

파종시기에 따른 중북부 지역 재배 녹두 품종의 품질 및 이화학 특성

†우관식 · 김성국 · 정건호 · 김현주 · 이지혜* · 이병원 · 이유영 · 이병규**

농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부 농업연구사, *농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부 전문연구원,
**농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부 농업연구관

Quality and Physicochemical Characteristics of Mung-Bean Cultivars Cultivated in the North-Central Region with Different Seeding Periods

†Koan Sik Woo, Sung Kook Kim, Gun Ho Jung, Hyun-Joo Kim, Ji Hae Lee*,
Byong Won Lee, Yu Young Lee and Byoung Kyu Lee**

Researcher, Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16613, Korea

*Researcher, Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16613, Korea

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

Abstract

The proximate compositions, quality and physicochemical characteristics of mung-bean cultivars cultivated in the north-central region of South Korea with different seeding periods were evaluated. A significant difference was noted in the proximate compositions and chromaticity of mung-beans according to cultivars and different seeding periods. Crude ash and protein content decreased with the delay in seeding period and a slight increase in carbohydrate content was observed. Redness of the other five cultivars increased with the delay in seeding period except for the cultivar Jangan, while the yellowness decreased in cultivars Geumsung and Jangan. Water binding capacity of the 1st, 2nd and 3rd seeding on the cultivar Eoul was 115.15, 99.76 and 96.31%, respectively, and a decrease in the binding capacity was observed with the delay in seeding periods. Water solubility index and swelling power were significantly different among cultivars. Total polyphenol content of 1st and 2nd seeding on the cultivar Jangan was 8.59 and 8.57 mg GAE/g, respectively, and a decrease was observed with the delay in seeding periods except for the cultivar Sohyeon. Total flavonoid content of 1st seeding on the cultivar Jangan was 5.25 mg CE/g, which decreased with the delay in seeding periods. DPPH radical scavenging activity of 1st seeding on the cultivars Geumsung and Kyungseon was 2.44 and 2.32 mg TE/g, respectively, which decreased with the delay in seeding periods. The BTS radical scavenging activity of 1st seeding on the cultivar Jangan was 6.98 mg TE/g. In the present study, the variations in phenol content and radical scavenging activity were observed to be dependent on the cultivars and seeding periods.

Key words: mung-bean (*Phaseolus radiatus* L.), cultivar, seeding period, quality characteristics, physicochemical characteristics

서론

녹두(*Phaseolus radiatus* L.)는 아열대성 콩과작물로 따뜻한 기후에서 잘 자라고(Kim 등 2008), 종피 색에 따라 노란색, 녹색을 띤 갈색, 검은 빛을 띤 갈색 녹두 등으로 구분되며, 녹색 녹두가 90%를 차지한다(Kim 등 2013). 녹두는 당질(45~62%)

과 단백질(20~28%)로 이루어져 있어 지방함량(1% 내외)이 낮고, 비교적 전분함량이 높아 쌀과 함께 부식 소재로 쓰이거나, 숙주나물과 빈대떡의 원료로 사용되고 있다(Noh 등 2001; Imm & Kim 2010).

녹두의 기능성에 대한 연구는 매우 제한적으로 이루어졌다. 녹두의 이소플라본 함량과 항산화 활성 및 혈전용해 활

† Corresponding author: Koan Sik Woo, Researcher, Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16613, Korea. Tel: +82-31-695-0616, E-mail: wooks@korea.kr

성을 평가하였으며(Oh 등 2001; Kim 등 2007), 녹두 나물 생즙이 카드뮴에 의한 쥐 간 손상의 회복에 미치는 영향(Choi 등 1998), 녹두 에탄올 추출물의 항산화 활성, 항변이성 및 변이원성에 대한 비교 연구에서는 변이원 mitomycin C에 대하여 유의적인 항변이성을 나타냈으며, 지시세포의 성장을 촉진하는 효과가 나타났다(Chang 등 2002). 녹두 에탄올 추출물이 백내장, 동맥경화, Alzheimer's disease의 질환과 관련이 있는 진행성 당화 종말생성물(advanced glycation end products)의 생성을 억제하는 것으로 보고하였다(Peng 등 2008). 또한, 녹두 껍질에 특이적으로 함유된 vitexin과 isovitexin의 항산화 활성(Kim 등 2008; Kim 등 2010), 항산화 및 항염증 활성(Imm & Kim 2010; Wi 등 2012) 등이 보고되어 있다. 일반적으로 flavonoid 류 등 기능성 물질은 특정 부위에 상대적으로 다량 함유되어 있고(Kim & Kim 1996), 품종, 지역, 연차 및 온도 등의 재배조건에 따라 함량 변이가 큰 것으로 알려져 있다(Hoeck 등 2000; Kitamura 등 1991).

작물의 재배시기에 대한 연구로는 재배시기가 나물용 콩 종실의 품질에 미치는 영향을 분석한 결과, 단백질, isoflavone 등의 성분들과 수분흡수율, 발아율 등이 파종시기에 따라 차이를 보여 종실의 품질 향상을 위해 품종 특성을 고려해야 한다고 보고하였다(Kim 등 2005; Kim 등 2006). 콩에 함유된 isoflavone의 함량은 품종 및 재배환경에 따라 큰 차이를 보이고, 같은 품종이라도 재배장소, 품종 및 연차 간의 변화에도 함량의 변이가 크다고 하였다(Eldridge & Kwol 1983; Wang & Murphy 1994; Kim 등 2018). 또한, 검정콩에 함유된 안토시아닌의 함량은 파종시기, 수확시기, 연차 등 환경적인 요인에 영향을 받는 것으로 보고하였으며(Joo 등 2004; Jung 등 1996), 풋완두 재배에 있어 지역 및 시기를 고려하여 파종해야 하는 것으로 보고되어 있다(Kim 등 2003). 녹두의 재배시기 등에 대한 연구로는 남부지역에서 생산한 녹두의 품질 특성 연구에서 재배방식과 수확기에 따라 종실의 전분, 조단백질, vitexin 및 isovitexin 함량, 지방산 조성은 유의적인 차이가 없는 것으로 보고하였다(Kim 등 2011). 또한, 남부지역에서 파종시기에 따라 녹두 생육과 수량 변이 및 vitexin과 isovitexin 함량 변화를 구명한 연구에서는 재배기간, 수량, 수확 횟수 및 vitexin, isovitexin 함량 등을 고려하여 남부지역 녹두 파종적기는 6월 하순에서 7월 중순으로 보고하였다(Kim 등 2008). Ko 등(1992)은 제주도에서 파종기가 늦어짐에 따라 개화일수가 단축되는 것으로 보고하였으며, 서울에서 녹두 파종기 이동에 따른 개화기 분포 및 결실율 변이를 보고하였다(Kim 등 1981). 이처럼 파종시기에 따라 생육, 수량구성요소, 수량, 품질, 기능 성분 변화에 대한 보고가 있었다.

