

품종 및 파종시기별 동부의 품질 및 이화학 특성

김현주 · 이지혜* · 이병원 · 이유영 · 전용희** · 이병규** · †우관식

농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부 농업연수사, *농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부 전문연구원,
**농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부 농업연구관

Quality and Physicochemical Characteristics of the Korean Cowpea Cultivars Grown in Different Seeding Periods

Hyun-Joo Kim, Ji Hae Lee*, Byong Won Lee, Yu Young Lee,
Yong Hee Jeon**, Byoung Kyu Lee** and †Koan Sik Woo

Researcher, Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16429, Korea

*Researcher, Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16429, Korea

**Senior Researcher, Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16429, Korea

Abstract

To begin with, this study identified and reviewed the proximate compositions, quality and physicochemical characteristics of three Korean cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) cultivars grown in two different seedling periods. The proximate compositions of the cowpea showed significant differences according to three cultivars (Seowon, Yeonboon and Okdang) and two different seeding periods (5 June and 5 July). Through this lens, the lightness, redness and yellowness of the cowpea cultivars increased slightly during the 5 July cultivation compared to the 5 June cultivation. This brings us to understand that the water binding capacity, water solubility index, and swelling power were significantly different among the cultivars. In this case, the water binding capacity of the cowpea was 108.87~143.19%, and decreased during the 5 July cultivation compared to the 5 June cultivation. As shown, the total polyphenol and flavonoid contents of cowpea showed significant difference according to cultivars. In this case, the total polyphenol content of 5 June and 5 July cultivation on the Seowon 4.17 and 4.12 mg GAE/g, respectively. In these terms, the DPPH radical scavenging activity of cowpea showed a significant difference according to the cultivars, and the Yeonboon and Okdang increased slightly during 5 July cultivation. The ABTS radical scavenging activity of the cowpea showed significant difference according to the cultivars, and all cultivars decreased slightly during the 5 July cultivation. In other words, the phenol contents and radical scavenging activity differ measurable depending on the cultivars and seeding periods. Therefore, it is necessary to study the proper cultivar and seeding time considering the environment of the applicable cultivation area.

Key words: cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.), cultivar, seeding period, quality characteristics, physicochemical characteristics

서 론

동부(*Vigna unguiculata* L. Walp.)는 아프리카가 원산지로서 알려져 있으며(Kim 등 1983), 건조에 잘 견디고, 불량한 토양

에서도 잘 자라는 특성을 지니고 있다(Kim 등 2014b). 동부는 단백질(22%)과 탄수화물(60%)이 대부분을 차지하며, 칼슘, 인, 철 및 칼륨 등이 각각 121, 381, 4.8 및 1,573 mg/100 g이 함유되어 있고, 비타민 B₁이 0.68 mg/100 g, 비타민 B₂가 0.15

† Corresponding author: Koan Sik Woo, Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16429, Korea. Tel: +82-31-695-0616, Fax: +82-31-695-4085, E-mail: weeks@korea.kr

mg/100 g이 함유되어 있다(Kim 등 2013; Kim 등 2014a; Kim 등 2015). 이러한 동부의 전분은 물리적 특성과 식감이 우수하여 종실은 혼반용 이외에 고물, 조미료의 원료, 죽 원료 등으로 이용되고 있다(Kim 등 2014a, 2014b). 또한, 동부는 protocatechuic acid, p-hydroxybenzoic acid, caffeic acid, p-coumaric acid, ferulic acid, cinnamic acid 등의 다양한 페놀 화합물을 함유하고 있으며(Chon SU 2013), 동부의 단백질은 총 콜레스테롤 함량을 유의적으로 감소시키는 것으로 보고한 바 있다(Cai 등 2003). 또한, 종피가 흰 동부와 짙은 갈색의 동부를 건열 및 습열처리하여 추출물의 항산화 성분과 라디칼 소거활성을 연구한 결과가 보고되어 있으며(Siddhuraju & Becker 2007), 흑색 종피 동부의 부위별 주요 성분과 항산화 및 항암 활성을 검정한 결과, 주요 페놀산은 gallic acid와 protocatechuic acid라 하였고, 자엽에 비해 종피에 다량 함유하고 있어 MCF-7 암세포주에 대한 항암활성이 있는 것으로 보고하였다(Gutiérrez-Urbe 등 2011).

작물은 파종시기, 재배지역, 재배기간 동안의 환경변이에 의해 품질이나 성분의 영향을 받는다(Jung 등 2018). 작물의 재배시기에 대한 연구로는 재배시기가 나물용 콩 종실의 품질에 미치는 영향을 분석한 결과, 단백질, 아이소플라본 등의 성분들과 수분흡수율, 발아율 등이 파종시기에 따라 차이를 보여 종실의 품질 향상을 위해 품종 특성을 고려해야 한다고 보고하였다(Kim 등 2005; Kim 등 2006). Lee 등(2006)은 재배시기에 따라 벼 품종별 녹미 특성을 분석한 결과, 녹색도, 단백질 함량 등 품질이 상이한 것으로 보고하였고(Lee 등 2006), 검정콩에 함유된 안토시아닌의 함량은 파종시기, 수확시기, 연차 등 환경적인 요인에 영향을 받는 것으로 보고하였다(Joo 등 2004; Jung 등 1996). 풋완두 재배에 있어서도 지역 및 시기를 고려하여 파종해야 하는 것으로 보고되어 있다(Kim 등 2003). 또한, 기장(Lee 등 2011)과 수수(Woo 등 2011)의 항산화 성분 및 항산화 활성에 대한 연구에서 품종과 재배지역에 따라 함량과 활성이 유의적인 차이를 보이는 것으로 보고하였으며, 파종시기가 수수의 항산화 성분 및 활성에 영향을 미치는 것으로 보고하였다(Jung 등 2018).

