재배지역에 따른 검정콩의 이화학적 품질 및 생리활성 비교

이진영¹ · 우관식² · 서정현³ · 이유영¹ · 이병원¹ · 김미향¹ · 강문석¹ · 김현주¹

¹국립식량과학원 중부작물부 수확후이용과

²농촌진흥청 연구정책국 연구성과관리과

³국립식량과학원 남부작물부 발작물개발과

Physicochemical Qualities and Physiological Activities of Black Soybeans by Cultivation Area and Cultivars

Jin Young Lee¹, Koan Sik Woo², Jeong Hyun Seo³, Yu-Young Lee¹, Byong Won Lee¹,
Mi-Hyang Kim¹, Moon Seok Kang¹, and Hyun-Joo Kim¹

¹Crop Post-harvest Technology & Research Division, Dept. of Central Area Crop Science, and

³Upland Crop Breeding Research Division, Department of Southern Area Crop Science,
National Institute of Crop Science, RDA

²Performance Evaluation & Management Division, Research Policy Bureau, RDA

ABSTRACT This study determined the effects of the area under cultivation and cultivars, on the quality and physiological activities of black soybeans. The crude contents of ash, fat and protein were determined to be 5.96~6.62%, 12.22~18.52%, and 40.06~43.08%, respectively. Lightness of both cultivars were high in samples cultivated in Milyang. Although significant differences were obtained in redness and yellowness between cultivars, no differences were observed with respect to the cultivation area. The total dietary fiber content ranged from 20.56 to 36.49%, with Socheongja in Milyang and Cheongja in Suwon having the highest dietary fiber content. The phytic acid content ranged from 1.76 to 2.1%, with highest content obtained in the Socheongja cultivar of the Suwon cultivation sample. FRAP values were also found to be higher in the Socheongja samples of the Suwon cultivation (32.33 μ M) as compared to Socheongja obtained from Milyang cultivation (5.67 μ M). The α -glucosidase inhibitory activity was determined to be twice as high in Socheongja as compared to Cheongja, with no difference observed by region of cultivation. Thus, our study indicates that depending on the cultivation area, functional components and physiological activities for the same cultivar are different.

Key words: black soybean, cultivated area, cultivars, quality, activity

서론

콩은 우리나라를 포함한 아시아권은 물론 세계적으로 중요성이 큰 식량자원이며 양질의 단백질과식이섬유가 풍부하고 이소플라본, 레시틴, 사포닌 등의 생리활성 물질을 함유하고 있어(Lee와 Hwang, 2014) 영양학적으로 가치가 큰 작물이다. 콩은 다양한 형태의 식품으로 가공 및 이용되며 고추장, 된장과 같은 전통식품 시장의 규모는 연간 9,230억 원, 두부류 제조업 4,170억 원, 두유 제조업 2,800억 원으로 전체 식품 시장의 4%를 차지할 정도로(Lee 등, 2019) 국민들의 식생활에 밀접하게 연관되어 있다. 또한 소비자의 건강 및 기능성에 대한 관심이 증대됨에 따라 우수한 영양 및 기

능성을 지닌 콩 및 콩 가공식품 시장은 더욱 확대될 것으로 전망된다.

콩에 대한 연구는 용도별, 다수성, 내재해성(Kim 등, 2019; Cho 등, 2009; Choi 등, 2011a) 등 다양한 콩 품종의 육성과 재배 및 품질 특성(Shin 등, 2019; Yoon과 Nam, 2009; Kim 등, 2006) 등이 수행된 바 있다. 그러나 콩과 같은 식량작물의 품질 특성에 영향을 미치는 요인은 품종, 재배법 외에도 재배 지역의 영향이 매우 큼에도 불구하고 콩 품종의 재배지역에 따른 영양성분 및 기능성과 같은 품질 특성에 대한 연구는 미진한 실정이다. 일반적으로 콩의 단백질 등 영양성분 뿐 아니라 이소플라본과 같은 기능성분은 동일 품종 내에서도 재배지역, 파종기, 온도 등 환경 조건에 따른 차이를 나타낸다고 보고된 바 있다(Kim 등, 1990; Lee와 Hwang, 2014; Hong 등, 2010b). 특히 안토시아닌, 이소플라본 등을 포함한 기능성분 함량이 높은 검정콩은 이러한 환경 조건에 따라 기능성분의 함량은 물론 생리활성의 차이

를 나타낼 수 있기 때문에 재배지역에 따른 기능성분 및 생리 활성 분석을 통한 데이터 축적이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 남부 및 중북부지역에서 생산된 검정콩의 품종에 따른 품질성과 기능성을 비교하여 고품질 검정콩 생산 및 기능성 소재로서의 이용 가능성을 검토하기 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 추출물 제조

