

재배방법에 따른 팥의 항산화 특성 및 앙금의 품질 특성

†우관식 · 송석보* · 고지연* · 김영복** · 김육한 · 정헌상***

국립식량과학원 중부작물부, *국립식량과학원 남부작물부, **천안시농업기술센터, ***충북대학교 식품공학과

Antioxidant Properties of Adzuki Beans, and Quality Characteristics of Sediment according to Cultivated Methods

†Koan Sik Woo, Seok Bo Song*, Jee Yeon Ko*, Young Bok Kim**,
Wook Han Kim and Heon Sang Jeong***

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

*Dept. of Southern Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Miryang 50424, Korea

**Cheonan Agricultural Technology Center, Cheonan 31233, Korea

***Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Cheongju 28594, Korea

Abstract

We evaluated the antioxidant properties of adzuki beans and the quality characteristics of sediment using various cultivation methods. There were significant differences in total polyphenol and flavonoid contents in beans grown using different methods of cultivation ($p < 0.05$). Also, DPPH and ABTS radical-scavenging activities were significantly different depending on cultivation method ($p < 0.05$). The sediment yield before drying of Chungju-pat, Hongoon, and Arari was 296.64~339.01, 271.36~282.24, and 268.21~292.32%, respectively, and the sediment yield after drying was 71.68~85.41, 77.90~85.19, and 74.15~78.65%, respectively. The L-value of Chungju-pat and Arari sediments revealed a significant difference given different cultivation methods ($p < 0.05$), but Hongoon sediment did not show a significant difference. There was a significant difference in the a- and b-value of adzuki bean sediments cultivated using different methods ($p < 0.05$). The particle size of Chungju-pat, Hongoon, and Arari sediments was 66.21~98.80, 61.62~97.07, and 82.96~106.71 μm , respectively, and all were significantly different depending on cultivation method ($p < 0.05$). There were also significant differences in the water absorption index, water solubility index, and swelling power when different cultivation methods were used ($p < 0.05$).

Key words: adzuki bean (*Vigna angularis* var. *nipponensis*), antioxidant, adzuki bean sediment, quality characteristic

서론

팥(Adzuki bean, *Vigna angularis* var. *nipponensis*)은 우리나라에서 콩 다음으로 중요한 두류작물로 단백질과 지방질 함량이 낮고, 탄수화물이 높은 두류로 구성성분의 대부분은 전분으로 이루어져 있으며(Koh 등 1997), 팥죽이나 떡, 빵, 과자 등의 속재료, 앙금과 양갱, 빙과제조용으로도 많이 이용되고 있다(Kim 등 2003). 팥은 비타민 B₁이 풍부하여 쌀에 혼반 할

경우, 쌀밥에 부족하기 쉬운 비타민을 공급하여 주며, 각기병 뿐만 아니라, 피로회복에도 효과가 있다(Woo 등 2010). 단백질의 대부분은 글리시닌(glycinin)이고, 발린(valine)을 제외한 필수아미노산이 풍부하며, 특히 쌀의 제한아미노산인 라이신(lysine) 함량이 높아 혼식하면 아미노산 보족효과로 단백질의 질을 향상시켜준다(Song 등 2013). 팥에 함유된 사포닌은 섬유질과 함께 변통을 돕는 효과가 있고, 독을 풀고 배변을 촉진하여 장을 깨끗이 해주며, 신장병, 각기병, 숙취 등에도

† Corresponding author: Koan Sik Woo, Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16429, Korea. Tel: +82-31-695-4084, Fax: +82-31-695-4085, E-mail: wooks@korea.kr

이용된다(Song 등 2011).

팔의 성분에 대한 연구로는 팔 단백질을 분리하여 유화특성을 보고한 연구(Kim 등 1990)와 globulin의 유동특성(Meng & Ma 2001a)과 열적특성(Meng & Ma 2001b) 연구가 진행되었으며, 팔 껍질의 색소에 관한 연구(Koide 등 1997)가 진행되었다. 두류의 양금에 대한 연구로는 강낭콩 양금 혼합물에 따른 양갱의 기계적·광학적 특성에 관한 연구(Park & Cho 1995)와 품종에 따른 강낭콩 양금의 이화학적 특성을 보고한 연구(Cho & Park 1997) 등 대부분이 강낭콩의 양금에 대한 연구로, 양금으로 가장 많이 사용하고 있는 팔 양금에 대한 품질이나 특성에 대한 연구는 찾아보기 힘든 실정이다.

작물의 재배와 성분에 관한 연구로는 재배시기가 나물용콩 종실의 품질에 미치는 영향을 분석한 결과, 단백질, isoflavone 등의 성분들과 수분흡수율, 발아율 등이 파종시기에 따라 차이를 보여 종실의 품질향상을 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 보고하였다. 또한 재배환경에 따른 보리의 β -glucan 함량에 관한 연구(Kim 등 2003c)에서 β -glucan 함량은 재배지역에 따라 큰 차이가 없는 것으로 보고하였으며, 쌀의 이화학적 특성에 관한 연구(Kim & Lim 1987)에서 품종별 아밀로그래프 특성이 차이가 있는 것으로 보고하였다. 검정콩에 함유된 안토시아닌의 함량을 재배지역(Yi 등 1997) 및 고도(Shin 등 2009)에 따라 함량 변이가 있음이 보고된 바 있다. 또한 검정콩의 안토시아닌 함량은 파종시기, 수확시기, 연차 등 환경적인 요인에 영향을 받는 것으로 보고하였고(Joo 등 2004; Jung 등 1996) 풋완두 재배에 있어 지역 및 시기를 고려하여 파종해야 하는 것으로 보고되어 있다(Kim 등 2003b). 따라서 본 연구에서는 재배방법에 따라 팔의 항산화 성분과 항산화 활성의 차이를 조사하고 생산된 팔에 대해 양금을 제조하여 품질특성을 비교·분석하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 시험재료의 항산화 성분 분석

본 연구에 사용된 팔은 천안시농업기술센터의 시험포장에서 2014년 생산된 충주팔(Chungju-pat), 흥언(Hongeon), 아라리(Arari)를 사용하였다. 시료의 항산화 성분 및 항산화 활성 분석을 위하여 분쇄된 시료 일정량을 취하여 80% 에탄올로 상온에서 24시간동안 3회 진탕추출(WiseCube WIS-RL010, Daihan Scientific Co., Ltd., Seoul, Korea)한 다음 여과하여 -20°C 냉동고에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였으며, 시료의 농도는 추출용매를 이용하여 $100\ \mu\text{g/mL}$ 의 농도로 보정하여 사

용하였다. 추출물에 대한 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu phenol reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과, 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다(Dewanto 등 2002). 추출물 $50\ \mu\text{L}$ 에 2% Na_2CO_3 용액 $1\ \text{mL}$ 를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) $50\ \mu\text{L}$ 를 가하였다. 30분 후, 반응액의 흡광도 값을 $750\ \text{nm}$ 에서 측정하였고, 표준물질인 gallic acid(Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였고, 시료 g 당 mg gallic acid equivalent(GAE, dry basis)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 추출물 $250\ \mu\text{L}$ 에 증류수 $1\ \text{mL}$ 와 5% NaNO_2 $75\ \mu\text{L}$ 를 가한 다음, 5분 후 10% $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ $150\ \mu\text{L}$ 를 가하여 6분 방치하고, 1 N NaOH $500\ \mu\text{L}$ 를 첨가하고 11분 후, 반응액의 흡광도 값을 $510\ \text{nm}$ 에서 측정하였다(Dewanto 등 2002). 표준물질인 (+)-catechin(Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였고, 시료 g 당 mg catechin equivalent(CE, dry basis)로 나타내었다.

