

재배지 위도차에 따른 검정콩의 조단백, 조지방, 지방산 및 유리당의 함량 변이

홍승범¹ · 이수진¹ · 김영학¹ · 황영선¹ · 윤광희¹ · 이성인¹ · 남미영¹
송이슬¹ · 백인열² · 김현경³ · 정명근^{1*}

¹강원대학교 생약자원개발학과, ²국립식량과학원 기능성작물부, ³부산대학교 생명자원개발연구소
(2010년 6월 10일 접수, 2010년 6월 22일 수리)

Variation of Protein, Oil, Fatty Acid, and Sugar Contents in Black Soybean Cultivars According to Different Latitudes

Seung-Beom Hong¹, Su-Jin Lee¹, Young-Hak Kim¹, Young-Sun Hwang¹, Kwang-Hee Yoon¹, Sung-In Lee¹, Mi-Young Nam¹, Lee-Seul Song¹, In-Youl Baek², Hyeun-Kyeong Kim³ and Myoung-Gun Choung^{1*} (Department of Herbal Medicine Resource, Kangwon National University, Samcheok 245-711, Korea, ²Department of Functional Crops, NICS, RDA, Hyunnaeri 711-822, Korea, ³Bioresources Development Institute, Pusan National University, Milyang 627-706, Korea)

This experiment was conducted to investigate the variation of crude protein, crude oil, fatty acid, and sugar contents in five Korean domestic black soybean cultivars grown at different latitudinal locations, a high latitude, Suwon (37°16'N) and a low latitude, Milyang (35°30'N). The crude protein content was highest in Geomjeongkong # 3 (43.9%) and crude oil content was highest in Geomjeongkong # 4 (21.8%) among the five cultivars. Crude protein and oil contents in black soybean cultivars except Geomjeongkong # 4 were not significantly different between high latitude and low latitude. In most black soybean cultivars grown at high latitude, oleic acid content was higher, while linoleic acid, and linolenic acid contents were lower compared to low latitude. Sucrose content in Geomjeongkong # 3, raffinose contents in Geomjeongkong # 3, # 4, Ilpumgeomjeongkong, and Cheongjakong, and stachyose content in Geomjeongkong # 1 grown at low latitude was higher compared to high latitude. The variations of crude protein, crude oil and fatty acid contents seemed to be affected by genotype than growing locations according to different latitude as they did not show the significant interaction between cultivars and locations. In contrast, the variations of glucose, sucrose, and stachyose contents maybe affected by environmental condition as different latitude than the genotype because they showed the significant interaction between cultivars and locations.

Key Words: Black soybean, Fatty acid, Latitude, Oil, Protein, Sugar

서 론

콩 [*Glycine max* (L.) Merr.]의 기원지는 한국, 중국, 일본 등 동북아시아 지역으로, 우리나라에서의 콩 재배는 기원전 2,000년경 이전부터 재배된 것으로 추정된다.

국내 콩 재배면적은 1970년 295 천ha에서 1990년 152

천ha로 감소하였고, 2008년에는 75 천ha까지 감소된 양상이며, 콩 생산량은 1970년 232천 M/T에서 1990년 233천 M/T으로 재배면적이 20년 동안 약 150 천ha 감소에도 불구하고, 육종 및 재배기술의 개선으로 생산량은 감소되지 않았지만, 이후 2008년에는 123 천 M/T으로 재배면적의 현저한 감소로 인해 생산량도 급격히 감소하였다(Mifaff, 2010). 국내 콩 생산량의 감소에도 불구하고 최근 소득증대 및 국민의 건강에 대한 관심이 높아지면서 웰빙식품으로서 콩의 수요는 계속 증가하고 있는 실정이다.