본 연구에 사용된 검정콩 품종은 2018년 경기도 수원 소재의 국립식량과학원 중부작물부 및 경상남도 밀양 소재의 국립식량과학원 남부작물부 시험포장에서 재배 및 수확한 소청자, 청자 3호를 시료로 사용하였다. 수확한 검정콩은 4°C에서 냉장 보관하였고 실험에 사용할 때 분쇄기를 이용해 분쇄하여 이화학적 특성 분석에 이용하였다. 검정콩의 생리활성 분석은 분쇄시료에 1:20 비율의 에탄올(w/v)을 가하여 교반추출기(Daihan Scientific, Seoul, Korea)를 이용해 1시간 동안 3회 추출하고, 이 추출물을 여과 후 감압농축(N-1000, EYELA, Tokyo, Japan) 하여 100 mg/mL 농도로 dimethyl sulfoxide에 용해하였으며 증류수로 희석해 이용하였다.

일반성분 및 색도

검정콩의 일반성분 함량은 수분, 회분, 지방 및 단백질 함량을 AOAC 방법(2000)에 따라 정량하였다. 수분함량은 건조기(DS-80-1, Dasol Scientific Co., Ltd., Hwaseong, Korea)를 이용해 105°C에서 상압가열건조법으로 측정하였으며, 조회분 함량은 전기회화로(DS-84E, Dasol Scientific Co., Ltd., Hwaseong, Korea)를 이용해 600°C에서 직접 회화법으로 회화 후 측정하였다. 조지방 함량은 분쇄된 시료 3 g을 에틸에테르를 용매로 Soxhlet 추출기(Soxtec System HT 1043 extraction unit, Foss Tecator, Hoganas, Sweden)를 이용해 분석하였고, 조단백질 함량은 Micro-Kjeldahl법으로 자동 단백질 분석기(Kjeltec 2400 AUT, Foss Tecator, Mulgrave, Australia)로 측정 후 총

질소 함량에 단백질 환산계수로 5.95를 곱하여 계산하였다. 또한 시료별로 수분함량이 다르기 때문에 조회분, 조지방, 조단백질 함량을 동일한 기준으로 비교하고자 수분보정을 거쳐 건물 기준(dry matter basis)으로 환산하였다.

시험에 사용한 검정콩의 색도는 색차계(CM-3500d, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 명도(L-value, lightness), 적색도(a-value, redness) 및 황색도(b-value, yellowness)를 측정하였다.

식이섬유

총 식이섬유 함량은 AOAC 방법(2000)에 따라 total dietary fiber assay kit(Megazyme, Bray, Ireland)을 이용해 시료 1 g에 50 mM MES/Tris용액(pH 8.2) 40 mL를 첨가한 후, α-amylase 50 μL를 넣어 98°C water bath에서 35분간 반응시킨 다음 60°C까지 냉각시켜 protease 100 μL를 첨가하여 30분간 반응시킨다. 그 후 0.561 N HCl을 5 mL 넣은 후 pH를 4.5로 조정하여 200 μL의 amyloglucosidase 효소로 60°C에서 30분간 가수분해한 다음 4배의 95% 에탄올을 가해 효소 활동을 정지시켜 침전된 부분을 여과 건조하여 식이섬유 함량을 측정하였다.

Phytic acid

검정콩의 phytic acid 함량은 AOAC(2000)의 방법을 응용한 phytic acid(phytate)/total phosphorous assay kits(Megazyme International Ltd.)을 사용하여 측정하였다. 시료 1 g을 0.66 M hydrochloric acid 20 mL에 넣어 실온에서 교반 후, 추출액 1 mL를 취해 13,000 rpm에서 10분간 원심분리한 다음 상등액을 0.5 mL 취해 0.75 M sodium hydroxide solution 0.5 mL를 가하여 중화시켜 추출물을 제조하였다. 그 후, 튜브를 free phosphorus와 total phosphorus 측정용으로 나누어 Table 1에 나타난 효소성 탈인산화반응을 거쳐 13,000 rpm에서 10분간 원심분리 후 상등액 1.00 mL를 취해 발색 시약 0.50 mL와 혼합한 다음 655 nm에서 흡광도를 측정하였다. Phytic acid 함량 측정을 위한 검량선은 phosphorus 농도에 따라 5개의 스탠다드를 이용했으며 아래의 식을 통해 phytic acid 함량을 산출하였다.