2. 추출물의 항산화 활성 검정

에탄올 추출물에 대한 항산화 활성은 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich) 및 ABTS(2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich) radical의 소거활성을 측정하였다(Choi 등 2006). DPPH radical의 소거활성은 $0.2\ \text{mM}$ DPPH 용액(99.9% 에탄올에 용해) $0.8\ \text{mL}$ 에 시료 $0.2\ \text{mL}$ 를 첨가한 후 $520\ \text{nm}$ 에서 정확히 30분 후에 흡광도 감소치를 측정하였다. ABTS radical의 소거활성은 ABTS $7.4\ \text{mM}$ 과 potassium persulphate $2.6\ \text{mM}$ 을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이 용액을 $735\ \text{nm}$ 에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 몰 흡광계수($\epsilon=3.6 \times 10^4\ \text{M}^{-1}\text{cm}^{-1}$)를 이용하여 메탄올로 희석하였다. 희석된 ABTS용액 $1\ \text{mL}$ 에 추출액 $50\ \mu\text{L}$ 를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였다. DPPH 및 ABTS radical의 소거활성은 시료 g 당 mg TE(Trolox equivalent antioxidant capacity)로 표현하였다.

3. 팔 양금 제조 및 품질특성 조사

품종별 팔 양금의 제조는 Cho & Park(1997)의 방법을 변형하여 제조하였다. 각각의 시료 $100\ \text{g}$ 에 증류수 $500\ \text{mL}$ 를 가하여 30°C 배양기에서 24시간 침지한 후 2시간동안 가열하고, 곡물분쇄기(NSG-1002SS, Hani, Seoul, Korea)를 이용하여 1분간 분쇄하여 면포를 이용하여 수분을 제거하고, 건조 전후 양금의 무게를 측정하여 습물중 및 건물중 수율을 측정하였으며, 건조는 양금을 동결하여 동결건조(FDT-8612, OPERON, Kimpo, Korea)를 실시하였다. 수율을 측정한 시료는 곱게 분쇄하여 $100\ \text{mesh}$ 체를 통과시킨 후 분석용 시료로 사용하였다. 제조된 팔 양금의 색도는 색차계(CM-3500d, Minolta, Tokyo,

Japan)를 이용하여 명암도를 나타내는 L값(lightness), 적색도의 정도를 나타내는 a값(redness), 황색도의 정도를 나타내는 b값(yellowness)으로 나타내었으며(Bae 등 2001), 이때 사용된 표준 백판의 L값은 96.88, a값은 -0.21, b값은 -0.28이었다. 팔 앙금의 미세구조는 주사전자현미경(scanning electron microscope, Hitachi, Tokyo, Japan)을 이용하여 gold-palladium으로 진공상태에서 120초간 코팅시킨 후 5 kV에서 500배로 미세 구조를 관찰하였으며, 10반복으로 앙금의 크기를 측정하였다.

4. 팔 앙금의 수분결합력, 용해도 및 팽윤력 측정

팔 앙금의 수분결합력은 Medcalf & Gilles(1965)의 방법을 이용하여 측정하였다. 팔 앙금 1 g을 증류수 40 mL를 혼합하여 1시간 교반하고, 30분 동안 3,000 rpm으로 원심분리하여 상등액을 제거한 다음 침전된 가루의 무게를 측정하여 침전된 앙금의 무게(g)에서 처음 앙금분말의 무게(g)를 빼고, 처음 앙금분말 무게(g)에 대한 백분율로 계산하였다. 팔 앙금의 용해도와 팽윤력은 Schoch의 방법(Schoch, 1964)을 변형하여 측정하였다. 즉, 앙금분말 0.5 g을 30 mL의 증류수에 분산시켜 90±1 °C의 항온수조에 30분간 가열하고, 3,000 rpm으로 20분간 원심분리(UNION 5 KR, Hanil Science Industrial, Incheon, Korea)한 후 상등액은 105 °C에서 12시간 건조시켜 무게를 측정하고, 침전물은 그대로 무게를 측정하였으며, 용해도와 팽윤력은 다음과 같이 계산하였다.

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

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

5. 통계분석

모든 데이터는 3회 반복 측정하였으며, 통계분석은 SAS version 9.2(statistical analysis system, SAS Institute, Cary, NC, USA) program을 이용하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고, Duncan's multiple range test를 이용하여 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 재배방법별 팔 에탄올 추출물의 페놀 화합물 함량

Folin-Ciocalteu phenol reagent가 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과, 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리(Dewanto 등 2000)로 총 polyphenol 함량을 측정할 결과, Table 1과 같이 재배방법에 따라 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다

($p < 0.05$). 충주팔, 홍언 및 아라리의 총 폴리페놀 함량은 각각 6.56~7.34, 8.02~10.86 및 6.17~7.67 mg GAE/g으로 나타나 홍언이 다른 품종에 비해 높았으며, 특히 7월 1일에 20 및 25 cm로 파종한 시료에서 10.57 및 10.86 mg GAE/g으로 높은 함량을 보였다.

플라보노이드는 주로 anthocyanidins, flavonols, flavones, catechins 및 flavanones 등으로 구성되어 있으며, 그 구조에 따라 특정 플라보노이드는 항산화 및 항균성 등 다양한 생리활성을 갖고 있는 것으로 보고되고 있다(Middleton & Kandaswami 2000). 총 flavonoid 함량을 catechin 당량으로 측정한 결과, Table 1과 같이 재배방법에 따라 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 충주팔, 홍언 및 아라리의 총 플라보노이드 함량은 각각 0.89~1.01, 1.44~2.11 및 0.087~1.26 mg CE/g으로 나타나, 폴리페놀과 마찬가지로 전체적으로 홍언이 높은 함량을 보였다. 또한 7월 1일에 20 및 25 cm로 파종한 시료에서 1.86 및 2.11 mg CE/g의 높은 함량을 보였다.