따라서 본 연구는 동부의 품질기준 설정의 일환으로 실시하였으며, 중북부지역에서의 생산 가능성 검토가 이루어지지 않아 본 연구에서 주요 품종에 대해 중북부지역의 생산 가능성 검토를 위한 파종시기 구명과 생산한 동부의 일반성분, 품질 특성과 항산화 특성을 검토하였다.

재료 및 방법

1. 시험재료

본 연구에 사용된 동부 품종은 2017년에 경기도 수원 소

재의 국립식량과학원 중부작물부 시험포장(위도 37° 26'N, 경도 126° 99'E)에서 생산된 서원(*Vigna unguiculata* L. cv. Seowon), 연분(cv. Yeonboon), 옥당(cv. Okdang) 품종을 사용하였다. 서원 품종의 종피색은 붉은색이며, 연분과 옥당 품종의 종피색은 연한 노란색이다. 동부의 중북부지역에서 생산 가능성 검토를 위한 파종시기 구명을 위해 2시기로 설정하였으며, 1차 파종은 6월 5일에, 2차 파종은 7월 5일에 실시하였다. 재식본수는 2본으로 하였고, 재식거리 60×25 cm으로 파종하였으며, 비료는 N-P₂O₅-K₂O를 10 a당 3-3-3.5 kg 시비하였다. 시료의 수확은 개화 후 성숙된 꼬투리를 수확하였으며, 1차 파종한 시료는 8월 중순부터 9월 말에, 2차 파종한 시료는 8월 말부터 10월 초순에 걸쳐 수확하였다. 재배기간 동안 평균기온, 강수량 및 총 일조시간은 1차 파종은 각각 24.05°C, 1,097.9 mm 및 750.8시간 이었으며, 2차 파종은 각각 23.89°C, 886.7 mm 및 572.5시간으로 조사되었다. 수확된 시료는 그늘에서 3일 동안 건조하여 탈곡하여 시료로 사용하였다. 시료는 성분 분석을 위해 Vibrating sample mill(CMT Co. Ltd., Tokyo, Japan)로 분쇄하여 4°C 냉장고에 저장하면서 시료로 사용하였다.

2. 품종 및 파종시기별 동부의 일반성분 분석

품종 및 파종시기에 따른 동부의 수분함량은 적외선수분함량측정기(AND MX-50 moisture analyzer, Tokyo, Japan)로 측정하였으며, 조단백질 함량은 Kjeldahl 방법(2300 Kjeldahl Analyzer Unit, FOSS Tecator, Laurel, MD, USA)으로 정량 분석하였다. 조지방 함량은 Soxhlet 방법(Soxtex™ 2050 Analyzer Unit, Foss Tecator)으로 분석하였고, 조회분 함량은 600°C 직접회화법으로 분석하였다. 탄수화물 함량은 100 중량부에서 수분, 단백질, 지방, 회분을 뺀 나머지로 표시하였다(Jeong 등 2014).

3. 품종 및 파종시기별 동부의 품질 특성 분석

품종 및 파종시기에 따른 동부의 외관 색도는 색차계(CM-3500d, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 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 시료 1 g을 증류수 40 mL를 혼합하여 1시간 교반하고, 10분 동안 1,500×g에서 원심분리하여 상등액을 제거한 다음, 침전된 가루의 무게를 측정하여 침전된 시료의 무게(g)에서 처음 시료분말의 무게(g)를 빼고 처음 시료분말 무게(g)에 대한 백분율로 계산하였다(Woo 등 2016). 용해도와 팽윤력은 분쇄 시료 1 g을 30 mL의 증류수에 분산시켜 90±1°C의 항온수조에 30

분간 가열하고, 1,500×g로 20분간 원심분리한 후 상등액은 105°C에서 12시간 건조시켜 무게를 측정하고, 침전물은 그대로 무게를 측정하였으며, 아래의 계산식에 의해 산출하였다(Woo 등 2016).

$$\text{용해도(solubility, \%)} = \frac{\text{상등액을 건조한 고형물의 무게(g)}}{\text{처음 시료 무게(g)}} \times 100$$

$$\text{팽윤력(swelling power, \%)} = \frac{\text{원심분리 후 무게(g)} \times 100}{\text{처음 시료 무게(g)} \times (100 - \text{용해도})}$$

4. 품종 및 파종시기별 동부의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 분석

품종 및 파종시기에 따른 동부의 페놀성분 및 radical 소거활성을 분석하기 위해 일정량의 시료를 취하여 80% 에탄올(Daejung Chemical & Metals, Siheung, Korea)을 넣고 homogenizer(HG-15A, Daihan Scientific Co., Ltd., Wonju, Korea)로 균질화시킨 후, 상온에서 24시간동안 2회 진탕추출(Wise-Cube WIS-RL010, Daihan Scientific Co., Ltd.)한 다음 No. 2 여과지(Advantec, Toyo Roshi Kaisha, Ltd., Tokyo, Japan)로 여과하여 일정 농도(0.1 g/mL)로 정용하였고, -20°C 냉동고에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다. 추출물에 대한 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 Woo 등(2015)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 첨가해 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)로 나타내었다.