Table 1. Enzymatic dephosphorylation reaction method

	Free phosphorus	Total phosphorus
Distilled water	0.62 mL	0.60 mL
Buffer (25 mL, pH 5.5) and sodium azide (0.02% w/v)	0.20 mL	0.20 mL
Sample extract	0.05 mL	0.05 mL
Phytase suspension	—	0.02 mL
Mix by vortex and incubate in a water bath set at 40°C for 10 min.		
Distilled water	0.02 mL	—
Buffer (25 mL, pH 10.4), plus MgCl ₂ , ZnSO ₄ , and sodium azide (0.02% w/v)	0.20 mL	0.20 mL
Alkaline phosphatase suspension (1.2 mL)	—	0.02 mL
Mix by vortex and incubate in a water bath set at 40°C for 10 min.		
Trichloroacetic acid (50% w/v)	0.30 mL	0.30 mL

$$\text{Phosphorus (g/100 g)} = \frac{\text{mean M} \times 20 \times F}{10,000 \times 1.0 \times v} \times \Delta A_{\text{phosphorus}}$$

$$\text{Phytic acid (g/100 g)} = \frac{\text{phosphorus (g/100 g)}}{0.282}$$

Ferric-reducing antioxidant power (FRAP)

FRAP 측정은 Benzie와 Strain(1996)의 방법을 참고하여 측정하였다. Sodium acetate buffer(300 mM, pH 3.6) 25 mL를 37°C에서 가온 후, 40 mM HCl로 용해한 10 mM 2,4,6-Tris(2-pyridyl)-s-triazine(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 2.5 mL와 20 mM iron(III) chloride (FeCl₃·6H₂O) 2.5 mL를 가하여 제조한 FRAP reagent 180 µL에 시료 30 µL와 증류수 90 µL를 넣은 후 37°C에서 10분간 반응시킨 후 593 nm에서 흡광도를 측정하였다. 계산은 1,000 µM부터 반수회색으로 25 µM까지 6개 농도로 하여 FeSO₄의 검량식에 대입해 환산하였다.

α-Glucosidase 저해 활성

α-Glucosidase 저해 활성은 Tibbot와 Skadsen(1996)의 방법을 변형하여 측정하였다. α-Glucosidase(Sigma-Aldrich Co.)와 *p*-nitrophenyl-α-D-glucopyranoside(*p*-NPG; Sigma-Aldrich Co.)를 0.1 M sodium phosphate buffer(pH 7.0)로 용해하여 제조하였으며, positive control로 acarbose(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하였다. 시료 10 µL에 0.5 unit/mL α-glucosidase 90 µL를 혼합하여 37°C에서 20분간 incubation 한 후, 1 mM NPG 용액 100 µL를 가하여 ELISA microplate reader(Elx 808, Bio-Tek Inc., Winooski, VT, USA)를 이용해 405 nm에서 흡광도를 측정하였으며 이 값으로 저해율(%)을 계산하였다.

통계분석

실험 결과값은 3회 이상 반복 측정한 결과를 평균과 표준편차로 나타냈으며, 통계분석은 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science; Ver. 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용해 독립표본 Student's *t*-test에 의해 실험군 간의 차이를 *P*<0.05, *P*<0.01, *P*<0.001

수준에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

일반성분 및 색도

검정콩의 일반성분 분석 결과는 Table 2에 나타내었다. 조회분 함량은 소청자의 경우 수원 재배시료가 6.62%로 밀양 재배시료보다 높았으며(*P*<0.001), 청자 3호의 경우도 수원 재배시료가 6.05%로 밀양 재배시료의 5.96%보다 높게 나타났다(*P*<0.01). 조지방 함량은 소청자의 경우 수원 및 밀양 재배시료가 18.25, 18.45%로 두 품종 간의 유의적 차이는 없었으며(*P*>0.05), 청자 3호의 경우 18.22, 18.52%로 두 품종 간의 유의적 차이는 있었으나(*P*<0.01) 그 차이가 크지 않았다. 조단백질 함량은 소청자의 경우 수원 및 밀양 재배시료가 40.58, 40.06%로 수원 재배시료가 높았으며(*P*<0.001), 청자 3호의 경우에는 수원 및 밀양 재배시료가 40.07, 43.08%로 밀양 재배시료가 높게 나타났다(*P*<0.001). 이는 Lee 등(2019)의 연구에서 콩의 일반성분 분석 결과 조회분 함량 5.20~6.03%, 조지방 함량 16.33~17.55%, 조단백질 함량 33.35~36.45%라고 보고한 것에 비해 높았는데, 이는 본 연구 결과가 수분함량을 고려한 건조중량으로 환산하였기 때문이라 판단된다. 콩은 재배온도, 토양비옥도와 같은 재배환경에 따라 단백질과 지방 합성 경로의 변화가 달라져 일반성분의 함량이나 구성비에 영향을 미친다고 보고되어 있어(Lee와 Hwang, 2014) 본 연구의 재배지역에 따른 조단백질 함량 차이의 원인으로 예상되나, 조지방 함량은 유의성이 인정되지 않거나 그 차이가 크지 않았다. 이에 따라 추후 소청자와 청자 3호의 재배지역에 따른 일반성분 함량 차이 구명을 위해 같은 지역에서의 연차별 검정을 통한 확인이 필요하다고 판단된다.