본 연구에 사용된 경선(*Phaseolus radiatus* L. cv. Kyungseon)

품종은 무광택 종피의 소립, 다수성 및 광지역 적응 특성을 가진 품종으로 1996년에 육성되었으며, 금성(cv. Geumsung) 품종은 무광택 종피의 중립, 다수성, 광지역 적응 및 기계 수확이 가능한 품종으로 1994년에 육성되었다. 다현(cv. Dahyeon) 품종은 중립, 다수성의 녹두나물용으로 2007년에 육성되었으며, 소현(cv. Sohyeon) 품종은 소립, 다수성이고 비텍신과 이소비텍신 함량이 높은 녹두나물용으로 2006년에 육성되었다. 어울(cv. Eoul) 품종은 동시성숙성을 가진 다수성, 광지역적응 특성을 가진 품종으로 1997년에 육성되었으며, 장안(cv. Jangan) 품종은 무광택 종피의 소립, 다수성으로 바구미 저항성이 인정되어 1999년에 육성되었다. 본 연구에서는 중북부 지역에서 생산된 녹두의 품질과 이화학 특성을 검토하여 추후 생산 지역 확대를 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 시험재료

본 연구에 사용된 녹두 품종은 2017년에 경기도 수원 소재의 국립식량과학원 중부작물부 시험포장에서 생산된 경선(*Phaseolus radiatus* L. cv. Kyungseon), 금성(cv. Geumsung), 다현(cv. Dahyeon), 소현(cv. Sohyeon), 어울(cv. Eoul), 장안(cv. Jangan) 품종을 사용하였다. 녹두는 조기 파종시 병 발생과 도복의 우려가 있어 파종적기가 6월말로 1차 파종은 6월 30일에 실시하였고, 2차 파종은 7월 10일에, 3차 파종은 7월 20일에 총 3회에 걸쳐 파종하였다. 재식본수는 2본으로 하여 재식거리 60×25 cm로 파종하였고, 비료는 N-P₂O₅-K₂O를 10 a당 3-3-3.5 kg 시비하였다. 시료의 수확은 개화 후 성숙기가 60일 정도로 9월 초순에서 10월 초순에 걸쳐 꼬투리가 익으면 수확하였다. 재배기간 동안 1차 파종의 평균기온, 강수량 및 총일조시간은 각각 25.0℃, 1,069.0 mm, 448.8시간이었고, 2차 파종은 각각 24.3℃, 821.6 mm, 497.6시간, 3차 파종은 각각 23.7℃, 607.6 mm, 516.3시간으로 조사되었다. 수확된 시료는 그늘에서 3일 동안 건조한 후 탈곡하여 시료로 사용하였으며, 시료로 사용한 녹두의 외관 사진은 Fig. 1과 같다. 시료는 성분 분석을 위해 Vibrating sample mill(CMT Co. Ltd., Tokyo, Japan)로 분쇄하여 4℃ 냉장고에 저장하면서 시료로 사용하였다.

2. 품종 및 파종시기별 녹두의 일반성분 분석

품종 및 파종시기에 따른 녹두의 수분함량은 105℃에서 상압가열건조법(DS-80S, Dasol Scientific, Hwaseong, Korea)으로 측정하였으며, 조단백질 함량은 Kjeldahl 방법(2300 Kjeltac Analyzer Unit, FOSS Tecator, Laurel, MD, USA)으로 정량 분석하였다. 조지방 함량은 Soxhlet 방법(Soxtec™ 2050 Analyzer

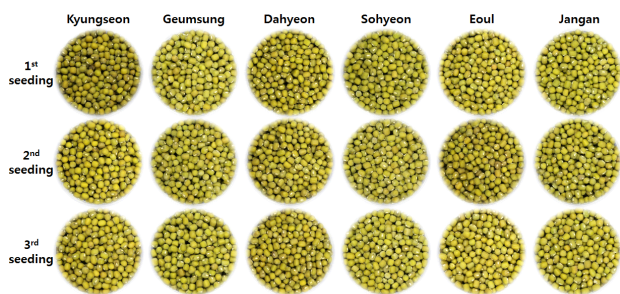


Fig. 1. The photograph of mung-beans produced in the north-central region with variety and different seeding periods. The 1st, 2nd, and 3rd seeding periods were seeded on June 30, July 10, and July 20, respectively.

Unit, Foss Tecator)으로 분석하였고, 조회분 함량은 600℃ 직접회화법(DS-84E-1, Dasol Scientific, Hwaseong, Korea)으로 분석하였다. 탄수화물 함량은 100 중량부에서 수분, 단백질, 지방, 회분을 뺀 나머지로 표시하였다(Jeong 등 2014).

3. 품종 및 파종시기별 녹두의 품질 특성 분석

품종 및 파종시기에 따른 녹두의 색도는 색차계(CM-3500d, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 일정량의 시료를 측정용 셀(35×20×50 mm)에 담아 직경 23 mm의 부분에 해당하는 부분 전체를 측정하였으며, Hunter's value인 명도(L-value, lightness), 적색도(a-value, redness) 및 황색도(b-value, yellowness)를 측정하였다(Shin 등 2016). 이때 사용한 표준백판의 색도는 L-value는 97.38, a-value는 -0.02, b-value는 1.66이었다. 수분결합력은 60 mesh 이하로 분쇄한 시료 1 g을 증류수 40 mL에 혼합하여 1시간 교반하고, 10분 동안 1,500×g에서 원심분리(CR22GIII, Hitachi, Tokyo, Japan)하여 상등액을 제거한 다음 침전된 가루의 무게를 측정하여 침전된 시료의 무게(g)에서 처음 시료의 무게(g)를 빼고 처음 시료 무게(g)에 대한 백분율로 계산하였다(Woo 등 2016). 용해도와 팽윤력은 분쇄한 시료 1 g을 30 mL의 증류수에 분산시켜 90±1℃의 항온수조에 30분간 가열하고, 1,500×g로 20분간 원심분리한 후 상등액은 105℃에서 12시간 건조시켜 무게를 측정하고, 침전물은 그대로 무게를 측정하였으며, 아래의 계산식에 의해 산출하였다(Woo 등 2016).

용해도(solubility, %) =

$$\frac{\text{상등액을 건조한 고형물의 무게 (g)}}{\text{처음 시료 무게 (g)}} \times 100$$

팽윤력(swelling power, %) =

$$\frac{\text{원심분리 후 무게 (g)} \times 100}{\text{처음 시료 무게 (g)} \times (100 - \text{용해도})}$$

4. 품종 및 파종시기별 녹두의 항산화 성분 함량 분석

품종 및 파종시기에 따른 녹두의 항산화 성분 및 radical 소거활성을 분석하기 위해 건조하여 분쇄한 시료 일정량을 취하여 80% 에탄올을 넣고 homogenizer(HG-15A, Daihan Scientific Co., Ltd., Wonju, Korea)로 균질화시킨 후, 상온에서 24시간동안 2회 진탕추출(WiseCube WIS-RL010, Daihan Scientific Co., Ltd.)한 다음 No. 2 여과지(Advantec, Toyo Roshi Kaisha, Ltd., Tokyo, Japan)로 여과하여 -20℃ 냉동고에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다. 추출물에 대한 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 Lee 등(2017)의 방법으로 분석하였다. 총 폴리페놀 함량은 추출물 50 µL에 2% sodium carbonate(Na₂CO₃; Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 용액 1 mL를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich) 50 µL를 가하였다. 30분 후 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였고, 표준물질인 gallic acid(Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 g 중의 mg gallic acid equivalents GAE, dry basis)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 추출물 250 µL에 증류수 1 mL와 5% sodium nitrite(NaNO₂; Sigma-Aldrich) 75 µL를 가한 다음, 5분 후 10% aluminum chloride hexahydrate(AlCl₃ · 6H₂O; Sigma-Aldrich) 150 µL를 가하여 6분 방치하고, 1 N sodium hydroxide(NaOH; Junsei Chemical Co., Ltd., Tokyo, Japan) 500 µL를 첨가하며, 11분 후 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다. 표준물질인 (+)-catechin(Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 g 중의 µg catechin equivalents(CE, dry basis)으로 나타내었다.