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

품종 및 파종시기에 따른 동부 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(Woo 등 2015). DPPH radical 소거활성은 0.2 mM DPPH 용액(99.9% 에탄올에 용해) 0.8 mL에 시료 0.2 mL를 첨가한 후 520 nm에서 30분 후에 흡광도 감소치를 측정하였다. ABTS radical 소거활성은 ABTS 7.4 mM과 potassium persulphate(Sigma-Aldrich) 2.6 mM을 하룻 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이 용액을 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. 또한, 품종별로 t-test를 실시하여 파종시기에 따른 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 품종 및 파종시기별 동부의 일반성분 함량

동부의 일반성분 함량을 분석한 결과, Table 1과 같이 품종 및 파종시기에 따라 유의적인 차이를 보였다. 6월 5일에 파종하여 수확한 서원, 연분, 옥당 등의 동부 품종의 수분 함량은 각각 13.50, 14.55 및 10.99 g/100 g으로 나타났고, 7월 5일에 파종하여 수확한 동부는 각각 12.63, 13.80 및 12.98 g/100 g으로 품종($p<0.05$) 및 파종시기($p<0.001$)에 따라 유의적인 차이를 보였다. 조회분 함량은 서원, 연분, 옥당 품종에서 6월 5일 파종 시료는 각각 3.96, 3.68 및 3.56 g/100 g, 7월 5일 파종 시료는 각각 3.75, 3.43 및 3.62 g/100 g으로 품종별로 차이를 보였으며($p<0.05$), 파종시기에 따라서도 유의적인 차이를 보였다($p<0.01$). 동부의 조지방 함량은 1.33~1.59 g/100 g의 범위로 조사되었고, 파종시기에 따라 서원($p<0.001$) 및 옥당($p<0.01$) 품종은 유의적인 차이를 보였으나, 연분은 유의적인 차이가 없었다. 조단백질 함량은 서원, 연분, 옥당 품종에서 6월 5일 파종 시료는 각각 25.41, 21.45 및 22.78 g/100 g, 7월 5일 파종 시료는 각각 25.50, 21.59 및 21.28 g/100 g으로 품종별로 차이

Table 1. The proximate compositions of cowpea with cultivars and two different seeding periods

Seeding periods	Variety	Moisture (g/100 g)	Crude ash (g/100 g)	Crude fat (g/100 g)	Crude protein (g/100 g)	Carbohydrate (g/100 g)
5 June	Seowon	13.50±0.04 ^{e1)}	3.96±0.03 ^a	1.33±0.04 ^c	25.41±0.01 ^b	55.80±0.04 ^f
	Yeonboon	14.55±0.03 ^a	3.68±0.04 ^c	1.55±0.01 ^a	21.45±0.01 ^c	58.76±0.06 ^d
	Okdang	10.99±0.01 ^f	3.56±0.02 ^c	1.55±0.02 ^a	22.78±0.04 ^c	61.12±0.07 ^a
5 July	Seowon	12.63±0.02 ^{e****}	3.75±0.03 ^{b**}	1.54±0.02 ^{a***}	25.50±0.02 ^{a**}	56.58±0.05 ^{e****}
	Yeonboon	13.80±0.01 ^{b***}	3.43±0.02 ^{f**}	1.59±0.07 ^a	21.59±0.12 ^{d*}	59.59±0.10 ^{c****}
	Okdang	12.98±0.01 ^{d****}	3.62±0.02 ^{d**}	1.47±0.04 ^{b**}	21.28±0.04 ^{f***}	60.65±0.03 ^{b***}

¹⁾ All values are expressed as the mean±S.D. of triplicate determinations. Means with different superscripts within a column (^{a-f}) are significantly different at $p<0.05$ by one-way analysis of variance (ANOVA) using Duncan's multiple range test. * $p<0.05$, ** $p<0.01$ and **** $p<0.001$; paired t -test comparison of two different seeding periods (5 June and 5 July) in cowpea.

를 보였으며($p<0.05$), 파종시기에 따라서도 유의적인 차이를 보였다. 동부의 탄수화물 함량은 서원, 연분, 옥당 품종에서 6월 5일 파종 시료는 각각 55.80, 58.76 및 61.12 g/100 g, 7월 5일 파종 시료는 각각 56.58, 59.59 및 60.65 g/100 g으로 품종별로 차이를 보였으며($p<0.05$), 파종시기에 따라서도 유의적인 차이를 보였으며($p<0.001$). Kim 등(2013)은 서원 동부의 단백질 함량을 27.5%로 보고하였고, 사우디아라비아 재래종은 23.0%로 보고하였으며(Hussain & Basahy 1998), Lee 등(2010)은 충북 괴산에서 생산된 품종 미상의 동부의 수분, 회분, 지방 및 단백질 함량을 각각 11.35, 3.15, 1.38 및 21.52%로 보고하여 본 연구와 약간의 차이가 있었는데, 이는 재배지역, 기상조건 등 재배환경에 의한 차이로 생각된다.