재배지역에 따른 검정콩의 색도는 Table 3에 나타냈다. 명도(L-value)는 소청자의 경우 수원 재배시료가 75.33, 밀양 재배시료가 83.39로 나타나 밀양 재배시료가 높았으며(*P*<0.001), 청자 3호의 경우 수원 재배시료가 78.81, 밀양 재배시료가 85.68로 나타나 두 품종 모두 수원 재배시료에 비해 밀양 재배시료의 명도값이 높게 나타났다(*P*<0.001). 이는 Kim(2007)이 보고한 흑태의 명도 79.13, 백태의 명도

Table 2. Proximate contents of black soybeans by cultivation area and cultivars

Cultivars	Cultivation area	Moisture (%)	Proximate contents (% dry base)		
			Crude ash	Crude lipid	Crude protein
Socheongja	Suwon	5.03±0.04 ¹⁾	6.62±0.02	18.25±0.13	40.58±0.06
	Milyang	6.26±0.04	6.10±0.01	18.45±0.05	40.06±0.07
	t-value	-34.81***	49.02***	-2.52	10.66***
Cheongja	Suwon	5.07±0.04	6.05±0.02	18.22±0.05	40.07±0.06
	Milyang	6.62±0.12	5.96±0.01	18.52±0.05	43.08±0.06
	t-value	-21.59***	8.22**	-8.17**	-64.43***

¹⁾Each value is mean±SD (n=3).

P*<0.01 and *P*<0.001; a independent t-test comparison of different cultivation areas (Suwon, Milyang) in soybean cultivars.

Table 3. Hunter's color value of black soybeans by cultivation area and cultivars

Cultivars	Cultivation area	L*	a*	b*
Socheongja	Suwon	75.33±0.30 ¹⁾	-2.65±0.01	14.43±0.19
	Milyang	83.39±0.14	-2.82±0.01	15.19±0.15
	t-value	-41.64***	18.74***	-5.47***
Cheongja	Suwon	78.81±0.34	-2.39±0.00	14.45±0.04
	Milyang	85.68±0.25	-2.02±0.02	11.96±0.12
	t-value	-28.10***	-41.58***	34.88***

¹⁾Each value is mean±SD (n=3).

P*<0.05, *P*<0.01, and ****P*<0.001; a independent t-test comparison of different cultivation areas (Suwon, Milyang) in soybean cultivars.

85.56과 비교해볼 때, 소청자, 청자 3호 모두 수원 재배시료는 흑태와 유사하였고, 밀양 재배시료는 백태와 유사하였다. 콩을 이용한 가공제품인 두부의 경우 명도가 높을수록 기호도가 증가한다 하여(Sim 등, 2020), 본 연구의 재배지역에 따른 콩의 명도 차이는 중요한 인자가 될 것으로 생각된다.

식이섬유

식이섬유는 식물의 세포벽 및 세포 내에 함유된 성분으로서 인간의 소화효소에 의해 소화되지 않는 난소화성 탄수화물로 정의되며(Kang 등, 2003), 장 기능에 대한 생리적 효과, 혈중 콜레스테롤 저하 효과, 혈장 포도당과 인슐린 조절 효과 등(Kim 등, 2014)이 보고된 바 있다. 콩에 풍부하게 함유된 불용성 식이섬유는 수분결합 능력이 뛰어나 위에 포만감을 주고 변을 묽게 하여 장에서의 이동시간을 감소시켜 통변을 용이하게 하며(Baek 등, 2010), 식물 세포의 탄수화물 방출을 느리게 해 혈중 당 농도를 낮추게 하는 기능이 있어(Liu 등, 2012) 높은 식품학적 가치를 지니고 있다. 본 연구에서 검정콩의 불용성, 수용성 및 총 식이섬유 함량 측정 결과를 Table 4에 나타내었다. 총 식이섬유 함량은 소청자의 경우 밀양 재배시료가 36.49%로 수원 재배시료의 23.66%보다 높았으며(*P*<0.01), 청자 3호의 경우 수원 재배시료가 26.80%로 밀양 재배시료의 20.56%보다 높게 나타났다(*P*<0.05). 불용성 식이섬유 함량은 소청자의 경우 밀양 재배시료가 25.06%로 수원 재배시료보다 높게 나타났으며(*P*<0.001), 청자 3호의 경우 수원 재배시료가 23.19%로 밀양 재배시료에 비해 높게 나타났다(*P*<0.05). 수용성 식이섬