전체적으로 7월 10일이나 20일 파종보다는 1일 파종 시료가 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 높았고, 충주팔과 아라리는 파종간격이 20 cm에서, 홍언은 25 cm에서 높은 함량을 보였다. 곡류에 함유되어 있는 항산화 물질 중 polyphenolic 화합물들은 우수한 항산화력을 가지는 것으로 알려져 있으며, 이는 free radical을 안정화시킬 수 있는 phenolic ring의 존재 때문인 것으로 보고되어져 있다(Middleton & Kandaswami 2000). 따라서 팔의 항산화 성분의 함량을 높이기 위한 다양한 재배법 연구가 더 필요할 것으로 생각된다.

2. 재배방법별 팔 에탄올 추출물의 라디칼 소거 활성

Ascorbic acid, tocopherol, polyhydroxy 방향족화합물, 방향족 아민 등에 의해서 환원되어 짙은 자색이 탈색됨으로써 항산화 물질의 전자공여능을 측정할 때 사용되고 있는 DPPH radical 소거활성법(Nieva 등 2000)을 표준물질인 Trolox와 비교하여 나타난 결과는 Table 1과 같이 나타났다. 전자공여능은 지질과산화의 연쇄반응에 관여하는 산화성 활성 free radical에 전자를 공여하여 산화를 억제시키는 척도가 되며, free radical은 인체 내에서 각종 질병과 세포의 노화를 일으키므로 식물 추출물 등에서 항산화제로 작용할 수 있는 물질을 확인할 필요성이 있다(Kim 등 2009). 재배방법에 따른 팔의 DPPH radical 소거활성은 Table 1과 같이 재배방법에 따라 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 충주팔, 홍언 및 아라리의 DPPH radical 소거활성은 각각 3.38~4.68, 3.36~7.16 및 2.11~3.56 mg TE/g으로 나타나 홍언이 다른 품종에 비해 유의적으로 높았으며($p < 0.05$), 특히 7월 1일에 25 cm로 파종한 시료에서 7.16 mg TE/g으로 높은 활성을 보였다. 충주팔은 7월 1일 20 cm와 7월 10일 15 cm 처리에서 각각 4.59 및 4.68 mg TE/g

Table 1. Antioxidant compounds and radical-scavenging activity of the adzuki beans with the cultivated methods

Variety	Seeding date (MM/DD)	Seed spacing (cm)	Antioxidant compounds		Radical-scavenging activity ³⁾	
			Total polyphenol ¹⁾	Total flavonoid ²⁾	DPPH radical	ABTS radical
Chungju-pat	7/1	15	6.90±0.22 ^{4) abc5)}	0.95±0.06 ^a	4.13±0.69 ^{abc}	6.82±0.52 ^{abc}
		20	7.34±0.63 ^a	1.01±0.13 ^a	4.59±0.84 ^{ab}	7.72±1.26 ^a
		25	7.07±0.56 ^{ab}	0.94±0.15 ^a	4.44±1.01 ^{ab}	7.41±1.34 ^{ab}
	7/10	15	6.98±0.73 ^{abc}	0.93±0.25 ^a	4.68±1.01 ^a	7.51±1.49 ^{ab}
		20	6.65±0.37 ^{bc}	0.92±0.06 ^a	3.52±0.38 ^{cd}	6.56±0.58 ^{bc}
		25	6.56±0.15 ^c	0.98±0.13 ^a	3.38±0.23 ^d	6.37±0.33 ^c
	7/20	15	7.07±0.40 ^{ab}	0.90±0.15 ^a	4.03±0.67 ^{abcd}	7.33±0.97 ^{abc}
		20	6.61±0.11 ^{bc}	0.89±0.24 ^a	3.72±0.23 ^{cd}	6.67±0.17 ^{bc}
		25	7.05±0.43 ^{ab}	0.98±0.07 ^a	3.90±0.60 ^{bcd}	7.54±0.91 ^{ab}
Hongeon	7/1	15	9.85±1.24 ^b	1.83±0.32 ^{bc}	5.64±1.35 ^b	10.20±1.93 ^b
		20	10.57±0.69 ^a	1.86±0.22 ^{ab}	6.64±0.58 ^a	11.57±0.92 ^a
		25	10.86±0.99 ^a	2.11±0.09 ^a	7.16±0.89 ^a	12.26±1.17 ^a
	7/10	15	7.98±0.37 ^c	1.67±0.25 ^{bcd}	3.36±0.68 ^c	8.01±0.84 ^c
		20	8.30±0.27 ^c	1.47±0.07 ^d	3.48±0.21 ^c	8.22±0.29 ^c
		25	8.15±0.17 ^c	1.66±0.39 ^{bcd}	3.43±0.17 ^c	7.82±0.22 ^c
	7/20	15	8.02±0.40 ^c	1.44±0.13 ^d	3.48±0.33 ^c	7.87±0.56 ^c
		20	8.40±0.51 ^c	1.57±0.15 ^{cd}	4.00±1.04 ^c	8.74±0.78 ^c
		25	8.03±0.14 ^c	1.45±0.07 ^d	3.64±0.89 ^c	7.93±0.33 ^c
Arari	7/1	15	7.06±0.16 ^b	1.10±0.01 ^{bc}	2.79±0.86 ^{bc}	6.89±0.30 ^b
		20	7.67±0.40 ^a	1.26±0.06 ^a	3.52±0.97 ^a	8.08±0.87 ^a
		25	6.82±0.42 ^{bc}	1.10±0.17 ^{bc}	3.22±0.55 ^{ab}	6.41±0.88 ^{bcd}
	7/10	15	7.10±0.27 ^b	1.20±0.12 ^{ab}	3.48±0.36 ^a	6.66±0.61 ^{bc}
		20	6.97±0.20 ^b	1.13±0.04 ^{abc}	3.56±0.29 ^a	6.79±0.53 ^b
		25	6.58±0.25 ^{cd}	0.98±0.08 ^{cd}	3.27±0.26 ^{ab}	6.03±0.31 ^{cd}
	7/20	15	6.46±0.53 ^{de}	1.08±0.21 ^{bc}	2.56±0.69 ^{cd}	5.81±1.10 ^d
		20	6.21±0.22 ^e	0.91±0.10 ^d	2.11±0.31 ^d	4.96±0.51 ^e
		25	6.17±0.31 ^e	0.87±0.14 ^d	2.18±0.41 ^d	4.79±0.73 ^e

¹⁾ mg gallic acid equivalent/g sample (dry basis)

²⁾ mg catechin equivalent/g sample (dry basis)

³⁾ mg Trolox equivalent antioxidant capacity/g sample (dry basis)

⁴⁾ Each value is mean±S.D. (n=3).