2. 품종 및 파종시기별 동부의 품질 특성

동부의 색도를 분석한 결과, Table 2와 같이 전체적으로 품종 및 파종시기에 따라 유의적인 차이를 보였다. 명도(L-value, lightness)는 서원, 연분, 옥당 품종에서 6월 5일 파종

시료는 각각 45.53, 63.50 및 52.51이었고, 7월 5일 파종 시료는 각각 46.43, 66.18 및 56.83으로 동부 품종별로 7월 5일 파종시 유의적으로 약간 증가하였으며($p<0.05$), 적색도(a-value, redness)는 4.78~10.69의 범위로 조사되어 연구에 사용한 품종에서 7월 5일 파종시 유의적으로 약간 증가하는 경향을 보였다. 황색도(b-value, yellowness)는 8.22~17.76의 범위로 나타났으며, 파종시기에 따라 7월 5일 파종시 연분과 옥당은 유의적으로 증가하였으며($p<0.05$), 서원 품종은 파종시기에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았다.

동부의 수분특성을 분석한 결과, Table 2와 같이 전체적으로 품종 및 파종시기에 따라 유의적인 차이를 보였다. 수분결합력(Water binding capacity)은 108.87~143.19%로 품종별로 유의적인 차이를 보였으며, 모든 품종에서 7월 5일 파종시 유의적으로 감소하는 경향을 보였다($p<0.001$). 수분결합력은 수분과의 친화성을 의미하는 것으로 전분입자내의 비결정형 부분이 많을수록 높아지는데(Lee 등 2017), 파종시기에 따라 비결정형 부분의 구성이 달라져 수분결합력의 차이가 발생

Table 2. The chromaticity, water binding capacity (WBC), water solubility index (WSI), and swelling power (SP) of cowpea with cultivars and two different seeding periods

Seeding periods	Variety	L-value	a-value	b-value	WBC (%)	WSI (%)	SP (%)
5 June	Seowon	45.53±0.33 ^{e1)}	10.07±0.11 ^a	8.22±0.64 ^c	143.19±1.15 ^a	28.32±0.07 ^b	25.70±0.17 ^{ab}
	Yeonboon	63.50±0.82 ^b	4.78±0.11 ^d	17.38±0.02 ^a	132.45±0.61 ^b	24.20±0.30 ^c	24.83±0.08 ^d
	Okdang	52.51±1.65 ^d	7.26±0.84 ^c	14.05±0.42 ^b	122.94±1.72 ^d	28.05±0.13 ^b	25.30±0.28 ^c
5 July	Seowon	46.43±0.64 ^{e*}	10.69±0.21 ^{a**}	8.58±0.08 ^c	128.92±0.51 ^{c***}	29.52±0.30 ^{a**}	25.93±0.16 ^a
	Yeonboon	66.18±1.35 ^{a*}	5.12±0.17 ^{d*}	17.76±0.13 ^{a*}	116.74±0.17 ^{c***}	25.89±0.13 ^{d**}	25.53±0.17 ^{bc**}
	Okdang	56.83±0.38 ^{c*}	9.12±0.81 ^{b***}	17.00±0.87 ^{a*}	108.87±0.53 ^{f***}	27.16±0.21 ^{c**}	25.73±0.20 ^{ab}

¹⁾ All values are expressed as the mean±S.D. of triplicate determinations. Means with different superscripts within a column (^{a-f}) are significantly different at $p<0.05$ by one-way analysis of variance (ANOVA) using Duncan's multiple range test. * $p<0.05$, ** $p<0.01$ and *** $p<0.001$; paired t -test comparison of two different seeding periods (5 June and 5 July) in cowpea.

한 것으로 생각된다. 즉, 분쇄한 동부의 전분입자의 부정형 부분에 수분이 침투되거나 입자표면에 흡착하는 것을 의미하는데(Wi *et al.*, 2013), 파종시기가 달라질 경우, 성숙기의 환경 조건에 따라 전분의 구조 차이에 기인한 것으로 생각된다. 품종 및 파종시기에 따른 동부의 용해도(water solubility index)는 Table 2와 같이 서원, 연분, 옥당 품종에서 6월 5일 파종 시료는 각각 28.32, 24.20 및 28.05%로 서원과 옥당은 유의적인 차이가 없었고, 7월 5일 파종 시료는 각각 29.52, 25.89 및 27.16%로 품종별로 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$). 파종시기에 따라서는 서원과 연분 품종은 7월 5일 파종시 유의적으로 증가하였으며($p < 0.01$), 옥당은 유의적으로 감소하는 경향을 보였다($p < 0.01$). 용해도가 높은 것은 가열에 의해 시료가 팽윤 및 호화되어 과피에 있는 지질과 섬유질 성분들이 파괴되면서 일부 아밀로사나 용해성 탄수화물을 용출되어 높아지는 것으로 알려져 있다(Lee 등 2017). 품종 및 파종시기에 따른 동부의 팽윤력(swelling power)은 Table 2와 같이 6월 5일과 7월 5일에 파종한 서원 품종은 각각 25.70 및 25.93%, 연분 품종은 각각 24.83 및 25.53%, 옥당 품종은 각각 25.30 및 25.73%로 조사되어 품종별로는 유의적인 차이를 보였고, 파종시기에 따라서는 연분 품종만 7월 5일 파종시 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다($p < 0.01$). 용해도와 팽윤력은 전분 입자의 결정형 영역과 전분 사슬의 부정형 간의 상호작용의 크기를 평가하는 지표로 알려져 있다(Kim 등 2012). 팽윤력이 낮으면 수분과 전분 입자내의 결합력이 강하다는 것을 의미하며(Leach 등 1959), 전분 용해도, 투명도, 점도와 밀접한 관계를 가지고 전분의 팽윤 성질은 입자내의 미세구조의 강도와 성질에 크게 영향을 받는다(Lee & Kim 1992). 따라서 동부의 품종 및 파종시기에 따라 수분결합력, 용해도 및 팽윤력 등 수분특성이 다른 이유는 파종시기가 달라 성숙기의 재배환경에 따라 전분의 구조나 구성이 다르고, 이화학 성분 차

이에 기인한 것으로 생각되며, 추후 이에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다(Woo 등 2016).