유 함량도 소청자의 경우 밀양 재배시료가 높았으며(*P*<0.05), 청자 3호의 경우 수원 재배시료가 높게 나타나(*P*<0.01) 불용성 식이섬유와 유사한 경향을 보였다. Ryoo 등(2004)은 콩의 총 식이섬유 함량이 16.83~21.71%라 보고했으며, Lee 등(2013)은 24.20~25.76%라고 보고하여 본 연구 결과와 유사하였으나 소청자 밀양 재배시료의 경우 이에 비해 높은 함량을 보였다. 본 실험 결과 소청자는 밀양 재배에서, 청자 3호는 수원 재배에서 식이섬유 함량이 높은 것으로 미루어볼 때, 식이섬유 함량 또한 일반성분과 마찬가지로 품종의 유전적 요인에 따라 환경에 대해 다르게 영향을 받은 것으로 사료된다.

Phytic acid 함량 측정

검정콩 품종별 재배지역에 따른 phytic acid 함량을 분석한 결과는 Fig. 1과 같다. 소청자의 경우 수원 재배시료가 2.17 g/100 g, 밀양 재배시료가 1.89 g/100 g으로 나타나 수원 재배시료가 유의적으로 높았으나(*P*<0.01), 청자 3호는 두 지역 간의 함량 차이는 있지만 유의성은 인정되지 않았다(*P*>0.05). 본 실험 결과 phytic acid 함량은 1.76~2.17 g/100 g 범위이며, Lee 등(2013)이 여러 종류의 검정콩에서 phytic acid 함량이 0.86~2.51 g/100 g으로 나타났고 대부분 약 2% 정도를 함유한다고 발표한 결과와 유사하게 나타났다. Phytic acid(myoinositol 1,2,3,4,5,6-hexakis dihydrogen phosphate)는 곡류, 두류 중에서 Ca 또는 Mg의 염인 피틴(phytin) 형태로 존재한다(Lee 등, 2013). 또한, phytic acid는 Ca, Mg, Zn, Fe, Cu, Mn 등의 2가 혹은

Table 4. Soluble, insoluble, and total dietary fiber contents of black soybeans by cultivation area and cultivars

Cultivars	Cultivation area	Dietary fiber contents (%)		
		Soluble dietary fiber	Insoluble dietary fiber	Total dietary fiber
Socheongja	Suwon	2.48±0.24 ¹⁾	21.17±0.73	23.66±0.96
	Milyang	11.43±3.04	25.06±0.26	36.49±2.93
	t-value	-5.09*	-8.63***	-7.22**
Cheongja	Suwon	3.60±0.38	23.19±1.37	26.80±1.39
	Milyang	1.72±0.27	18.84±2.14	20.56±2.11
	t-value	6.93**	2.97*	4.28*

¹⁾Each value is mean±SD (n=3).

P*<0.05, *P*<0.01, and ****P*<0.001; a independent t-test comparison of different cultivation areas (Suwon, Milyang) in soybean cultivars.

Fig. 1. Phytic acid contents (g/100 g) of black soybeans by cultivation area and cultivars. ** $P<0.01$; a independent t-test comparison of different cultivation areas (Suwon, Milyang) in soybean cultivars.

3가 금속이온과 쉽게 결합하여 무기물의 체내 흡수를 저해하며(Ryoo 등, 2004), 현미의 소화흡수력과 식미 하락에 관여한다(Kim 등, 2011)고 알려져 있어 항영양인자로 여겨졌다. 그러나 지질과산화반응을 촉매하는 철 이온이 phytic acid와 복합체를 형성함으로써 하이드록시기를 가진 자유라디칼 형성을 억제하여 산화반응을 효과적으로 억제하고(Ha, 2009), 대장암 억제, 항산화 및 항암작용, 신장 담석증 치료제로서의 기능에 대한 연구가 진행된 바 있기에(Choi 등, 2011b) 재배지역에 따른 phytic acid 함량의 차이는 기능성 검정콩의 육성 및 재배에 유의미한 요인이 될 수 있을 것으로 판단된다.

FRAP 측정

본 실험에서 이용한 검정콩 추출물의 FRAP 법에 의한 항산화 효과는 Fig. 2에 나타났다. 소청자의 경우 수원 및 밀양 재배시료가 각 32.33, 5.67 μM 로 수원 재배시료가 유의적으로 높았으며($P<0.001$), 청자 3호의 경우에는 수원 재배시료가 밀양 재배시료에 비해 유의적으로 높게 나타났다

Fig. 2. FRAP values of black soybeans by cultivation area and cultivars. * $P<0.05$ and *** $P<0.001$; a independent t-test comparison of different cultivation areas (Suwon, Milyang) in soybean cultivars.

