievement and perspectives of seed quality evaluation in soybean. Kor. J. Crop Sci. 47(S) : 95-106.

Koh, K. J., D. B. Shin, and Y. C. Lee. 1997. Physicochemical properties of aqueous extracts in small red bean, mung bean and black soybean. Korean J. Food Sci Technol. 29(5) : 854-859.

Kweon, M. R. and S. Y. Ahn. 1993. Comparison of physicochemical properties of legume starches. Korean J. Food Sci Technol. 25(4) : 334-339.

Lee, H. J., J. H. Lee, J. T. Jung, Y. J. Lee, M. W. Oh, J. K. Chang, H. S. Jeong, and C. G. Park. 2019. Changes in free sugar, coixol contents and antioxidant activities of adlay sprout (*Coix lacryma-jobi* L. *ma-yuen* Stapf.) according to different growth stage. Korean J. Medicinal Crop Sci. 27(5) : 339-347.

Lee, K. H., J. Y. Park, S. K. Lee, Y. Y. Lee, B. W. Lee, H. Y. Park, H. S. Choi, D. H. Cho, S. I. Han, and S. K. Oh. 2017. Quality characteristics of puffed snacks made from high-amylose rice varieties containing resistance starch. Korean J. Crop Sci. 62(4) : 285-292.

Lee, L. S., E. J. Choi, C. H. Kim, J. M. Sung, Y. B. Kim, J. S. Kum, and J. D. Park. 2015. Antioxidant properties of different parts of red and black adzuki beans. Korean J. Food Sci Technol. 44(8) : 1150-1156.

Lee, R. K., M. S. Kim, Y. S. Lee, M. H. Lee, J. H. Lee, and H. Y. Sohn. 2014. A comparison of the components and biological activities in raw and boiled red beans (*Phaseolus radiatus* L.). Korean J. Microbiology Biotechnol. 42(2) : 162-169.

Meng, G. T. and C. Y. Ma. 2001. Thermal properties of Phaseolus angularis (red bean) globulin. Food Chem. 73(4) : 453-460.

Naivikul, O. and B. L. D'Appolonia. 1979. Carbohydrates of legume flours compared with wheat flour. II. Starch. Cereal Chem. 56(1) : 24-28.

Park, K. Y., W. Y. Choi, D. H. Chung, and S. D. Kim. 1993. Relationship between seed size and seed vigor in soybean. Korean J. Crop Sci. 38(2) : 139-150.

Pilon-Smits, E. A. H., M. J. M. Ebskamp, M. J. Paul, M. J. W. Jeuken, P. J. Weisbeek, and S. C. M. Smeekens. 1995. Improved performance of transgenic fructan-accumulating tobacco under drought stress. Plant Physiol. 107 : 125-130.

Rho, C. W., S. Y. Son, S. T. Hong, K. H. Lee, and I. M. Ryu. 2003. Agronomic characters of Korean adzuki beans (*Vigna angularis* (Willd.) Ohwi & Ohashi). Korean J. Plant Res. 16(2) : 147-154.

Song, E. J., S. M. Park, Q. Wang, and J. K. Lim. 2014. Iden-

tification and characterization of protease-resistant proteins from adzuki beans. Cur. Res. Agric. Life Sci. 32(3) : 149-154.

Song, S. B., J. Y. Ko, J. I. Kim, J. S. Lee, T. W. Jung, K. Y. Kim, D. Y. Kwak, I. S. Oh, and K. S. Woo. 2013. Changes in physicochemical characteristics and antioxidant activity of adzuki bean and adzuki bean tea depending on the variety and roasting time. Korean J. Food Sci Technol. 45(3) : 317-324.

Song, S. B., J. Y. Ko, M. C. Seo, D. Y. Kwak, and K. S. Woo. 2016. A new small redbean cultivar 'Arari' with lodging resistance and high-quality. Korean J. Breed. Sci. 48(3) : 373-377.

Song, S. B., J. Y. Ko, M. C. Seo, D. Y. Kwak, K. S. Woo, J. K. Moon, S. I. Han, W. Y. Han, M. E. Choe, and C. H. Park. 2017. A new small redbean cultivar 'Geomguseul' with lodging resistance and high-antioxidant activity. Korean J. Breed. Sci. 49(4) : 390-395.

Song, S. B., J. Y. Ko, K. S. Woo, M. E. Choe, J. H. Chu, T. J. Ha, S. I. Han, and D. Y. Kwak. 2019. A small redbean cultivar 'Hongjin' with lodging tolerance and high yield. Korean J. Breed. Sci. 51(4) : 523-528.

Song, S. B., H. I. Seo, J. Y. Ko, J. S. Lee, J. R. Kang, B. G. Oh, M. C. Seo, Y. N. Yoon, D. Y. Kwak, M. H. Nam, and K. S. Woo. 2011. Quality characteristics of adzuki bean sediment according to variety. J. Korean Soc. Food Nutr. 40(8) : 1121-1127.

Sung, J. S., Y. J. Jeong, D. J. Kim, A. D. Assefa, Y. A. Jeon, O. S. Hur, N. Y. Ro, H. C. Ko, H. C. Ok, J. H. Rhee, M. C. Lee, and H. J. Baek. 2018. Oil compositions and antioxidant properties of safflower germplasm collected from east asia. Korean J. Medicinal Crop Sci. 26(1) : 32-41.

Waterhouse, A. L. 2002. Determination of total phenolics. In current protocols in food analytical chemistry. I1.1.1-I1.1.7. John Wiley and Sons Inc. New York, USA. pp. 1-4.

Won, S. Y., J. S. Seo, H. Y. Kang, Y. S. Lee, Y. M. Choi, H. K. Lee, and I. T. Park. 2016. Rapid quantitative analysis for sugars of agricultural products by HPLC. Food Eng. Prog. 20(4) : 406-410.

Woo, K. S., K. Y. Jung, S. B. Song, J. Y. Ko, Y. D. Lee, Y. S. Choi, Y. S. Yoon, T. W. Jung, and I. S. Oh. 2014. Effects of the drainage methods on antioxidant compounds and antioxidant activity of ethanolic extracts on adzuki bean. Korean J. Crop Sci. 59(3) : 350-358.

Woo, K. S., S. B. Song, J. Y. Ko, J. S. Lee, T. W. Jung, and H. S. Jung. 2015. Changes in antioxidant contents and activities of adzuki beans according to germination time. Korean J. Food Sci Technol. 44(5) : 687-694.

Woo, K. S., S. B. Song, J. Y. Ko, M. C. Seo, J. S. Lee, J. R. Kang, B. G. Oh, M. H. Nam, H. S. Jeong, and J. Lee. 2010. Antioxidant components and antioxidant activities of methanolic extract from adzuki beans (*Vigna angularis* var. *nipponensis*). Korean J. Food Sci Technol. 42(6) : 693-698.

Yoon, S. T., Y. F. Qin, T. H. Kim, S. H. Choi, J. C. Nam, and J. S. Lee. 2012. Agronomic characteristics of adzuki bean (*Vigna angularis* W.F.Wight) germplasm in Korea. Korean J. Crop Sci. 57(1) : 7-15.

Zhu, L. J., Q. Q. Liua, J. D. Wilson, M. H. Gu, and Y. C. Shi. 2011. Digestibility and physicochemical properties of rice (*Oryza sativa* L.) flours and starches differing in amylose content. Carbohyd. Polym. 86(4) : 1751-1759.