5. 품종 및 파종시기별 녹두의 DPPH 및 ABTS radical 소거활성 측정

품종 및 파종시기에 따른 녹두 추출물의 radical 소거활성은 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich) 및 ABTS(2,2'-azino-bis-3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich) radical 소거활성을 측정하였다(Lee 등 2017). DPPH radical 소거활성은 0.2 mM DPPH 용액(99.9% ethanol에 용해) 0.8 mL에 시료 0.2 mL를 첨가한 후 520 nm에서 정확히 30분 후에 흡광도 감소치를 측정하였다. ABTS radical 소거활성은 ABTS 7.4 mM과 potassium persulphate(Sigma-Aldrich) 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후, 이용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 물 흡광계수($\epsilon=3.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$)를 이용하여 에탄올로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 1 mL에 추출액 50 µL를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였다. DPPH 및 ABTS radical 소거활성은 Trolox(Sigma-Aldrich)를 이용하여 시료 g당 mg Trolox equivalent antioxidant capacity(TE, dry basis)로 표현하였다.

6. 통계분석

모든 데이터는 3회 반복 측정하였으며, mean±S.D.로 표현하였다. 또한, 얻어진 결과를 통계프로그램(Statistical Analysis System; version 9.2, SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 다중범위검정(Duncan's multiple range test)을 실시하였으며, 각 분석항목 간의 상관관계를 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 품종 및 파종시기별 녹두의 일반성분 함량

품종 및 파종시기에 따른 녹두의 일반성분 함량을 분석한 결과, Table 1과 같이 품종 및 파종시기에 따라 유의적인 차이를 보였다. 파종시기에 따라 경선(Kyungseon), 금성(Geumsung), 다현(Dahyeon), 소현(Sohyeon), 어울(Eoul) 및 장안(Jangan) 녹두의 수분 함량은 각각 8.40~8.52, 8.29~8.58, 8.45~8.58, 8.29~8.70, 8.46~8.51 및 8.53~8.78 g/100 g으로 유의적인 차이를 보였다. 조회분 함량은 전체적으로 3.69~3.99 g/100 g의 범위로 조사되었으며, 파종시기에 늦어질수록 감소하는 경향을 보였다. 조지방 함량은 다른 품종에 비해 장안 녹두가 유의적으로 높은 함량을 보였으며($p<0.05$), 파종시기에 따라 경선 녹두는 유의적인 차이가 없었고, 나머지 품종은 0.57~1.17 g/100 g의

범위로 파종시기에 늦어질수록 증가하는 경향을 보였다. 조단백질 함량은 1차와 3차 파종은 장안 녹두가 각각 28.00 및 27.76 g/100 g으로 높게 나타났고, 2차는 어울 녹두가 27.36 g/100 g으로 유의적으로 높았다($p<0.05$). 파종시기에 따라서는 전체적으로 파종시기에 늦어질수록 감소하는 경향을 보였다. 탄수화물 함량은 58.25~62.59 g/100 g의 범위로 조사되었으며, 품종에 따라서는 경선 품종이 1차, 2차 및 3차에서 각각 61.80, 61.86 및 62.59 g/100 g으로 유의적으로 높게 나타났고($p<0.05$) 전체적으로 파종시기에 늦어질수록 약간 증가하는 경향을 보였다. Kim 등(2007)은 2005년 시중에 유통되고 있는 거피 녹두의 수분, 조회분, 조지방, 조단백질 및 탄수화물 함량을 각각 8.6, 3.3, 2.2, 25.8 및 59.9 g/100 g으로 보고하여 본 연구 결과와 유사한 값을 나타내었고, 약간의 차이는 품종, 재배시기의 강수량, 일조시간 등의 기상조건과 재배지역의 토양조건 등 재배환경 등에 의한 차이로 생각된다.

2. 품종 및 파종시기별 녹두의 색도

품종 및 파종시기에 따른 녹두의 색도를 분석한 결과, Table 2와 같이 전체적으로 품종 및 파종시기에 따라 유의적인 차이를 나타내었다. 명도는 품종에 따라 1차와 2차 파종한 소현 품종이 각각 48.28 및 48.38로 유의적으로 높게 나타났

Table 1. The proximate compositions of mung-beans produced in the north-central region with variety and different seeding periods

Factor (g/100 g)	Seeding periods ¹⁾	Variety					
		Kyungseon	Geumsung	Dahyeon	Sohyeon	Eoul	Jangan
Moisture	1 st	8.51±0.02 ^{cA2)}	8.31±0.01 ^{dB}	8.58±0.03 ^{bA}	8.29±0.03 ^{dC}	8.51±0.03 ^{cA}	8.78±0.01 ^{aA}
	2 nd	8.52±0.02 ^{bA}	8.29±0.03 ^{cB}	8.53±0.02 ^{bB}	8.70±0.02 ^{aA}	8.51±0.05 ^{bA}	8.73±0.01 ^{aB}
	3 rd	8.40±0.03 ^{cB}	8.58±0.02 ^{bA}	8.45±0.02 ^{dC}	8.65±0.01 ^{aB}	8.46±0.02 ^{dA}	8.53±0.02 ^{cC}
Crude ash	1 st	3.98±0.02 ^{aA}	3.87±0.02 ^{cA}	3.85±0.01 ^{cA}	3.88±0.03 ^{cA}	3.86±0.02 ^{cA}	3.92±0.01 ^{bB}
	2 nd	3.88±0.01 ^{bcB}	3.88±0.02 ^{bcA}	3.87±0.03 ^{cA}	3.90±0.02 ^{bA}	3.76±0.01 ^{dB}	3.99±0.00 ^{aA}
	3 rd	3.85±0.01 ^{aC}	3.71±0.01 ^{dB}	3.81±0.01 ^{bB}	3.76±0.02 ^{cB}	3.69±0.03 ^{dC}	3.77±0.01 ^{cC}
Crude fat	1 st	0.89±0.08 ^{bA}	0.75±0.04 ^{cC}	0.75±0.04 ^{cB}	0.95±0.01 ^{bB}	0.61±0.05 ^{dB}	1.05±0.00 ^{aC}
	2 nd	0.94±0.05 ^{cA}	1.04±0.02 ^{bA}	0.95±0.04 ^{cA}	0.98±0.01 ^{bcAB}	0.57±0.05 ^{dB}	1.12±0.03 ^{aB}
	3 rd	0.85±0.09 ^{cA}	0.96±0.03 ^{bB}	0.81±0.03 ^{cB}	1.02±0.06 ^{bA}	0.77±0.03 ^{cA}	1.17±0.03 ^{aA}
Crude protein	1 st	24.82±0.19 ^{fA}	27.80±0.03 ^{bA}	26.68±0.10 ^{eA}	27.34±0.05 ^{cA}	27.00±0.06 ^{dB}	28.00±0.04 ^{aA}
	2 nd	24.80±0.06 ^{eA}	26.72±0.07 ^{bc}	26.21±0.01 ^{dB}	26.53±0.01 ^{cC}	27.36±0.21 ^{aA}	26.72±0.02 ^{bC}
	3 rd	24.31±0.06 ^{eB}	27.39±0.02 ^{bB}	26.26±0.17 ^{dB}	27.26±0.04 ^{bB}	26.62±0.25 ^{cC}	27.76±0.09 ^{aB}
Carbohydrate	1 st	61.80±0.17 ^{aB}	59.27±0.06 ^{dC}	60.14±0.12 ^{bc}	59.55±0.05 ^{cB}	60.02±0.12 ^{bb}	58.25±0.05 ^{cC}
	2 nd	61.86±0.05 ^{aB}	60.07±0.07 ^{cA}	60.44±0.03 ^{bb}	59.88±0.06 ^{dA}	59.80±0.21 ^{dB}	59.45±0.02 ^{cA}
	3 rd	62.59±0.03 ^{aA}	59.37±0.01 ^{dB}	60.67±0.18 ^{bA}	59.31±0.11 ^{dC}	60.46±0.26 ^{cA}	58.77±0.09 ^{eB}