($P<0.05$). FRAP는 낮은 pH에서 환원제에 의해 ferric tri-pyridyltriazine(Fe^{3+} -TPTZ) 복합체가 ferrous tripyridyltriazine(Fe^{2+} -TPTZ)으로 환원되는 원리를 이용한 것으로, *in vivo*에서 혈장에 함유되어 있는 항산화제들의 농도에 직선적으로 비례하여 FRAP 값이 증가하므로 혈장의 총 항산화능을 직접적으로 측정할 수 있다고 보고된 방법이다(Moon 등, 2003). 콩의 항산화능은 이소플라본과 검정콩 종피에 함유된 안토시아닌 등 다양한 성분에 의해서 발생하는데, 이소플라본은 항산화 활성 및 자유라디칼 소거능뿐만 아니라 혈압 강하, 콜레스테롤 저하 등 다양한 생리효과가 보고되어 있으며(Kang, 2013), Hong 등(2010a)은 위도에 따라 이소플라본인 daidzein, glycitein, genistein의 함량이 유의적으로 차이를 보였다고 보고한 바 있다. 또한, 안토시아닌은 적색, 자색, 청색을 나타내는 수용성 플라보노이드계 색소로서 콩 품종 간 항산화 효과의 차이는 종피의 안토시아닌 함량과 높은 관련성이 있다고 보고된 바 있다(Hwang 등, 2014). 이러한 안토시아닌의 함량은 품종, 생육일수, 파종시기, 수확시기 등의 영향을 받는다고 보고된 바 있고(Yi와 Kim, 2010), Hong 등(2010a)은 파종기 및 수확기가 늦을수록 안토시아닌 함량이 증가한다 하였다. 따라서 본 연구 결과의 FRAP 차이는 밀양과 수원 두 재배지역의 위도 및 기후 차이에 따라 검정콩에 함유된 기능성분이 달라짐에 기인한 것으로 예측된다.

α -Glucosidase 억제 활성 분석

α -Glucosidase는 장의 세포 표면 막에 위치하며 올리고당, 이당류 등에 존재하는 α -D-글루코시드 결합을 선택적으로 가수분해함으로써 D-glucose를 유리시키는 효소의 총칭이다. 당뇨 환자의 경우 식후 급격한 혈당 상승이 문제가 되기 때문에 단당류 형성과 같은 탄수화물 대사에 관여하는 α -glucosidase 억제제의 탐색이 활발하게 이루어지고 있다. 본 연구에 사용된 검정콩의 α -glucosidase 억제 활성은 Fig. 3에 나타내었다. 소청자의 경우 수원과 밀양 재배시료가 각각 24.08, 24.89%의 억제 활성을 나타내 밀양 재배시료가 높게 나타났으며($P<0.01$), 청자 3호는 각각 12.82, 10.99%의 억제 활성을 나타내 수원 재배시료가 유의적으로 높게 나타났($P<0.001$). 청자 3호의 경우 Hwang 등(2019)의 연구에서 콩 메탄올 추출물에서 10.54~11.78%의 억제 활성을 나타냈다고 보고한 결과와 유사하게 나타났으나, 소청자는 이보다 약 10% 이상의 억제 활성을 보이는 것으로 나타났다. Ha 등(2019)은 콩에 함유된 daidzein, genistein, glycitein 등의 isoflavone과 soyasaponin 성분이 우수한 α -glucosidase 억제 활성을 나타낸다 하였으며, Hong 등(2010a)은 재배지역에 따라 콩의 daidzein, genistein, glycitein의 조성 및 total isoflavone의 함량이 달라졌으나 그 차이는 품종에 따라 다르게 나타났다고 보고한 바 있다. 따라서 본 연구에서는 소청자, 청자 3호가 재배지역에 따른 α -glucosidase 억제 활성 차이를 보인 것은 품종의 유전적 요

Fig. 3. α -Glucosidase inhibition of soybean by cultivation area and cultivars. ** $P<0.01$ and *** $P<0.001$; a independent t-test comparison of different cultivation areas (Suwon, Milyang) in soybean cultivars.

인 및 재배지역에 따라 isoflavone, soyasaponin 등의 함량이 달라진 것으로 예측되나, 이에 대한 명확한 구명을 위해 후속 연구가 필요하다고 판단된다.