⁵⁾ Any means in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

의 활성을 보였고, 아라리는 7월 1일 및 10일 20 cm 처리에서 각각 3.52 및 3.56 mg TE/g의 활성을 보였다.

ABTS radical 소거활성법은 혈장에서 $ABTS^+ \cdot$ radical의 흡광도가 항산화제에 의해 억제되는 것에 기초하여 개발된 방법으로 ABTS와 potassium persulfate를 암소에 방치하여 $ABTS^+ \cdot$ 이 생성되면 추출물의 항산화 활성에 의해 $ABTS^+ \cdot$ 이 소거되어 radical 특유의 색인 청록색이 탈색되는데, 이를 흡광도 값으로 나타내어 추출물의 $ABTS^+ \cdot$ 의 소거 활성을

측정할 수 있는 방법으로(Kim 등 2009), 이를 분석한 결과는 Table 1과 같이 나타났다. 충주팥, 홍언 및 아라리의 ABTS radical 소거활성은 각각 6.37~7.72, 7.82~12.26 및 4.79~8.08 mg TE/g으로 나타나 홍언이 다른 품종에 비해 유의적으로 높았으며($p<0.05$), 특히 7월 1일에 25 cm로 파종한 시료에서 12.26 mg TE/g으로 높은 활성을 보였다. 충주팥은 7월 1일 20 cm와 7월 10일 15 cm 처리에서 각각 7.72 및 7.51 mg TE/g의 활성을 보였고, 아라리는 7월 1일 20 cm 처리에서 8.08 mg

TE/g의 활성을 보였다.

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). 추출물의 ABTS 및 DPPH radical 등의 소거활성은 페놀류나 플라보노이드 물질에 기인하여 항산화 활성을 나타내는 것으로 볼 때(Kang 등 1996), 홍연 항산화 활성이 높은 것도 이에 함유된 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량에 기인된 것으로 판단된다. 이상의 결과, 재배방법에 따라 팔의 항산화 성분 및 항산화 활성이

차이를 보이므로 기능성을 높이기 위한 다양한 재배법 연구가 더 필요할 것으로 생각된다.

3. 재배방법별 팔 양금의 수율 및 색도

재배방법에 따른 시료에 대해 팔 양금을 제조하여 수율 및 색도를 분석한 결과는 Table 2 및 3과 같이 나타났다. 충주팔, 홍연 및 아라리의 습물중 양금 수율은 Table 2와 같이 각각 296.64~339.01, 271.36~282.24 및 268.21~292.32%로 나타나 재배방법에 따라 유의적인 차이를 보였으며($p<0.05$), 전체적으로 충주팔이 높은 수율을 보였다. 가장 높은 수율을 보인 처리는 충주팔의 7월 1일에 25 cm로 파종한 처리구(339.01%)

Table 2. Sediment yield before dry and Hunter color value of adzuki beans sediment with the cultivated methods

Variety	Seeding date (MM/DD)	Seed spacing (cm)	Sediment yield (% web basis)	L-value	a-value	b-value
Chungju-pat	7/1	15	296.64±11.1 ^{1) b2)}	46.32±2.94 ^{ab}	5.97±0.93 ^d	0.28±0.61 ^{cd}
		20	337.87±45.9 ^a	45.51±0.98 ^{abc}	6.51±0.26 ^{cd}	-0.16±0.17 ^d
		25	339.01±10.6 ^a	44.80±1.47 ^{abc}	7.24±0.56 ^{ab}	0.70±0.33 ^{bc}
	7/10	15	314.09±18.4 ^{ab}	44.63±1.73 ^{bc}	6.51±0.71 ^{cd}	0.73±0.48 ^{bc}
		20	324.28±6.88 ^{ab}	44.41±2.29 ^c	6.32±0.81 ^{cd}	0.60±0.73 ^c
		25	318.36±4.58 ^{ab}	41.68±1.81 ^d	7.41±0.24 ^a	1.67±0.38 ^a
	7/20	15	314.10±2.56 ^{ab}	46.44±1.25 ^{ab}	6.84±0.22 ^{bc}	1.30±0.24 ^a
		20	317.53±4.45 ^{ab}	46.53±1.23 ^a	6.53±0.27 ^{cd}	1.18±0.26 ^{ab}
		25	298.58±12.7 ^b	44.84±0.36 ^{abc}	6.54±0.36 ^{cd}	0.51±0.89 ^c
Hongeon	7/1	15	277.73±2.78 ^{ab}	45.82±2.01 ^a	7.57±0.41 ^a	1.63±0.73 ^a
		20	273.92±0.55 ^{bc}	46.74±1.93 ^a	6.96±0.48 ^{bc}	1.81±0.41 ^a
		25	281.31±5.70 ^a	45.56±1.73 ^a	7.32±0.56 ^{ab}	1.89±0.75 ^a
	7/10	15	281.74±5.29 ^a	45.41±0.87 ^a	6.89±0.24 ^{bc}	1.81±0.26 ^a
		20	276.92±3.33 ^{abc}	45.02±1.44 ^a	6.98±0.41 ^{bc}	1.68±0.53 ^a
		25	271.36±1.79 ^c	45.31±2.79 ^a	6.50±0.60 ^c	0.82±0.49 ^b
	7/20	15	280.45±1.32 ^a	46.48±1.71 ^a	6.70±0.61 ^c	1.39±0.40 ^a
		20	282.24±1.98 ^a	45.80±1.34 ^a	6.91±0.42 ^{bc}	1.84±0.61 ^a
		25	278.30±1.97 ^{ab}	46.50±1.33 ^a	6.77±0.50 ^c	1.81±0.59 ^a
Arari	7/1	15	268.21±10.0 ^d	43.27±1.23 ^b	6.12±0.58 ^{ab}	1.62±0.96 ^{ab}
		20	270.98±0.98 ^d	44.55±1.67 ^{ab}	6.26±0.93 ^{ab}	1.92±0.94 ^a
		25	278.32±0.86 ^c	44.73±1.65 ^{ab}	6.15±0.59 ^{ab}	1.87±0.50 ^a
	7/10	15	282.75±1.53 ^c	45.72±1.09 ^a	5.93±0.28 ^b	1.15±0.37 ^{bcd}
		20	292.32±2.61 ^a	43.95±2.60 ^{ab}	6.53±0.49 ^a	1.93±0.63 ^a
		25	289.89±1.39 ^{ab}	44.77±1.38 ^{ab}	5.74±0.29 ^b	1.29±0.25 ^{bc}
	7/20	15	283.84±2.34 ^{bc}	43.66±1.62 ^b	5.07±0.24 ^c	0.89±0.29 ^{cd}
		20	279.94±0.89 ^c	44.80±2.24 ^{ab}	4.92±0.46 ^c	0.83±0.39 ^{cd}
		25	281.08±3.77 ^c	45.58±0.80 ^a	4.77±0.27 ^c	0.62±0.35 ^d

¹⁾ Each value is mean±S.D. (n=3).