¹⁾ The 1st, 2nd, and 3rd seeding periods were seeded on June 30, July 10, and July 20, respectively.

²⁾ All values are expressed as the mean±S.D. of triplicate determinations. Any means in the same row (^{a-f}) and column (^{A-C}) followed by the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

Table 2. The chromaticity of mung-beans produced in the north-central region with variety and different seeding periods

Factor	Seeding periods ¹⁾	Variety					
		Kyungseon	Geumsung	Dahyeon	Sohyeon	Eoul	Jangan
L-value	1 st	45.61±2.70 ^{abA2)}	46.68±0.26 ^{abA}	44.76±1.04 ^{ba}	48.28±1.54 ^{aA}	45.50±0.48 ^{ba}	46.79±0.86 ^{abA}
	2 nd	46.57±2.06 ^{abA}	47.15±0.38 ^{abA}	45.21±0.73 ^{abA}	48.38±1.91 ^{aA}	45.53±2.60 ^{abA}	44.53±1.68 ^{ba}
	3 rd	45.76±1.97 ^{aA}	45.69±1.27 ^{aA}	46.06±2.54 ^{aA}	47.79±0.86 ^{aA}	45.36±0.95 ^{aA}	45.53±0.52 ^{aA}
a-value	1 st	-0.42±0.34 ^{BB}	-0.66±0.58 ^{BB}	0.25±0.07 ^{aAB}	-0.25±0.09 ^{abAB}	0.28±0.18 ^{ab}	-0.40±0.16 ^{ba}
	2 nd	0.29±0.24 ^{abAB}	-0.21±0.04 ^{cdAB}	0.10±0.10 ^{bcB}	-0.56±0.45 ^{dB}	0.64±0.19 ^{aA}	0.05±0.08 ^{obcA}
	3 rd	0.53±0.47 ^{abA}	0.12±0.10 ^{ba}	0.43±0.11 ^{abA}	0.18±0.17 ^{ba}	0.84±0.18 ^{aA}	0.05±0.35 ^{ba}
b-value	1 st	11.14±1.59 ^{abA}	11.92±1.02 ^{abA}	9.80±0.95 ^{ba}	12.57±2.04 ^{aA}	9.97±0.97 ^{ba}	11.27±0.87 ^{abA}
	2 nd	12.64±4.16 ^{aA}	11.58±0.29 ^{aA}	10.13±0.75 ^{aA}	10.68±1.07 ^{aA}	10.14±3.26 ^{aA}	8.42±1.60 ^{BB}
	3 rd	10.17±0.94 ^{aA}	7.94±0.55 ^{BB}	9.80±1.35 ^{aA}	10.54±1.05 ^{aA}	9.71±0.79 ^{aA}	10.69±1.07 ^{aAB}

¹⁾ The 1st, 2nd, and 3rd seeding periods were seeded on June 30, July 10, and July 20, respectively.

²⁾ All values are expressed as the mean±S.D. of triplicate determinations. Any means in the same row (^{a-d}) and column (^{A,B}) followed by the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

으며($p<0.05$), 3차 파종한 녹두는 45.36~47.79의 범위로 유의적인 차이가 없었다. 파종시기에 따른 명도는 모든 품종에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 적색도는 모든 시기에서 품종별로 유의적인 차이를 보였으며, 어울 녹두가 모든 시기에 0.28~0.84의 범위로 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). 파종시기에 따른 적색도에 장안 품종은 유의적인 차이를 보이지 않았고, 나머지 품종은 전체적으로 파종시기가 늦어질수록 증가하는 경향을 보였다. 황색도는 1차 파종한 소현 녹두가 12.57로 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$), 3차 파종한 금성이 7.84로 유의적으로 낮게 조사되었으며($p<0.05$), 2차 파종한 녹두는 품종별로 유의적인 차이가 없었다. 파종시기에

따른 황색도는 금성과 장안 녹두가 감소하는 경향을 보였고, 다른 품종은 유의적인 차이가 없었다.

3. 품종 및 파종시기별 녹두의 수분특성

품종 및 파종시기에 따른 녹두의 수분결합력(Water binding capacity)을 분석한 결과, Table 3과 같이 전체적으로 품종 및 파종시기에 따라 유의적인 차이를 보였다. 품종에 따라 수분결합력은 유의적인 차이를 보였으며($p<0.05$), 어울 품종이 1차, 2차 및 3차에서 각각 115.15, 99.76 및 96.31%로 가장 높게 나타났다. 파종시기에 따라서는 시험에 사용된 품종의 수분결합력은 감소하는 경향을 보였다($p<0.05$). 수분결합력은 수분

Table 3. Water binding capacity (WBC), water solubility index (WSI), and swelling power (SP) of mung-beans produced in the north-central region with variety and different seeding periods