요 약

본 연구에서는 남부 및 중북부지역에서 생산된 검정콩의 품종에 따른 품질 특성과 기능성을 비교하여 고품질 검정콩 생산을 위한 기초자료로 활용하고자 하였다. 사용한 검정콩 품종은 소청자, 청자 3호이며 일반성분, 식이섬유, phytic acid 함량은 수확한 검정콩을 분쇄하여 측정하였고, 분쇄시료를 100% 에탄올(v/v)로 추출 후 FRAP 활성 및 α -glucosidase 억제 활성을 측정하였다. 일반성분은 조회분 함량이 5.96~6.62%, 조지방 함량이 18.22~18.52%, 조단백질 함량이 40.06~43.08%로 나타났다. 색도는 명도의 경우 두 품종 모두 밀양 재배시료가 높았으며, 적색도와 황색도는 유의적 차이가 있었으나 재배지역에 따른 경향성은 보이지 않았다. 총 식이섬유 함량은 20.56~36.49% 범위였으며 소청자의 경우 밀양 재배시료, 청자 3호의 경우 수원 재배시료가 높게 나타났다. 식이섬유 조성은 수용성 식이섬유 함량이 1.72~11.43%, 불용성 식이섬유 함량은 18.84~25.06%로 나타났으며, 두 항목 모두 소청자는 밀양 재배시료, 청자 3호는 수원 재배시료가 높게 나타났다. 검정콩의 phytic acid 함량은 1.76~2.17% 범위였으며, 소청자의 경우 밀양 재배시료에 비해 수원 재배시료의 함량이 높게 나타났으나 청자 3호는 유의적 차이를 보이지 않았다. 검정콩의 FRAP 측정은 소청자의 경우 수원 및 밀양 재배시료가 각 32.33, 5.67%로 큰 차이를 보였으며, 청자 3호의 경우에도 수원 재배시료가 밀양 재배시료에 비해 높은 값을 보였다. α -Glucosidase 억제 활성은 10.99~24.90%로 나타났으며 소청자의 경우 밀양 재배시료, 청자 3호의 경우 수원 재배시료가 높게 나타났다. 따라서 본 연구 결과에서 소청자의 경우 밀양 재배시료가 명도(L), 식이섬유 함량, α -glucosidase 억제 활성이

높았고, 수원 재배시료가 조단백질 및 phytic acid 함량, FRAP 값이 높았다. 청자 3호의 경우 밀양 재배시료가 조단백질 함량, 명도(L)가 높았고, 수원 재배시료가 식이섬유 함량, FRAP 값, α -glucosidase 억제 활성이 높게 나타났다.

결과적으로 동일 품종의 검정콩일지라도 재배지역에 따라 식이섬유 함량, 항산화 활성이 유의하게 차이가 나는 것으로 나타났으며, 본 연구 결과에 영향을 미치는 성분의 함량 등 추가적인 분석 및 비교를 통해 고품질 검정콩 생산을 위한 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 AGENDA 연구사업(과제번호: PJ 01415001)의 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

- AOAC. Official methods of analysis. 17th ed. Association of Official Analytical Communities, Washington, DC, USA. 2000. Method 991.43.
- Baek JH, Cha TY, Heo JC, Lee SH, Lee SY. *In vitro* and *in vivo* physiological characteristics of dietary fiber from by-product of *Aloe vera* gel processing. Food Eng Prog. 2010. 14: 173-182.
- Benzie IFF, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. Anal Biochem. 1996. 239:70-76.
- Cho SK, Oh YJ, Kim KH, Kim YJ, Kim TS, Kim JG, et al. A new soybean cultivar, "Sohwang" for sprout with disease resistance, small seed size and high sprout yielding. Korean J Breed Sci. 2009. 41:640-644.
- Choi JK, Ha KS, Byun HS, Heo NK, Jang EH, Kim SS, et al. A new soybean cultivar 'Daewang' with high quality and large seed size. Korean J Breed Sci. 2011a. 43:177-179.
- Choi MS, Choi HJ, Han BK, Park YS. Optimization of extraction and purification of phytic acid from defatted rice bran. Food Eng Prog. 2011b. 15:276-281.
- Ha BJ. Studies on extraction of crude phytic acid from oil cake and its application for cosmetics. J Invest Cosmetol. 2009. 5:121-124.
- Ha TJ, Park JE, Kang BK, Kim HS, Shin SO, Seo JH, et al. α -Glucosidase inhibitory activity of isoflavones and saponins from soybean (*Glycine max* L.) and comparisons of their constituents during heat treatments. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2019. 48:953-960.
- Hong SB, Lee SJ, Kim YH, Hwang YS, Yoon KH, Lee SI, et al. Variation of anthocyanin, and isoflavone contents in Korean black soybeans grown at different latitudinal locations. Korean J Environ Agric. 2010a. 29:129-137.
- Hong SB, Lee SJ, Kim YH, Hwang YS, Yoon KH, Lee SI, et al. Variation of protein, oil, fatty acid, and sugar contents in black soybean cultivars according to different latitudes. Korean J Environ Agric. 2010b. 29:120-128.
- Hwang CE, Kim SC, Lee JH, Lee DH, Cho KM. Comparison of primary and secondary metabolite compositions and antioxidant effects of specific soybean cultivars. Korean J Food Preserv. 2019. 26:555-565.
- Hwang IT, Lee JY, Choi BR, Lee ES, Kim YH. Variation of anthocyanin contents by genotypes and growing environments