²⁾ Any means in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

에서 가장 높았으며, 홍언은 7월 20일에 25 cm로 파종한 처리구(282.24%), 아라리는 7월 20일에 25 cm로 파종한 처리구(292.32%)에서 각각 높은 수율을 보였다. 습물 앙금의 색도를 측정된 결과는 Table 2와 같이 명도(L-value)의 경우 충주팔, 홍언 및 아라리는 각각 41.68~46.53, 45.02~46.74 및 43.27~45.72로 충주팔과 아라리는 약간의 유의적인 차이를 보였으나($p < 0.05$), 홍언은 유의적인 차이를 보이지 않았다. 적색도(a-value)의 경우, 각각 5.97~7.41, 6.50~7.57 및 4.77~6.53, 황색도(b-value)는 각각 -0.16~1.67, 0.82~1.89 및 0.62~1.93으로 재배방법에 따라 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다($p < 0.05$).

건물중 앙금 수율은 Table 3과 같이 충주팔, 홍언 및 아라

리가 각각 71.68~85.41, 77.90~85.19 및 74.15~78.65%로 재배 방법에 따라 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 가장 높은 수율을 보인 처리는 충주팔의 7월 10일에 25 cm로 파종한 처리구로 85.41%로 나타났으며, 충주팔의 7월 20일에 20 cm 파종 처리구(85.24%), 홍언의 7월 1일의 15 및 25 cm 파종 처리구(각각 84.97 및 85.19%)도 비교적 높은 앙금 수율을 나타내었다. 아라리의 경우, 7월 10일 15 cm 파종 처리가 78.65%로 다른 처리에 비해 유의적으로 높은 수율을 나타내었다($p < 0.05$). 건물 앙금의 색도를 측정된 결과는 Table 3과 같이 명도는 충주팔, 홍언 및 아라리는 각각 57.90~62.17, 62.00~63.25 및 59.36~61.47로 충주팔과 아라리는 약간의 유의적인

Table 3. Sediment yield after dry and Hunter color value of adzuki beans sediment with the cultivated methods

Variety	Seeding date (MM/DD)	Seed spacing (cm)	Sediment yield (% dry basis)	L-value	a-value	b-value	
Chungju-pat	7/1	15	78.46±7.96 ^{1) abc2)}	59.66±1.55 ^b	3.34±0.18 ^d	4.52±0.26 ^{cde}	
		20	74.56±2.33 ^{bc}	57.90±2.66 ^b	3.89±0.26 ^b	4.78±0.86 ^{bcd}	
		25	71.68±0.57 ^c	57.99±2.13 ^b	4.39±0.38 ^a	4.87±0.30 ^{abc}	
	7/10	15	79.34±6.53 ^{abc}	58.42±1.63 ^b	3.97±0.19 ^b	5.27±0.66 ^a	
		20	83.67±0.59 ^a	58.86±1.07 ^b	3.75±0.27 ^{bc}	5.14±0.48 ^{ab}	
		25	85.41±4.27 ^a	58.76±1.62 ^b	3.75±0.33 ^{bc}	4.74±0.37 ^{bcd}	
	7/20	15	81.69±1.27 ^{ab}	62.17±0.92 ^a	3.52±0.31 ^{cd}	4.34±0.31 ^{def}	
		20	85.24±4.73 ^a	61.23±1.00 ^a	3.43±0.32 ^{cd}	4.03±0.26 ^f	
		25	79.14±1.23 ^{abc}	61.49±1.60 ^a	3.67±0.54 ^{bcd}	4.15±0.35 ^{ef}	
	Hongeon	7/1	15	84.97±6.33 ^a	63.25±1.60 ^a	5.75±0.71 ^a	5.17±0.43 ^{cd}
			20	78.10±2.70 ^c	62.00±1.14 ^a	3.89±0.12 ^e	5.10±0.37 ^{cd}
			25	85.19±1.81 ^a	63.13±1.03 ^a	5.26±0.23 ^b	4.83±0.32 ^{cd}
7/10		15	80.66±2.04 ^{abc}	63.03±1.13 ^a	4.24±0.45 ^{cde}	5.23±0.24 ^c	
		20	83.90±2.20 ^{ab}	62.97±0.97 ^a	4.63±0.46 ^c	4.98±0.37 ^{cd}	
		25	81.14±2.71 ^{abc}	62.55±1.10 ^a	4.09±0.34 ^{de}	4.63±0.47 ^d	
7/20		15	79.33±1.11 ^{bc}	62.43±1.77 ^a	4.28±0.29 ^{cde}	5.94±1.05 ^b	
		20	78.12±1.01 ^c	62.77±1.26 ^a	4.25±0.26 ^{cde}	6.50±0.48 ^a	
		25	77.90±0.57 ^c	62.24±0.96 ^a	4.48±0.11 ^{cd}	6.37±0.48 ^{ab}	
Arari		7/1	15	75.14±4.18 ^b	59.44±1.71 ^{bc}	4.30±0.20 ^a	6.02±0.56 ^{abc}
			20	75.08±1.73 ^b	59.43±1.30 ^{bc}	4.04±0.67 ^{ab}	6.28±0.55 ^a
			25	74.15±.84 ^b	60.82±1.16 ^{ab}	3.09±0.08 ^e	5.53±0.38 ^{def}
	7/10	15	78.65±1.40 ^a	60.23±1.18 ^{abc}	3.58±0.46 ^{cd}	5.46±0.46 ^{ef}	
		20	76.88±0.18 ^{ab}	60.82±1.00 ^{ab}	4.23±0.17 ^a	5.87±0.31 ^{bcd}	
		25	76.75±0.31 ^{ab}	60.18±2.18 ^{abc}	3.74±0.35 ^{bc}	5.40±0.13 ^{ef}	
	7/20	15	75.37±0.30 ^b	59.36±0.86 ^c	3.66±0.37 ^c	6.08±0.37 ^{ab}	
		20	76.67±0.23 ^{ab}	61.47±0.98 ^a	3.03±0.16 ^e	5.67±0.36 ^{cde}	
		25	76.24±0.65 ^{ab}	60.43±0.88 ^{abc}	3.26±0.16 ^{de}	5.23±0.19 ^f	

¹⁾ Each value is mean±S.D. (n=3).