3. 품종 및 파종시기별 동부의 항산화 성분 함량

품종 및 파종시기에 따른 동부의 총 폴리페놀 함량을 분석한 결과, Fig. 1(A)와 같이 품종별로 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 6월 5일과 7월 5일에 파종한 서원 품종의 총 폴리페놀 함량은 각각 4.17 및 4.12 mg GAE/g, 연분 품종은 각각 1.14 및 1.13 mg GAE/g, 옥당 품종은 각각 2.70 및 2.80 mg GAE/g으로 조사되어 품종별로는 유의적인 차이를 보였고($p < 0.05$), 파종시기에 따라서는 서원 품종은 7월 5일 파종시 유의적으로 약간 감소하였으며($p < 0.01$), 옥당 품종은 7월 5일 파종시 유의적으로 약간 증가하였고($p < 0.05$), 연분 품종은 유의적인 차이가 없었다. 총 플라보노이드 함량은 Fig. 1(B)와 같이 서원, 연분, 옥당 품종에서 6월 5일 파종 시료는 각각 1,977.73, 387.88 및 1,231.82 $\mu\text{g CE/g}$, 7월 5일 파종 시료는 각각 1,956.06, 384.85 및 1,234.85 $\mu\text{g CE/g}$ 으로 품종별로 유의적인 차이를 보였으며($p < 0.05$), 파종시기에 따라서는 서원 품종만 7월 5일 파종시 유의적으로 약간 감소하였다($p < 0.05$). Sreerama 등(2012)은 인도 시장에서 구입하여 탈지한 동부의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량을 각각 12.1 mg GAE/g 및 7.24 mg CE/g으로 보고하였는데, 함량의 차이는 종피색 등의 품종과 생산지 등의 차이에 기인한 것으로 생각된다. 식물계에 널리 분포하는 페놀성 화합물은 다양한 구조와 분자량을 가지며, phenolic hydroxyl기가 단백질과 같은 거대분자와 결합하여 항산화, 항암 및 항균 등의 기능성을 가진다(Rice-Evans 등 1997). 또한, 곡류의 페놀성 화합물은 우수한 항산화성을 가지는 것으로 보고되어 있다(Middleton & Kandaswami 1994). 따라서 본 연구에 사용된 동부 품종 중 서원 품종은 다른 품종에 비해 총 폴리페놀 및 플라보노이드

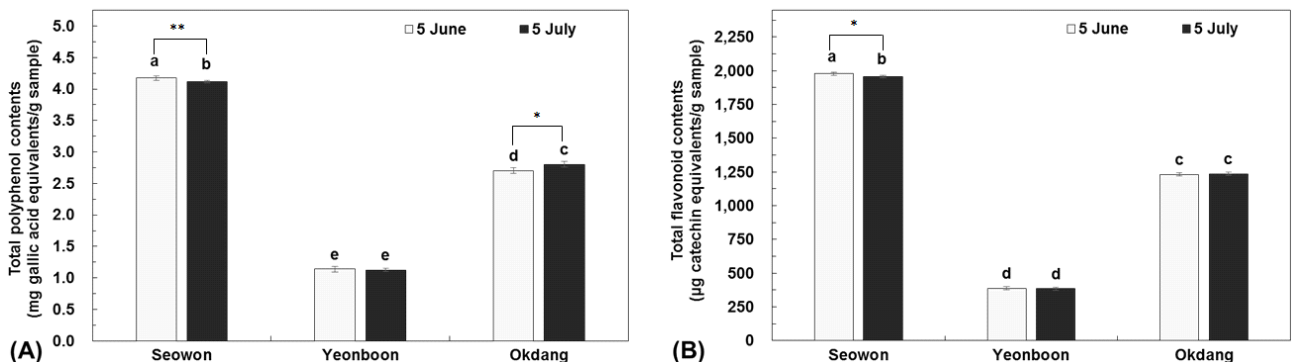


Fig. 1. Total polyphenol (A) and flavonoid (B) contents of cowpea with cultivars and two different seeding periods. Any means in the same bar followed by the same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by one-way analysis of variance (ANOVA) using Duncan's multiple range test. * $p < 0.05$ and ** $p < 0.01$; paired *t*-test comparison of two different seeding periods (5 June and 5 July) in cowpea.

드 등 항산화 성분의 함량이 높아 가공품에 기능성을 부여할 수 있을 것으로 생각되나, 이에 대한 가공적성 검토가 필요한 것으로 생각된다.