- in black colored soybeans. Korean J Crop Sci. 2014. 59:477-482.
- Jung GH, Kim HJ, Lee JH, Lee BW, Lee YY, Kim SK, et al. Quality and physicochemical characteristics with different seeding periods of sprout-soybean cultivar cultivated in the north-central region. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2018. 47: 1301-1311.
- Kang JH. Effects of garlic extract on the antioxidative activity of isoflavones. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2013. 42:851-855.
- Kang MY, Jeong Y, Eun JB. Identification and determination of dietary fibers in citron, jujube and persimmon. Korean J Food Preserv. 2003. 10:60-64.
- Kim DJ, Oh SK, Yoon MR, Chun AR, Choi IS, Lee DH, et al. The change in biological activities of brown rice and germinated brown rice. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2011. 40:781-789.
- Kim DM, Yoon HH, Kim KH. Protein characteristics of the recommended soybean varieties in Korea. Korean J Food Sci Technol. 1990. 22:386-392.
- Kim HS, Kim HS, Kim KH. Effects of sowing data for seed quality of sprout-soybean. Korean J Crop Sci. 2006. 51:152-159.
- Kim HT, Ko JM, Baek IY, Han WY, Yun HT, Lee BW, et al. 'Neulchan', a middle-seed, disease-resistant, and high-yield soybean cultivar for soy-paste and tofu. Korean J Breed Sci. 2019. 51:475-481.
- Kim KS. Functional ingredient compositions of soybean curds (*Tofu*) made with black soybeans (*Huktae*) and white soybeans (*Baktae*). Korean J Food Nutr. 2007. 20:158-163.
- Kim SH, Kim SJ, Lee HS. Effect of insoluble dietary fiber extracted from *Salicornia herbacea* L. on large intestinal function in rats. Korean J Food Sci Technol. 2014. 46:648-654.
- Lee DH, Jeong HK, Seo JS, Won SY, Kang HY, Ha TN, et al. Production of soybean macaron using enzyme-treated soybean powder. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2019. 48:1135-1142.
- Lee S, Lee YB, Kim HS. Analysis of the general and functional components of various soybeans. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2013. 42:1255-1262.
- Lee SM, Hwang JY. Physicochemical characteristics of soybeans grown in different origins and cultivation methods accompanying Tofu properties. Korean J Food Nutr. 2014. 27:302-309.
- Liu W, Ko KH, Kim HR, Kim IC. The effect of insoluble dietary fiber extracted from Chinese cabbage waste on plasma lipid profiles in rats fed a high fat diet. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2012. 41:33-40.
- Moon GS, Kwon TW, Ryu SH. Comparison of antioxidative activities of soybean components by different assays. Korean Soybean Digest. 2003. 20:28-36.
- Ryoo SH, Kim SR, Kim KT, Kim SS. Isoflavone, phytic acid and oligosaccharide content of domestic and imported soybean cultivars in Korea. Korean J Food Nutr. 2004. 17:229-235.
- Shin DS, Park JH, Choi ID, Lee SK, Park JY, Kim NG. Quality properties of soy-paste soybean cultivar for fermented soybean products. Korean J Food Nutr. 2019. 32:114-121.
- Sim EY, Lee CK, Park HY, Lee YY, Choi HS, Lee S, et al. Quality characteristics of Tofu made from Korean soybean cultivars. Food Eng Prog. 2020. 24:54-61.
- Tibbot BK, Skadsen RW. Molecular cloning and characterization of a gibberellin-inducible, putative α -glucosidase gene from barley. Plant Mol Biol. 1996. 30:229-241.
- Yi ES, Kim YH. Changes of anthocyanin contents during maturity stages in black soybean. Korean J Crop Sci. 2010. 55: 19-23.
- Yi ES, Kim YH. Changes of anthocyanin contents during maturity stages in black soybean. Korean J Crop Sci. 2010. 55:19-23.
- Yoon DH, Nam KW. Effect of intercropping of spring-sowing rye for organic soybean cultivation. Korean J Org Agric. 2009. 17:529-538.