²⁾ Any means in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

차이를 보였으나($p<0.05$), 홍언은 유의적인 차이를 보이지 않았다. 적색도의 경우, 각각 3.34~4.39, 3.89~5.75 및 3.03~4.30, 황색도는 각각 4.03~5.27, 4.63~6.50 및 5.23~6.28로 재배방법에 따라 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다($p<0.05$). 습물 양금과 건물 양금을 비교해 보면 명도와 황색도는 건조 후 증가하는 경향을 보였으며, 적색도는 약간 감소하는 경향을 보였다. Park & Cho(1995)의 연구에서 팥 양금의 색도는 명도, 적색도 및 황색도가 각각 33.19, 5.80 및 3.95로 보고하였는데, 명도는 본 연구에서 더 높은 값을 나타내었고, 적색도와 황색도는 비슷한 수치를 나타내었다.

4. 재배방법별 팥 양금의 양금크기와 미세구조

재배방법에 따른 팥 양금의 평균입자직경을 측정한 결과는 Table 4와 같이 충주팥, 홍언 및 아라리가 각각 66.21~98.80, 61.62~97.07 및 82.96~106.71 μm 로 재배방법별로 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다($p<0.05$). Na 등(2000)의 연구에 의하면 도토리 양금의 입도는 4~20 μm 의 크기를 보이는 것으로 보고하였으며, 한국산과 중국산 팥 전분의 입자크기를 분석한 결과, 각각 25.78 및 27.35 μm 로 한국산이 작은 것으로 보고하였다(Kim 등 2003a). 기존 연구와 차이를 보이는 것으로 원료의 차이에 기인한 것으로 생각되며, 추후 용도별 팥

Table 4. Particle diameter, water absorption capacity, water solubility and swelling power of adzuki beans sediment with the cultivated methods

Variety	Seeding date (MM/DD)	Seed spacing (cm)	Particle diameter (μm)	Water absorption index (%)	Water solubility index (%)	Swelling power (%)
Chungju-pat	7/1	15	95.3±11.5 ^{1) ab2)}	505.94±60.26 ^{abc}	86.91±4.08 ^a	124.03±39.15 ^a
		20	88.4±12.4 ^{ab}	566.86±88.79 ^a	86.57±3.39 ^a	122.04±31.97 ^a
		25	66.2±16.5 ^b	546.74±67.85 ^{ab}	76.25±6.57 ^d	68.97±20.54 ^b
	7/10	15	92.8±22.3 ^{ab}	520.42±78.88 ^{abc}	82.44±3.79 ^{ab}	90.29±23.59 ^b
		20	77.8±31.8 ^{ab}	495.04±35.80 ^{bc}	81.58±2.29 ^{bc}	82.07± 8.62 ^b
		25	97.1±25.8 ^a	460.73±29.77 ^c	78.61±4.70 ^{bcd}	70.57±15.59 ^b
	7/20	15	80.0±20.7 ^{ab}	527.97±77.29 ^{abc}	79.61±4.07 ^{bcd}	76.94±14.28 ^b
		20	93.4±32.9 ^{ab}	488.83±38.73 ^{bc}	76.76±5.01 ^d	66.05±14.61 ^b
		25	98.8±16.1 ^a	493.79±55.78 ^{bc}	77.26±5.88 ^{cd}	69.19±19.59 ^b
Hongeon	7/1	15	80.4±22.8 ^{ab}	488.70±38.40 ^a	74.88±4.47 ^f	60.15±10.56 ^f
		20	86.8±19.6 ^{ab}	509.29±80.21 ^a	82.97±3.48 ^{cd}	89.22±16.68 ^{cd}
		25	61.6±17.7 ^b	486.40±51.61 ^a	79.48±1.77 ^e	71.99± 4.59 ^e
	7/10	15	81.0±32.8 ^{ab}	507.76±32.26 ^a	83.79±1.42 ^{bcd}	93.14± 8.62 ^c
		20	69.9±11.6 ^{ab}	503.94±29.19 ^a	81.25±2.36 ^{de}	80.02± 7.69 ^{de}
		25	86.7±24.5 ^{ab}	516.51±49.92 ^a	79.23±3.08 ^e	73.28± 9.43 ^e
	7/20	15	97.1±29.3 ^a	493.26±27.30 ^a	84.34±4.31 ^{abc}	97.95±20.14 ^{bc}
		20	90.0±25.6 ^{ab}	505.77±24.81 ^a	86.18±1.39 ^{ab}	108.00±9.22 ^{ab}
		25	85.7±28.3 ^{ab}	526.95±23.64 ^a	86.85±0.71 ^a	114.86±5.95 ^a
Arari	7/1	15	97.4±36.9 ^a	543.67±23.73 ^a	86.39±0.74 ^{abc}	112.12± 7.29 ^{abc}
		20	90.8±24.2 ^a	496.01±48.89 ^b	84.77±4.03 ^c	100.94±20.79 ^c
		25	106.7±23.7 ^a	507.59±32.36 ^{ab}	87.42±0.97 ^{ab}	118.60± 5.34 ^{ab}
	7/10	15	93.9±11.1 ^a	501.09±28.50 ^b	86.48±0.83 ^{abc}	110.16± 6.51 ^{bc}
		20	92.9±26.7 ^a	489.11±33.04 ^b	85.41±3.84 ^{bc}	104.37±22.96 ^c
		25	94.8±24.4 ^a	506.57±33.70 ^{ab}	88.26±0.74 ^a	125.22±10.25 ^a
	7/20	15	83.0±15.8 ^a	489.99±45.48 ^b	87.70±1.33 ^a	119.15±13.16 ^{ab}
		20	94.4±23.8 ^a	496.05±41.82 ^b	86.87±1.16 ^{abc}	112.53±10.34 ^{abc}
		25	89.6±20.8 ^a	505.14±54.45 ^{ab}	88.12±0.68 ^a	123.35± 7.07 ^{ab}

¹⁾ Each value is mean±S.D. (n=3).

²⁾ Any means in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

양금의 품질기준 등의 연구가 필요할 것으로 생각된다.

또한 재배방법에 따른 충주팔, 흥언 및 아라리 양금의 미세구조를 SEM을 이용하여 300배로 관찰한 결과, Fig. 1, 2 및 3과 같이 양금의 입자는 타원형의 모양을 가지고 있었으며, 세포막과 단백질이 둘러싸서 표면이 거친 것을 볼 수 있다. 두류를 분쇄하여 물을 가해 가열하면 세포벽이 파괴되어 전분립이 물에 노출되어 호화되지만, 분쇄하지 않고 물을 가하여 가열하면 전분립이 호화되기 전에 세포내에 존재하는 단백질이 비교적 저온에서 응고되어 전분립을 둘러싸는 형태로 양금을 형성한다고 보고되어 있다(Leach 등 1959). 또한 조리시간에 따른 리마콩 자엽부의 변화를 주사전자현미경으로 관찰한 결과, 입자의 표면에는 거친 단백질 막을 형성한다고 보고하였다(Rockland & Jones 1974). Kim 등(1987)은 강낭콩과 대두 고물의 미세구조를 주사전자현미경으로 관찰한 결과, 대두 고물에 비해 강낭콩 고물은 구형의 세포로 잘 분리된다고 보고하였다.