Factor	Seeding (%) periods ¹⁾	Variety					
		Kyungseon	Geumsung	Dahyeon	Sohyeon	Eoul	Jangan
WBC	1 st	73.43±2.18 ^{dA2)}	98.02±2.00 ^{cA}	94.22±0.75 ^{cA}	106.13±0.75 ^{ba}	115.18±3.43 ^{aA}	109.09±3.28 ^{ba}
	2 nd	69.44±1.38 ^{dB}	86.76±1.62 ^{BB}	77.13±2.06 ^{CB}	77.33±2.28 ^{CB}	99.76±0.20 ^{ab}	99.15±1.99 ^{ab}
	3 rd	60.87±0.42 ^{cC}	68.41±2.10 ^{bc}	68.12±1.60 ^{bc}	70.81±3.44 ^{bc}	96.31±1.78 ^{ab}	93.78±1.18 ^{aC}
WSI	1 st	29.19±0.52 ^{BB}	31.84±1.10 ^{aA}	31.73±1.07 ^{aA}	29.27±1.23 ^{ba}	29.97±0.96 ^{abA}	29.87±1.44 ^{abA}
	2 nd	29.77±0.53 ^{abAB}	31.22±1.04 ^{ba}	32.86±0.87 ^{aA}	28.87±0.29 ^{cA}	29.55±0.29 ^{cA}	28.67±0.64 ^{cA}
	3 rd	30.85±0.75 ^{abA}	31.73±1.41 ^{aA}	29.86±0.72 ^{abcB}	28.83±1.13 ^{bcA}	27.98±1.34 ^{cA}	29.56±1.05 ^{bcA}
SP	1 st	26.42±0.41 ^{abB}	27.59±0.84 ^{aA}	27.29±0.53 ^{abAB}	25.93±0.68 ^{ba}	26.67±0.51 ^{abA}	26.63±1.18 ^{abA}
	2 nd	26.97±0.27 ^{BB}	26.48±0.34 ^{bcA}	27.93±0.28 ^{aA}	26.13±0.17 ^{cA}	26.20±0.32 ^{cA}	26.38±0.34 ^{cA}
	3 rd	28.07±0.44 ^{aA}	27.58±0.77 ^{abA}	26.85±0.30 ^{bcB}	26.24±0.91 ^{cA}	26.15±0.41 ^{cA}	26.44±0.77 ^{bcA}

¹⁾ The 1st, 2nd, and 3rd seeding periods were seeded on June 30, July 10, and July 20, respectively.

²⁾ All values are expressed as the mean±S.D. of triplicate determinations. Any means in the same row (^{a-d}) and column (^{A-C}) followed by the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

과의 친화성을 의미하는 것으로 전분입자내의 비결정형 부분이 많을수록 높아지는데(Lee 등 2017), 파종시기에 따라 비결정형 부분의 구성이 달라져 수분결합력의 차이가 발생한 것으로 생각된다. 즉, 분쇄한 녹두의 전분입자의 무정형부분에 수분이 침투되거나, 입자표면에 흡착하는 것을 의미하는데(Wi 등 2013), 파종시기가 달라질 경우 성숙기의 환경 조건에 따라 전분의 구조 차이에 기인한 것으로 생각된다. 용해도(water solubility index)는 품종별로 유의적인 차이를 보였으며($p<0.05$), 1차 파종은 금성과 다현 품종이 각각 31.84 및 31.73%로 유의적으로 높게 나타났고($p<0.05$), 2차 파종은 다현 품종(32.86%), 3차 파종은 금성 품종(31.73%)이 유의적으로 높게 나타났고($p<0.05$). 파종시기에 따라서는 경선 품종은 유의적으로 증가하는 경향을 보였고, 다현 품종은 감소하는 경향을 보였으며($p<0.05$), 나머지 품종은 파종시기에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았다. 용해도가 높은 것은 가열에 의해 시료가 팽윤 및 호화되어 과피에 있는 지질과 섬유질 성분들이 파괴되면서 일부 아미로로나 용해성 탄수화물을 용출되어 높아지는 것으로 알려져 있다(Lee 등 2017). 팽윤력(swelling power)은 품종별로 유의적인 차이를 보였으며($p<0.05$), 1차 파종은 금성 품종(27.59%), 2차 파종은 다현 품종(27.93%), 3차 파종은 경선 품종(28.07%)이 유의적으로 높게 나타났고($p<0.05$). 파종시기에 따라서는 경선은 약간 증가하는 경향을 보였고, 다현 품종은 약간 감소하는 경향을 보였으며, 나머지 품종은 파종시기에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았다. 팽윤력이 낮으면 수분과 전분 입자내의 결합력이 강하다는 것을 의미하며(Leach 등 1959), 전분 용해도, 투명도, 점도와 밀접한 관계를 가지고 전분의 팽윤 성질은 입자내의 미셀구조의 강도와 성질에 크게 영향을 받는다(Lee & Kim 1992). 따라서 녹두의 품종 및 파종시기에 따라 수분결합력, 용해도 및 팽윤력 등 수분특성이 다른 이유는 파종시기가

달라 성숙기의 재배환경에 따라 전분의 구조나 구성이 다르고, 이화학 성분 차이에 기인한 것으로 생각되며, 추후 파종시기와 등숙 과정에서 전분 축적과 이화학 성분의 변화에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다(Woo 등 2016).

4. 품종 및 파종시기별 녹두의 항산화 성분 함량

곡물에 함유된 페놀 성분은 산화방지능력과 매우 높은 상관성을 가지는 것으로 보고되어 있다(Kanatt 등 2011; Lee 등 2006). 품종 및 파종시기에 따른 녹두의 총 폴리페놀 함량을 분석한 결과, Fig. 2(A)와 같이 품종별로 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 녹두의 총 폴리페놀 함량은 1차 파종한 경선, 금성, 다현, 소현, 어울 및 장안 품종에서 각각 8.27, 8.07, 8.47, 7.74, 8.15 및 8.59 mg GAE/g으로 나타났고, 2차 파종 시료는 각각 7.77, 8.00, 8.18, 7.77, 7.74 및 8.57 mg GAE/g으로 장안 품종이 1차와 2차 파종에서 유의적으로 높게 나타났으며($p<0.05$), 3차 파종은 각각 7.90, 7.68, 7.57, 7.53, 7.58 및 7.34 mg GAE/g으로 경선 품종이 유의적으로 높게 나타났고($p<0.05$). 파종시기에 따라서는 녹두의 총 폴리페놀 함량은 소현 품종은 유의적인 차이를 보이지 않았고, 나머지 품종은 유의적으로 감소하는 경향을 보였다($p<0.05$). 총 플라보노이드 함량은 Fig. 2(B)와 같이 4.58-5.25 mg CE/g의 범위로 조사되었으며, 1차 파종한 장안 품종이 5.25 mg CE/g으로 가장 높게 나타났다. 파종시기에 따라서는 장안 품종은 파종시기가 늦어질수록 유의적으로 감소하는 경향을 보였고($p<0.05$), 다현 품종은 약간 증가하는 경향으로 나타났으며, 나머지 품종은 유의적인 차이를 보이지 않았다. Jin 등(2010)은 2010년 강원도 평창군 진부면(해발 600 m)의 고령지농업연구센터 시험포장에서 재배한 다현, 다선, 금성, 장안, 남평, 소선 등의 녹두 품종 종실에 함유된 총 페놀 함량을 1,186-1,493 $\mu\text{g/g}$ 범위로 보고하였으며, 총 플라보노이드 함량은 다선 품종이 높