4. 품종 및 파종시기별 동부의 DPPH 및 ABTS radical 소거활성

품종 및 파종시기에 따른 동부의 DPPH radical 소거활성을 분석한 결과, Fig. 2(A)와 같이 품종별로 유의적인 차이를 보였다. 6월 5일과 7월 5일에 파종한 서원 품종의 DPPH radical 소거활성은 각각 30.76 및 31.72 mg TE/g, 연분 품종은 각각 3.47 및 5.50 mg TE/g, 옥당 품종은 각각 18.43 및 19.51 mg TE/g으로 조사되어 품종별로는 유의적인 차이를 보였다 ($p<0.05$), 파종시기에 따라서는 연분($p<0.01$)과 옥당($p<0.05$) 품종이 7월 5일에 파종시 유의적으로 증가하였으며, 서원 품종은 7월 5일에 파종시 약간 증가하였으나, 유의적인 차이가 없었다. ABTS radical 소거활성은 Fig. 2(B)와 같이 서원, 연분, 옥당 품종에서 6월 5일 파종 시료는 각각 58.02, 18.04 및 38.14 mg TE/g, 7월 5일 파종 시료는 각각 56.42, 15.32 및 35.08 mg TE/g으로 품종별로 유의적인 차이를 보였으며 ($p<0.05$), 파종시기에 따라서는 모든 품종이 7월 5일 파종시 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 식량작물 등에 함유된 천연물의 항산화 활성은 활성 radical에 전자를 공여하고, 식품 중의 지방질 산화를 억제하는 특성을 가지고 있고, 인체 내에서는 활성 radical에 의한 노화를 억제시키는 역할을 하고 있으며, radical 소거작용은 인체의 질병과 노화를 방지하는데 대단히 중요한 역할을 한다(Kim 등 2001). 따라서 항산화 활성이 높은 서원 품종을 이용하면 가공품에 기능성을 부여할 수 있을 것으로 생각되나, 이에 대한 가공적성 검토가 필요한 것으로 생각된다. 또한, 항산화 특성을 고려하

면 중복지역에서 동부의 생산은 6월 초순에 파종하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

5. 품종 및 파종시기별 동부의 품질 및 항산화 특성 간의 상관관계

품종 및 파종시기에 따른 동부의 일반성분, 품질 및 항산화 특성 간의 상관관계를 분석한 결과, Table 3과 같이 나타났다. 조희분 함량은 조지방 ($-0.7764, p<0.001$)과 부의 상관을 보였고, 조단백질 함량($0.7389, p<0.001$)과는 정의 상관을 보였으며, 탄수화물 함량은 조희분 및 조단백질 함량과 높은 부의 상관($p<0.001$)을 보였다. 적색도는 명도와는 높은 부의 상관($p<0.001$)을 보였으며, 황색도는 명도와 정의 상관($0.9310, p<0.001$), 적색도와 부의 상관 ($-0.7928, p<0.001$)을 나타내었다. 수분결합력은 조희분 및 조단백질 함량과 높은 정의 상관($p<0.001$), 탄수화물 함량 및 명도와는 높은 부의 상관($p<0.001$)을 보였다. 용해도는 조단백질 함량과 정의 상관($0.7901, p<0.001$)을, 수분 함량과는 부의 상관 ($-0.6596, p<0.001$)을 나타내었다. 팽윤력은 조단백질 함량 및 용해도와 정의 상관을 보였다. 팽윤력은 조단백질 함량과 정의 상관을 나타내었으며, 황색도와는 부의 상관을 보였다. 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 조희분, 조단백질 함량, 용해도 및 팽윤력과 높은 정의 상관($p<0.001$)을 나타냈으며, 수분, 조지방 및 탄수화물 함량과는 부의 상관을 나타내었다. DPPH 및 ABTS radical 소거활성은 조희분, 조단백질 함량, 용해도, 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량과 높은 정의 상관을 ($p<0.001$)을 나타냈으며, 수분, 조지방 및 탄수화물 함량과는 부의 상관을 나타내었다. 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 radical 소거활성과는 높은 정의 상관($p<0.001$)을 나타내어 radical 소거활성은 천연물에 포함되어 있는 페놀성분에 기

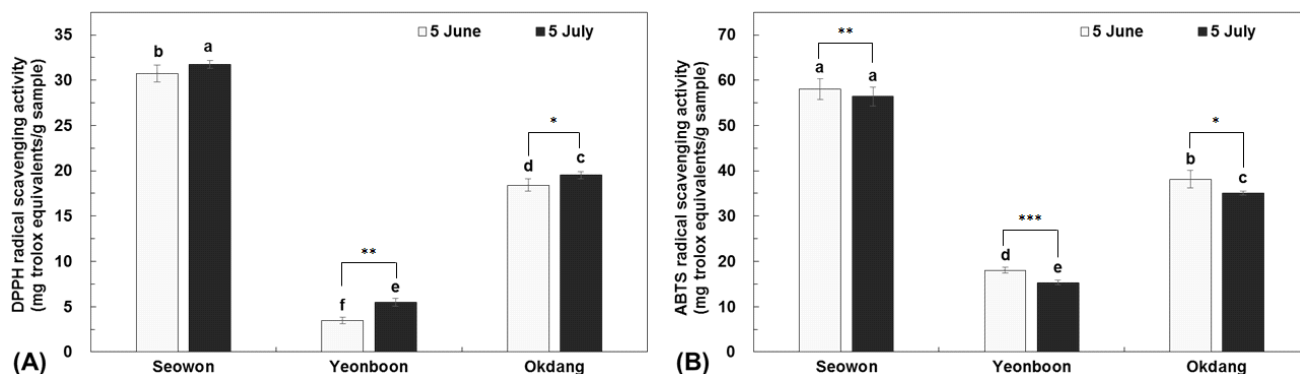


Fig. 2. DPPH (A) and ABTS radical (B) scavenging activities of cowpea with cultivars and two different seeding periods. Any means in the same bar followed by the same letter are not significantly ($p<0.05$) different by one-way analysis of variance (ANOVA) using Duncan's multiple range test. * $p<0.05$, ** $p<0.01$ and *** $p<0.001$; paired t -test comparison of two different seeding periods (5 June and 5 July) in cowpea.