5. 재배방법별 팔 양금의 수분결합력, 용해도 및 팽윤력

수분결합력(water absorption index)은 전분입자의 표면에 흡착되거나, 내부로 침투되는 물의 양을 측정한 것으로 재배방법에 따른 팔 양금의 수분결합력을 측정한 결과는 Table 4와 같이 유의적인 차이를 나타내었다($p < 0.05$). 충주팔, 흥언 및 아라리 양금의 수분결합력은 각각 460.73~566.86, 486.40~526.95 및 489.11~543.67%로 유의적인 차이를 보였으며($p < 0.05$), 충주팔의 경우 7월 1일에 20 cm로 파종한 시료가 566.86%로 가장 높았고, 흥언은 7월 20일 25 cm 파종 시료(526.95%), 아라리는 7월 1일 15 cm 파종 시료(543.67%)가 높은 값을 보였다. Cho & Park(1997)의 연구에서 품종에 따른 강낭콩 양금의 수분결합력이 322.4~355.0%로 보고하였는데, 팔 양금이 강낭콩 양금보다 높은 수분결합력을 가진 것으로 나타났다. 용해도(water solubility index)는 Table 4와 같이 충주팔, 흥언 및 아라리 양금에서 각각 76.25~86.91, 74.88~86.85 및 84.77~88.26%로 유의적인 차이를 보였으나($p < 0.05$), 큰 차이를 보이지 않았다. 아라리의 7월 10일에 25 cm로 파종한 시료가 88.26%로 가장 높았고, 충주팔은 7월 1일에 15 cm로 파종한 시료가 86.91%, 흥언은 7월 20일에 25 cm로 파종한 시료가 86.85%로 높은 값을 나타내었다. 팽윤력(swelling power)은 Table 4와 같이 충주팔, 흥언 및 아라리 양금에서 각각 66.05~124.03, 60.15~114.86 및 100.94~125.22%로 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$). 충주팔의 경우, 7월 1일에 15 및 20 cm로 파종한 시료에서 각각 124.03 및 122.04%로 높았고, 흥언은 7월 20일에 20 및 25 cm로 파종한 시료에서 각각 108.00 및 114.86%로 나타났고, 아라리는 7월 10일에 25 cm로 파종한 시료에서 125.22%로 높은 값을 보여 전체적으로 팽윤력은 충주팔이나 흥언에 비

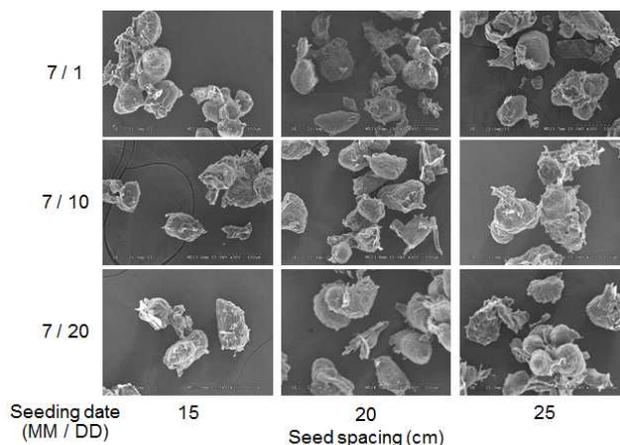


Fig. 1. The microstructure (×300) of *Vigna angularis* var. *nipponensis* cv. Chungju-pat sediment with the cultivated methods.

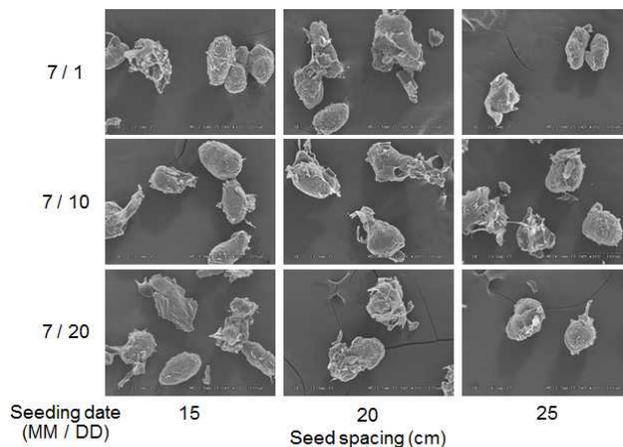


Fig. 2. The microstructure (×300) of *Vigna angularis* var. *nipponensis* cv. Hongoon sediment with the cultivated methods.

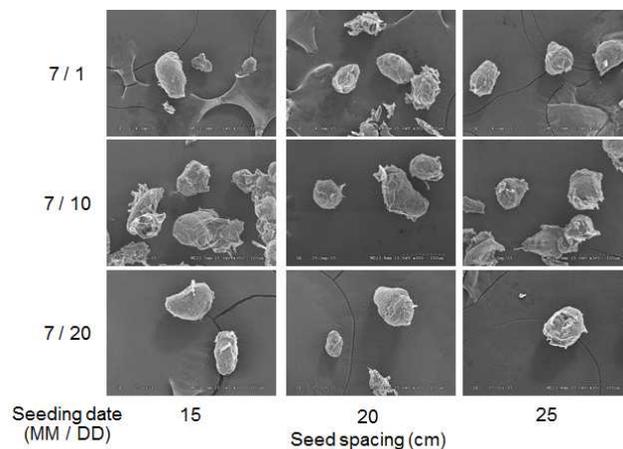


Fig. 3. The microstructure (×300) of *Vigna angularis* var. *nipponensis* cv. Arari sediment with the cultivated methods.

해 아래리가 큰 것으로 조사되었다. Leach 등(1959)은 전분 입자내의 결합력이 팽윤양상에 영향을 주어 팽윤력이 높은 것은 전분 입자내의 결합력이 약하다는 것을 보여주며, 결합 정도가 강한 전분은 팽윤에 대해 강하게 저항하므로 가열에 따른 팽윤력을 비교하여 상대적인 결합강도를 알 수 있다고 하였으며, Lee & Kim(1982)의 연구에서 팽윤력은 전분의 용해도, 투명도, 점도와 밀접한 관계를 가지며, 전분의 팽윤 성질은 입자내의 미셀구조의 강도와 성질에 크게 영향을 받게 된다고 설명하였다.