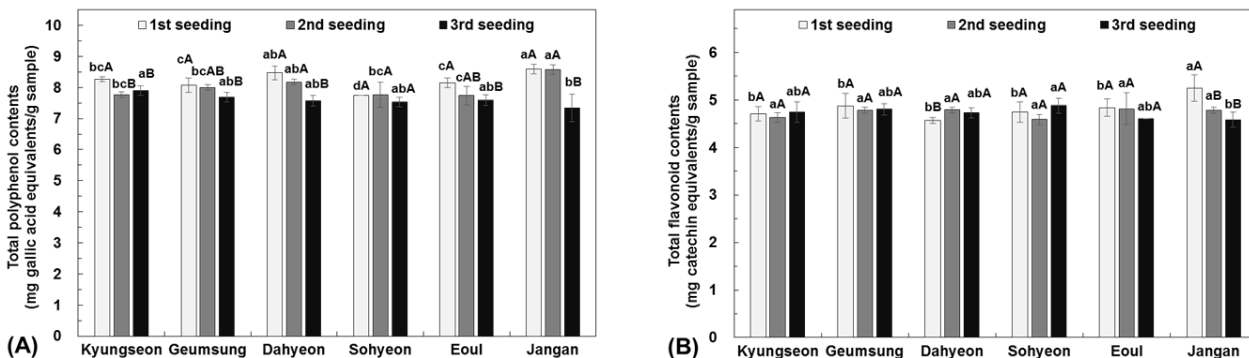


Fig. 2. Total polyphenol (A) and flavonoid (B) contents of mung-beans produced in the north-central region with variety and different seeding periods. The 1st, 2nd, and 3rd seeding periods were seeded on June 30, July 10, and July 20, respectively. Means with different superscripts within a column (a~d: varieties, A, B: three different seeding periods) are significantly different at $p<0.05$ by a Duncan's multiple range test.

은 것으로 보고하였다. 또한, 2011년 생산된 금성, 다현, 소현, 어울 품종을 침지해 껍질만을 분리하여 80% 에탄올로 가열 추출물과 상온 교반 추출물을 제조하여 총 페놀 및 플라보노이드 함량을 분석한 결과, 가열 추출물은 각각 2.65~5.00 mg/g 및 0.01~0.04 g/g, 상온 교반 추출물은 각각 7.01~10.27 mg/g 및 0.04~0.07 g/g으로 보고하였다(No 등 2012). 기존 보고에 의하면 작물의 이화학 성분 함량은 품종 및 재배환경에 따라 큰 차이를 보이며, 같은 품종이라도 재배지역, 품종 및 연차 간에도 함량의 변이가 크다고 하였다(Eldridge & Kwol 1983; Wang & Murphy 1994). 따라서 본 연구결과에서 기존 보고와 차이를 보이는 것은 품종 및 재배년도의 차이로 생각되며, 이외에 재배시기의 기상조건, 재배지역의 토양조건 등 재배환경 등에 의한 차이로 생각된다. 따라서 품종 및 파종시기에 따라 총 폴리페놀 및 플라보노이드 등 페놀 성분의 함량이 달라지므로 재배지역의 환경을 고려하여 파종시기를 결정할 필요가 있으며, 농업 지대별로 많이 재배되고 있는 품종에 대한 파종시기 설정 연구가 필요할 것으로 생각된다.

5. 품종 및 파종시기별 녹두의 DPPH 및 ABTS radical 소거활성

품종 및 파종시기에 따른 녹두의 DPPH radical 소거활성을 분석한 결과, Fig. 3(A)와 같이 품종 및 파종시기에 따라 유의적인 차이를 보였다. 녹두의 DPPH radical 소거활성은 1차 파종한 경선, 금성, 다현, 소현, 어울 및 장안 품종에서 각각 2.32, 2.44, 1.65, 1.84, 2.05 및 2.10 mg TE/g으로 품종별로 유의적인 차이를 보였고, 금성과 경선 품종이 유의적으로 높은 활성을 나타내었다($p < 0.05$). 파종시기에 따라서는 모든 품종에서 파종시기가 늦어짐에 따라 2차(1.26~2.69 mg TE/g)와 3차(0.98~1.98 mg TE/g)에서 유의적으로 감소하는 경향을 보

였으며($p < 0.05$), 모든 시기에서 금성 품종이 높게 나타났다. 품종 및 파종시기에 따른 녹두의 ABTS radical 소거활성은 Fig. 3(B)와 같이 품종별로 유의적인 차이를 보였다. 녹두의 ABTS radical 소거활성은 1차 파종한 경선, 금성, 다현, 소현, 어울 및 장안 품종에서 각각 6.35, 6.38, 6.34, 5.69, 6.49 및 6.98 mg TE/g으로 품종별로 유의적인 차이를 보였고, 장안 품종이 유의적으로 높은 활성을 나타내었다($p < 0.05$). 파종시기에 따라 경선, 금성, 어울 및 장안 품종은 파종시기가 늦어짐에 따라 감소하는 경향을 보였으며, 다현과 소현 품종은 파종시기에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았다. No 등(2012)은 2011년 생산된 금성, 다현, 소현, 어울 품종의 녹두를 침지해 껍질만을 분리하여 80% 에탄올로 가열 추출물과 상온 교반 추출물을 제조하여 DPPH 및 ABTS radical 소거활성을 측정 한 결과, 0.01%의 농도에서 소현 품종 상온 교반 추출물이 41.88 및 70.92%, 다현 품종은 39.86 및 49.71%의 활성을 보이는 것으로 보고하였다. 또한, 2010년 고려지농업연구센터 시험포장에서 재배한 녹두의 DPPH radical 소거활성을 측정한 결과, 장안 품종이 다른 품종에 비해 높은 것으로 보고하였다(Jin 등 2010). 기존 연구보고와 본 연구의 차이는 페놀 성분과 마찬가지로 품종, 재배환경 등에 의한 차이로 생각된다. 이상의 연구에서 농업 지대에 따른 품종별 파종시기 설정에 대한 연구가 필요할 있을 것이며, 페놀 성분의 함량이 높으면서 radical 소거활성이 높은 품종은 가공품에 기능성을 부여할 수 있을 것으로 생각되나, 이에 대한 가공적성 검토가 필요할 것으로 생각된다.

6. 품종 및 파종시기별 녹두의 품질 및 항산화 특성 간의 상관관계

품종 및 파종시기에 따른 녹두의 일반성분, 품질 및 항산화 특성 간의 상관관계를 분석한 결과, Table 4와 같이 나

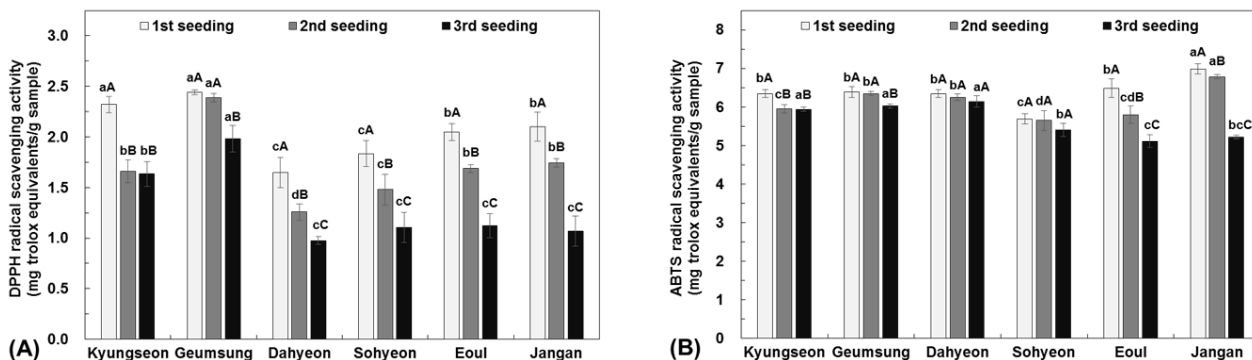


Fig. 3. DPPH (A) and ABTS radical (B) scavenging activities of mung-beans produced in the north-central region with variety and different seeding periods. The 1st, 2nd, and 3rd seeding periods were seeded on June 30, July 10, and July 20, respectively. Means with different superscripts within a column (a~c: varieties, A~C: three different seeding periods) are significantly different at $p < 0.05$ by a Duncan's multiple range test.