Table 3. Correlation coefficients among proximate composition, chromaticity, water binding capacity (WBC), water solubility index (WSI), swelling power (SP), total polyphenol (TPC), flavonoid contents (TFC), and radical scavenging activity of cowpea with cultivars and two different seeding periods

Factor	Ash	Fat	Protein	Carbohydrate	L-value	a-value	b-value	WBC	WSI	SP	TPC	TFC	DPPH	ABTS
Moisture	0.1513	-0.0803	-0.2310	-0.3634	0.1364	-0.0355	0.1052	0.2260	-0.6596***	-0.2615	-0.4216*	-0.4321*	-0.4391	-0.4093*
Ash	1.0000	-0.7764***	0.7389***	-0.8075***	-0.1530	0.0995	-0.2048	0.7869***	0.4017	0.2181	0.7245***	0.7235***	0.6854***	0.7568***
Fat	-	1.0000	-0.4796*	0.5017*	0.2241	-0.1957	0.2956	-0.4828*	-0.3533	-0.3288	-0.6178**	-0.6097**	-0.5844	**0.6146**
Protein	-	-	1.0000	-0.8219***	-0.2709	0.1452	-0.3157	0.6845***	0.7901***	0.5236**	0.8672***	0.8744***	0.8640***	0.9008***
Carbohydrate	-	-	-	1.0000	0.1726	-0.1118	0.2320	-0.7961***	-0.3656	-0.3331	-0.5850**	-0.5860**	-0.5705**	-0.6256**
L-value	-	-	-	-	1.0000	-0.8847***	0.9310***	-0.1368	-0.2581	-0.1736	-0.2900	-0.2946	-0.2809	-0.2645
a-value	-	-	-	-	-	1.0000	-0.7928***	0.0841	0.1423	0.1130	0.1737	0.1771	0.1737	0.1559
b-value	-	-	-	-	-	-	1.0000	-0.1991	-0.2560	-0.1975	-0.3064	-0.3146	-0.3027	-0.2915
WBC	-	-	-	-	-	-	-	1.0000	0.1465	-0.1289	0.3907	0.3997	0.0349	0.4746*
WSI	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0000	0.7518***	0.9066***	0.9099***	0.9271***	0.8914***
SP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0000	0.6636***	0.6580***	0.7081***	0.6263***
TPC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0000	0.9993***	0.9961***	0.9914***
TFC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0000	0.9964***	0.9923***
DPPH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0000	0.9868***

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

인하여 radical 소거활성을 나타내는 것으로 볼 때(Choi 등 2007), 동부의 함유된 폴리페놀 및 플라보노이드 등 항산화 성분에 의해 radical 소거활성에 많이 기여하는 것으로 생각된다.

요약 및 결론

동부의 품질기준 설정과 중복부지역 생산 가능성 검토를 위해 품종 및 파종시기를 달리하여 생산한 동부의 일반성분, 품질 특성과 항산화 특성을 검토하였다. 동부의 수분, 조회분, 조지방, 조단백질, 탄수화물 함량은 품종 및 파종시기에 따라 유의적인 차이를 보였다. 동부 품종의 명도, 적색도 및 황색도는 7월 5일 파종시 유의적으로 약간 증가하였다. 수분 결합력은 108.87~143.19%로 품종별로 유의적인 차이를 보였으며, 모든 품종에서 7월 5일 파종시 유의적으로 감소하였다. 용해도는 파종시기에 따라 서원과 연분 품종은 7월 5일 파종시 유의적으로 증가하였으며, 옥당은 유의적으로 감소하는 경향을 보였다. 팽윤력은 품종별로는 유의적인 차이를 보였고, 파종시기에 따라서는 연분 품종만 7월 5일 파종시 유의적으로 증가하였다. 총 폴리페놀 함량은 품종별로 유의적인 차이를 보였고, 파종시기에 따라 서원 품종은 7월 5일 파종시 유의적으로 약간 감소하였으며, 옥당 품종은 7월 5일 파종시 유의적으로 약간 증가하였다. 총 플라보노이드 함량 또한 품종별로 유의적인 차이를 보였고, 파종시기에 따라서는 서원 품종만 7월 5일 파종시 유의적으로 약간 감소하였다. DPPH

radical 소거활성은 품종별로 유의적인 차이를 보였으며, 파종시기에 따라 연분과 옥당 품종이 7월 5일 파종시 유의적으로 증가하였다. ABTS radical 소거활성은 품종별로 유의적인 차이를 보였으며, 파종시기에 따라 모든 품종이 7월 5일 파종시 유의적으로 감소하였다. 이상의 결과에서 항산화 특성을 고려하면 중복지역에서 동부의 생산은 6월 초순에 파종하는 것이 좋을 것으로 보이며, 서원 품종은 다른 품종에 비해 항산화성이 높아 가공품에 기능성을 부여할 수 있을 것으로 생각되나, 이에 대한 가공적성 검토가 필요한 것으로 생각된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 AGENDA 연구사업(ATIS 과제번호: PJ01183301)의 지원에 의해 이루어진 것임.