이상의 결과에서 재배방법에 따른 팥의 항산화 특성과 팥 앙금의 수율, 색도, 입자크기, 미세구조, 수분결합력, 용해도, 팽윤력 등을 분석한 결과, 재배방법에 따라 팥의 항산화 특성과 앙금의 품질이 차이를 보였으며, 식품가공에서 팥 앙금의 품질 표준화를 위한 재배방법의 표준화 연구가 먼저 이루어져야 할 것으로 생각된다.

요 약

재배방법에 따라 팥의 항산화 성분과 항산화 활성의 차이를 조사하고, 생산된 팥에 대해 앙금을 제조하여 품질특성을 분석하고자 하였다. 총 polyphenol 및 flavonoid 함량은 재배방법에 따라 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났으며($p < 0.05$), DPPH 및 ABTS radical 소거활성 또한 재배방법에 따라 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났고, 다른 품종에 비해 홍언이 높았다. 충주팥, 홍언 및 아래리의 습물중 앙금 수율은 각각 296.64~339.01, 271.36~282.24 및 268.21~292.32%, 건물중 앙금 수율은 각각 71.68~85.41, 77.90~85.19 및 74.15~78.65%로 재배방법에 따라 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타냈다($p < 0.05$). 습물 및 건물 앙금의 명도는 충주팥과 아래리는 약간의 유의적인 차이를 보였으나($p < 0.05$), 홍언은 유의적인 차이를 보이지 않았고, 적색도와 황색도는 재배방법에 따라 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 평균입자 직경은 충주팥, 홍언 및 아래리가 각각 66.21~98.80, 61.62~97.07 및 82.96~106.71 μm 로 재배방법별로 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 앙금의 미세구조는 타원형 모양의 입자로 세포막과 단백질이 둘러싸서 표면이 거친 것을 볼 수 있다. 수분결합력, 용해도 및 팽윤력 또한 재배방법에 따라 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$).

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 AGENDA 연구사업(ATIS 과제번호: PJ01175403)의 지원에 의해 이루어진 것임.

References

- Bae SK, Lee YC, Kim HW. 2001. The browning reaction and inhibition on apple concentrated juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30:6-13
- Cho EJ, Park SH. 1997. Comparison on physicochemical properties of Korean kidney bean sediment according to classification. *Korean J Soc Food Sci* 13:585-591
- Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem* 99:381-387
- Dewanto V, Xianzhong W, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agr Food Chem* 50:4959-4964
- 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
- Kang YH, Park YK, Lee GD. 1996. The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean J Food Sci Technol* 28:624-630
- Kim CG, Oh BH, Na JM, Sin DH. 2003a. Comparison of physicochemical properties of Korean and Chinese red bean starches. *Korean J Food Sci Technol* 35:551-555
- Kim DK, Lee JY, Yoon CY, Lee YS, Kuk YI, Chon SU, Park IJ. 2003b. Growth and green pod yield by sowing and acclimation dates in autumn green pea. *Korean J Crop Sci* 48:447-451
- Kim HI, Sohn KH, Park HK. 1990. Emulsion properties of small red bean protein isolates. *Korean J Food Cookery Sci* 6:9-14
- 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 HS, Park KG, Baek SB, Son YK, Lee CW, Kim JG, Kim JC, Nam JH. 2003c. Genotype and environment effects on barley grain β -glucan content. Abstract page 240-241 presented

- at Annual Meeting of the Korean Society of Crop Science. Seoul, Korea
- Kim JE, Joo SI, Seo JH, Lee SP. 2009. Antioxidant and α -glucosidase inhibitory effect of tartary buckwheat extract obtained by the treatment of different solvents and enzymes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:989-995
- Kim JK, Watanabe T, Lee CH. 1987. Microstructure and textural properties of cell mass from cooked kidney bean and soybean. *Korean J Soc Food Sci* 19:164-170
- Kim KJ, Lim KH. 1987. Study on the physico-chemical properties of rice grains harvested from different regions. *Korean J Crop Sci* 32:234-242
- 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
- Koh KJ, Shin DB, Lee YC. 1997. Physicochemical properties of aqueous extracts in small red bean, mung bean and black soybean. *Korean J Food Sci Technol* 29:854-859
- Koide T, Hashimoto Y, Kamei H, Kojima T, Hasegawa M, Terabe K. 1997. Antitumor effect of anthocyanin fractions extracted from red soybeans and red beans *in vitro* and *in vivo*. *Cancer Biother Radio* 12:277-280
- 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 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
- Medcalf F, Gilles KA. 1965. Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem* 42:558-568
- Meng GT, Ma CY. 2001a. Flow property of globulin from red bean (*Phaseolus angularis*). *Food Res Int* 34:401-407
- Meng GT, Ma CY. 2001b. Thermal properties of *Phaseolus angularis* (red bean) globulin. *Food Chem* 73:453-460
- Middleton E, Kandaswami C. 1994. Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. *Food Technol* 48:115-119
- Na HS, Oh GS, Park JH, Kim K, Kim SK. 2000. Granular properties of acorn flour at various soaking conditions. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29:766-769
- Nieva MM, Sampietro AR, Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J Ethnopharmacol* 71:109-114
- Park SH, Cho EJ. 1995. Instrumental and sensory characteristics of yanggaeng mixed with kidney bean sediment. *Korean J Dietary Cul* 10:247-253.
- Rockland LB, Jones FT. 1974. Scanning electron microscope studies on dry beans. Effects of cooking on the cellular structure of cotyledons in rehydrated large lima beans. *J Food Sci* 39:342-346
- Schoch TJ. 1964. Swelling power and solubility of granular starches. In *Method in Carbohydrate Chemistry*. Whistler RL, ed. Academic press, New York, NY, USA. Vol 4, p 106-108
- Shin SO, Shin SH, Ha TJ, Lim SG, Choi KJ, Baek IY, Lee SC, Park KY. 2009. Soybean ecological response and seed quality according to altitude and seeding dates. *Korean J Crop Sci* 54:143-158
- Song SB, Ko JY, Kim JI, Lee JS, Jung TW, Kim KY, Kwak DY, Oh IS, Woo KS. 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* 45:317-324
- Song SB, Seo HI, Ko JY, Lee JS, Kang JR, Oh BG, Seo MC, Yoon YN, Kwak DY, Nam MH, Woo KS. 2011. Quality characteristics of adzuki beans sediment according to variety. *J Korean Soc Food Nutr* 40:1121-1127
- Yi MA, Kwon TW, Kim JS. 1997. Changes in isoflavone contents during maturation of soybean seed. *J Food Sci* 2:255-258

Received 1 February, 2016

Revised 17 February, 2016

Accepted 26 February, 2016