Table 4. Correlation coefficients among chromaticity, water binding capacity (WBC), water solubility index (WSI), swelling power (SP), total polyphenol (TPC), flavonoid contents (TFC), and radical scavenging activity of mung-beans produced in the north-central region with variety and different seeding periods

Factor	Ash	Fat	Protein	Carbohy- drate	L-value	a-value	b-value	WBC	WSI	SP	TPC	TFC	DPPH	ABTS
Moisture	0.1476	0.3013*	0.1513	-0.3336*	0.0577	-0.1860	-0.2510	-0.0644	-0.1025	-0.1293	-0.3299*	-0.0013	-0.0820	-0.2908*
Ash	1.0000	0.2253	-0.3017*	0.1604	0.0757	0.0178	0.1241	0.0179	0.1272	0.1258	-0.0042	-0.0539	0.0200	0.0084
Fat	-	1.0000	0.0673	-0.2751*	0.0108	0.0946	0.0092	0.0589	0.0287	0.0383	-0.2620	0.1058	-0.1516	-0.2858
Protein	-	-	1.0000	-0.9660***	0.2033	-0.0358	0.0351	-0.1423	-0.0054	-0.0536	-0.3555**	0.1743	-0.2171	-0.2214
Carbohy- drate	-	-	-	1.0000	-0.2091	0.0422	-0.0112	0.1362	0.0040	0.0516	0.4248**	-0.1775	0.2420	0.2942*
L-value	-	-	-	-	1.0000	-0.4563***	0.6793***	-0.0508	-0.0358	-0.1643	-0.2142	0.0755	0.0683	-0.1569
a-value	-	-	-	-	-	1.0000	-0.3179*	-0.1277	-0.1838	0.0200	-0.1518	-0.1670	-0.5128***	-0.3267*
b-value	-	-	-	-	-	-	1.0000	0.0933	0.0309	-0.0537	0.0139	0.0025	0.2034	-0.0352
WBC	-	-	-	-	-	-	-	1.0000	-0.1456	-0.3323*	0.3203*	0.2314	0.2932*	0.2390
WSI	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0000	0.8438***	0.2120	0.1293	0.2570	0.3269*
SP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0000	0.1942	0.1283	0.0921	0.2318
TPC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0000	0.3400*	0.4781***	0.7839***
TFC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0000	0.2765*	0.4088**
DPPH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0000	0.5956***

^{NS} Not significant. Significant at * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

타났다. 녹두의 조지방 함량은 수분 함량과 정의 상관($r=0.3013$, $p < 0.05$)을 보였고, 조단백질 함량은 조회분 함량과 부의 상관($r = -0.3017$, $p < 0.05$)을 보였으며, 탄수화물 함량은 조단백질 함량과 높은 부의 상관($r = -0.9660$, $p < 0.001$)을 보이는 것으로 나타났다. 적색도와 명도는 부의 상관($r = -0.4563$, $p < 0.001$), 황색도와 명도는 정의 상관관계($r=0.6793$, $p < 0.001$)를 나타내었다. 팽윤력은 수분결합력과 부의 상관($r = -0.3323$, $p < 0.05$), 용해도와는 정의 상관($r=0.8438$, $p < 0.001$)을 보였다. 총 폴리페놀 함량은 수분, 조단백질 함량과 부의 상관을 보였으며, 탄수화물 함량, 수분결합력과는 정의 상관을 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 총 폴리페놀 함량과 정의 상관($r=0.3400$, $p < 0.05$)을 나타내었다. Radical 소거활성은 적색도와 부의 상관, 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량과 정의 상관을 나타내었으며, DPPH 및 ABTS radical 소거활성 간의 상관은 $r=0.5956$ ($p < 0.001$)으로 나타났다. Radical 소거활성은 천연물에 포함되어 있는 페놀성분에 기인하여 radical 소거활성을 나타내는 것으로 볼 때(Choi 등, 2007), 녹두에 함유된 폴리페놀 및 플라보노이드 등 항산화 성분에 의해 radical 소거활성에 많이 기여하는 것으로 생각된다.

요약 및 결론

녹두의 생산지역 확대를 위한 기초자료로 활용하고자 중북부 지역에서 생산된 녹두의 품질과 이화학 특성을 검토하

였다. 녹두의 일반성분 함량과 색도는 품종 및 파종시기에 따라 유의적인 차이를 나타내었다. 파종시기에 따라 조회분 및 조단백질 함량은 파종시기가 늦어질수록 감소하였고, 탄수화물 함량은 약간 증가하였으며, 적색도는 장안 품종을 제외하고 파종시기가 늦어질수록 증가하였고, 황색도는 금성과 장안 녹두가 감소하였다. 수분결합력은 어울 품종이 1차, 2차 및 3차에서 각각 115.15, 99.76 및 96.31%로 가장 높게 나타났고, 파종시기가 늦어질수록 감소하였다. 용해도와 팽윤력은 품종별로 유의적인 차이를 보였으며, 파종시기에 따라 경선 품종은 증가, 다현 품종은 감소하였으며, 나머지 품종은 파종시기에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았다. 총 폴리페놀 함량은 1차와 2차 파종한 장안 품종이 각각 8.59 및 8.57 mg GAE/g으로 높게 나타났고, 파종시기에 따라 소현 품종을 제외하고 유의적으로 감소하였다. 총 플라보노이드 함량은 1차 파종한 장안 품종이 5.25 mg CE/g으로 가장 높았고, 파종시기가 늦어질수록 유의적으로 감소하였다. DPPH radical 소거활성은 1차 파종한 금성과 경선 품종이 2.44 및 2.32 mg TE/g으로 높은 활성을 나타내었고, 파종시기가 늦어짐에 따라 유의적으로 감소하였다. ABTS radical 소거활성은 1차 파종한 장안 품종이 6.98 mg TE/g으로 높은 활성을 나타내었고, 파종시기가 늦어짐에 따라 금성, 어울 및 장안 품종은 감소하였다. 이상의 연구에서 품종 및 파종시기에 따라 페놀 성분 함량과 radical 소거활성이 달라지므로 재배지역의 환경을 고려하여 알맞은 품종과 적정 파종시기에 대한 연구가 필요할 것으로

생각된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 AGENDA 연구사업(ATIS 과제번호: PJ01251603)의 지원에 의해 이루어진 것임.