References

- Cai R, Hettiarachchy NS, Jalaluddin M. 2003. Highperformance liquid chromatography determination of phenolic constituents in 17 varieties of cowpeas. *J Agric Food Chem* 51:1623-1627
- Choi Y, Jeong HS, Lee J. 2007. Antioxidant activity of methanolic extracts from some grains consumed in Korea. *Food Chem* 103:130-138
- Chon SU. 2013. Difference in growth, phenolics content and

- antioxidant activity of cowpea sprouts at different plant parts. *Korean J Crop Sci* 58:232-238
- Gutiérrez-Urbe JA, Romo-Lopez I, Serna-Saldívar SO. 2011. Phenolic composition and mammary cancer cell inhibition of extracts of whole cowpeas (*Vigna unguiculata*) and its anatomical parts. *J Functional Foods* 3:290-297
- Hussain MA, Basahy AY. 1998. Nutrient composition and amino acid of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp, Fabaceae) grown in the Gizan area of Saudi Arabia. *Int J Food Sci Nutr* 49:117-124
- 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
- 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, Park YJ, Kwon YC, Suh HS. 1996. Variation of anthocyanin content in color-soybean collections. *Korean J Crop Sci* 41:302-307
- Jung GH, Kim SK, Lee JE, Woo KS. 2018. Physicochemical characteristics of sorghum according to variety and seeding period. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 47:422-428
- Kim DK, Kim YM, Chon SU, Lee KD, Rim YS. 2015. Growth characteristics and nutrient content of cowpea sprouts based on light conditions. *Korean J Crop Sci* 60:475-483
- Kim DK, Kim YS, Park HG, Kwon OD, Shin HR, Choi KJ, Lee KD, Rim YS. 2014b. Proper sowing time and planting density of intermediate-erect type cowpea strains for labor-saving cultivation. *Korean J Crop Sci* 59:325-331
- 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, Choi KJ, Lee J, Lee KD, Rim YS. 2013. Agronomic characteristics and seed quality of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) germplasm. *Korean J Crop Sci* 58:1-7
- Kim DK, Son DM, Lee KD, Rim YS, Chung JS. 2014a. Effects of sowing date on agronomic characteristics of intermediate-erect type cowpea grown in plastic greenhouse. *Korean J Crop Sci* 59:470-476
- 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 JH, Ko MS, Chang KY. 1983. Studies on genetic analysis by the diallel crosses in F2 generation of cowpea (*Vigna sinensis* savi.). *Korean J Crop Sci* 28:216-226
- Kim JM, Yu MY, Shin MS. 2012. Effect of mixing ratio of white and germinated brown rice on the physicochemical properties of extruded rice flours. *Korea J Food Cookey Sci* 28:813-820
- Kim SM, Cho YS, Sung SK. 2001. The antioxidant ability and nitrite scavenging ability of plant extracts. *Korean J Food Sci Technol* 33:626-632
- 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 Sci Nutr* 21:738-747
- Lee HH, Chu SH, Ryu SN, Shin MC, Koh HJ. 2006. Grain characteristics of green-kerneled rices under different planting time and N-fertilizer levels. *Korean J Breed* 38:358-365
- Lee HK, Hwang IG, Kim HY, Woo KS, Lee SH, Woo SH, Lee J, Jeong HS. 2010. Physicochemical characteristic and antioxidant activities of cereals and legumes in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:1399-1404
- Lee JS, Song SB, Ko JY, Kang JR, Oh BG, Seo MC, Kwak DY, Nam MH, Woo KS. 2011. Effects of the cultivated areas on antioxidant compounds and activities of proso millet (*Panicum miliaceum* L.). *Korean J Crop Sci* 56:315-321
- 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
- Middleton E, Kandaswami CC. 1994. Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. *Food Technol* 48:115-119
- Rice-Evans CA, Miller N, Paganga G. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Sci* 2:152-159
- 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
- Siddhuraju P, Becker K. 2007. The antioxidant and free radical scavenging activities of processed cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) seed extracts. *Food Chem* 101:10-19
- Sreerama YN, Sashikala VB, Pratape VM. 2012. Phenolic compounds in cowpea and horse gram flours in comparison to chickpea flour: Evaluation of their antioxidant and enzyme inhibitory properties associated with hyperglycemia and hypertension. *Food Chem* 133:156-162
- Wi E, Park J, Shin M. 2013. Comparison of physicochemical properties and cooking quality of Korean organic rice varieties. *Korean J Food Cookery Sci* 29:785-794
- Woo KS, Lee JS, Kang JR, Ko JY, Song SB, Oh BG, Seo MC, Kwak DY, Nam MH. 2011. Effects of cultivated area on antioxidant compounds and antioxidant activities of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:1512-1517
- 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
- Woo KS, Song SB, Ko JY, Lee JS, Jung TW, Jeong HS. 2015. Changes in antioxidant contents and activities of adzuki beans according to germination time. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:687-694

Received 17 July, 2018

Revised 22 July, 2018

Accepted 27 July, 2018