References

- Chang SM, Nam SH, Kang MY. 2002. Screening of the anti-oxidative activity, antimutagenicity, and mutagenicity of the ethanolic extracts from legumes. *Korean J Food Sci Technol* 34:1115-1122
- Choi IH, Kim SO, Kim KS, Lee MY. 1998. Effect of mung bean sprouts juice on cadmium-induced hepatotoxicity in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27:980-986
- Choi Y, Jeong HS, Lee J. 2007. Antioxidant activity of methanolic extracts from some grains consumed in Korea. *Food Chem* 103:130-138
- Eldridge AC, Kwolek WF. 1983. Soybean isoflavone: Effect of environment and variety on composition. *J Agric Food Chem* 31:394-396
- Hoeck JA, Fehr WR, Murphy PA, Welke GA. 2000. Influence of genotype and environment on isoflavone contents of soybean. *Crop Sci* 40:48-51
- Imm JY, Kim SJ. 2010. Anti-cancer and anti-inflammatory effects of mung bean and soybean extracts. *Korean J Food Sci Technol* 42:755-761
- Jeong MS, Ko JY, Song SB, Lee JS, Jung TW, Yoon YH, Oh IS, Woo KS. 2014. Physicochemical characteristics of sikhye (Korean traditional rice beverage) using foxtail millet, proso millet, and sorghum. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43:1785-1790
- Jin YI, Hong SY, Kim SJ, Ok HC, Lee YJ, Nam JH, Yoon YH, Jeong JC, Lee SA. 2010. Comparison of antioxidant activity and amino acid components of mungbean cultivars grown in highland area in Korea. *Korean J Environ Agric* 29:381-387
- Joo YH, Park JH, Kim YH, Choung MG, Chung KW. 2004. Change in anthocyanin contents by cultivation and harvest time in black-seeded soybean. *Korean J Crop Sci* 49: 512-515
- Jung CS, Kwon YC, Suh HS, Park YJ. 1996. Variation of anthocyanin content in color-soybean collections. *Korean J Crop Sci* 41:302-307
- Kanatt SR, Arjun K, Shama A. 2011. Antioxidant and antimicrobial activity of legume hulls. *Food Res Int* 44:3182-3187
- Kim DK, Chon SU, Lee KD, Kim JB, Rim YS. 2008. Variation of flavonoids contents in plant parts of mungbean. *Korean J Crop Sci* 53:279-284
- Kim DK, Lee JY, Yoon CY, Lee YS, Kuk YI, Chon SU, Park IJ. 2003. Growth and green pod yield by sowing and acclimation dates in autumn green pea. *Korean J Crop Sci* 48:447-451
- Kim DK, Son DM, Choi JG, Shin HR, Chon SU, Lee KD, Jung KY, Rim YS. 2011. Comparison in seed and sprout quality under different cropping patterns in mungbean. *Korean J Crop Sci* 56:212-218
- Kim DK, Son DM, Choi JK, Chon SU, Lee KD, Rim YS. 2010. Growth property and seed quality of mungbean cultivars appropriate for labor saving cultivation. *Korean J Crop Sci* 55:239-244
- Kim HM, Jang EK, Gwak BS, Hwang TY, Yun GS, Hwang SG, Jeong HS, Kim HS. 2018. Variation of isoflavone contents and classification using multivariate analysis in Korean soybean varieties released from 1913 to 2013. *Korean J Breed Sci* 50:50-60
- Kim HS, Kim HS, Kim KH, Oh YJ, Suh SK, Park HK. 2005. Water absorption and germination ratio of sprout-soybean varieties affected by different planting date. *Korean J Crop Sci* 50:132-135
- Kim HS, Kim HS, Kim KH. 2006. Effects of sowing date for seed quality of sprout-soybean. *Korean J Crop Sci* 51: 152-159
- Kim KJ, Kim KH, Kim YH. 1981. Comparative studies on growth patterns of pulse crops at different growing seasons. II. Variation in distribution of flowering dates and pod setting ratio of soybean, azuki-bean and mungbean. *Korean J Crop Sci* 26:243-250
- Kim MY, Lee SH, Jang GY, Kim HY, Woo KS, Hwang IG, Lee J, Jeong HS. 2013. Effects of heat treatment on antioxidant activity of hydrolyzed mung beans. *Korean J Food Sci Technol* 45:34-39
- Kim OM, Gu YA, Jeong YJ. 2007. Characteristics of mung bean powders after various hydrolysis protocols. *Korean J Food Preserv* 14:301-307
- Kim SR, Kim SD. 1996. Studies on soybean isoflavones. *RDA*

- J Agric Sci* 38:155-165
- Kitamura K, Ijita K, Kikuchi A, Kudou S, Okubo K. 1991. Low isoflavone content in some early maturinr cultivars, so called "summer-type soybeans" (*Glycine max* (L) Merrill). *Japan J Breed* 41:651-654
- Ko MS, Hyon SW, Song CH, Kang YK. 1992. Effects of seeding dates on growth and yield in mungbean. *Korean J Crop Sci* 37:461-467
- Leach HW, McCowen LD, Schoch TJ. 1959. Structure of starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chem* 36:534-544
- Lee AR, Kim SK. 1992. Gelatinization and gelling properties of legume starches. *J Korean Soc Food Nutr* 21:738-747
- Lee KH, Kim HJ, Lee SK, Park HY, Sim EY, Cho DH, Oh SK, Lee JH, Ahn EK, Woo KS. 2017. Effect of cooking methods on cooking and antioxidant characteristics of rice supplemented with different amounts of germinated brown rice. *Korean J Food Sci Technol* 49:311-317
- Lee SC, Jeong SM, Kim SY, Park HR, Nam KC, Ahn DU. 2006. Effect of far-infrared radiation and heat treatment on the antioxidant activity of water extracts from peanut hulls. *Food Chem* 94:489-493
- No JH, Kim HS, Lee KA, Shin M. 2012. The antioxidant activities of the Korean variety mung bean hull extracts as dependent on the different extraction methods. *Korean J Food Cookery Sci* 28:605-612
- Noh MJ, Kwon JH, Byun MW. 2001. Water-soluble components of small red bean and mung bean exposed to gamma irradiation and methyl bromide fumigation. *Korean J Food Sci Technol* 33:184-189
- Oh HS, Kim JH, Lee MH. 2001. Isoflavone content, anti-oxidative, and fibrinolytic activities of red bean and mung bean. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 19:263-270
- Peng X, Zheng Z, Cheng KW, Cheng KW, Shan F, Ren GX, Chen F, Wang M. 2008. Inhibitory effect of mung bean extract and its constituents vitexin and isovitexin on the formation of advanced glycation endproducts. *Food Chem* 106:475-481
- Shin DS, Choi YJ, Jeong ST, Sim EY, Lee SK, Kim HJ, Woo KS, Kim SJ, Oh SK, Park HY. 2016. Quality characteristics of mixed makgeolli with barley and wheat. *Korean J Food Nutr* 29:565-572
- Wang H, Murphy PA. 1994. Isoflavone composition of American and Japanese soybeans in Iowa: Effects of variety, crop year, and location. *J Agric Food Chem* 42:1674-1677
- Wi E, Park J, Shin M. 2013. Comparison of physicochemical properties and cooking quality of Korean organic rice varieties. *Korean J Food Cook Sci* 29:785-794
- Wi H, Choi M, Choi S, Kim AJ, Lee M. 2012. Effects of vitexin from mung bean on 3T3-L1 adipocyte differentiation and regulation according to adipocytokine secretion. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:1079-1085
- 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

Received 17 July, 2018

Revised 22 July, 2018

Accepted 21 August, 2018