콩은 단백질이 약 40% 수준 함유되어 있고, 콩 단백질은 식물성 단백질 중 가장 양질의 단백질로 알려져 있어, 다수의

*연락처:

Tel: +82-33-570-6491 Fax: +82-33-570-6499

E-mail: cmg7004@kangwon.ac.kr

콩 가공제품은 단백질 성분을 이용하는 것이 많으므로 콩의 단백질 함량 평가는 콩 품질 평가에서 빼놓을 수 없는 요인이 되고 있다(Kim, 2002). 또한 콩에는 약 20% 수준의 지방을 함유하고 있어 양질의 식물성 기름 공급원으로도 이용되고 있는데, 2004년까지 세계 1위의 기름생산 작물이었고, 2005년부터 현재까지는 팜유보다 조금 낮으나 여전히 세계 2위의 기름생산 작물로 이용되고 있다(FAO, 2010). 이와 같이 콩은 탄수화물이 주성분인 벼, 밀, 옥수수 등 국내 주곡작물과 양분적 측면에서 가장 잘 어울리는 대표적인 식량작물 중 하나이다.

콩은 단일식물로 15~25°C 범위에서 온도가 올라갈수록 개화 시기가 앞당겨지며, 콩 함유 성분은 품종, 재배지역, 파종기, 온도 등을 달리한 조건에서 함량 변이가 발생한다(Ok et al., 2008; Shin et al., 2009; Yi et al., 2009). 콩 함유 단백질 함량은 파종기 및 재배지역의 차이에 따른 함량변이가 없으나, 지방의 경우에는 파종기 및 재배지역에 따라 함량 차이가 발생하고, 지방산 중 oleic acid는 파종기가 늦을수록 감소하며, linolenic acid는 파종기가 늦을수록, 저지대에서 보다는 고지대에서 증가한다고 하였다(Shin et al., 2009). 또 Weiss et al.(1952)은 결실기간이 짧을수록 단백질 함량이 증가하고, 생육기간이 짧을수록 지방 함량이 낮아진다고 하여, 품종, 재배환경에 따라 콩 함유 종실 성분의 함량 변이가 발생함을 보고한바 있다.

현재 국내 콩 재배품종 중 재배지역을 행정권, 문화권 혹은 지역의 고도로 구분하여 종실성분의 함량 변이를 보고한 바는 있으나(Ok et al., 2008; Shin et al., 2009; Yi et al., 2009), 재배지역을 작물생육 환경에 영향을 줄 수 있는 요인인 위도 차이로 구분하여 평가한 바는 없는 실정이다.

우리나라 내륙지방의 위도는 대개 34°17'~38°36' 범위인데, 일반적으로 위도가 높은 지대는 작물의 생육기간이 짧고, 서리가 일찍 오며, 일장의 년 변화도 크지만, 위도가 낮은 지역은 서리가 늦게 오고, 일장의 년 변화도 적다. 따라서 본 연구는 최근 국민소득 증대로 건강에 대한 관심이 고조되면서 건강 기능성 물질이 많이 함유된 검정콩의 수요가 증가하고 있으므로, 국내 육성 검정콩 품종을 대상으로 기존 단순 재배지역 차이의 관점이 아니라, 작물의 생육환경에 영향을 줄 수 있는 위도 차이의 관점에서, 검정콩 종실 함유 단백질, 지방, 지방산 및 유리당의 함량변이를 검토하여 영양적 성분 면에서 양질의 검정콩 생산을 위한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 검정콩은 농촌진흥청 국립식량과학원에서 육성한 검정콩 품종인 검정콩 1호, 검정콩 3호, 검정콩 4호, 일품검정콩 및 청자콩을 이용하였으며, 위도 차이에 대

한 처리로 경도 및 위도가 서로 다른 2개의 재배지로 구분하였다. 즉 밀양에 비하여 상대적으로 위도가 높은 수원(국립식량과학원 본원, 경도 126°59'E, 위도 37°16'N)은 고위도, 위도가 낮은 밀양(국립식량과학원 기능성작물부, 경도 128°45'E, 위도 35°30'N)은 저위도로 구분하였다. 파종기는 수원에서는 2003년 5월 21일, 밀양에서는 2003년 6월 18일이었고, 재식거리는 국립식량과학원 표준재배법에 따라 단작지인 수원에서는 60 × 15 cm, 이모작지인 밀양에서는 60 × 10 cm 로 하였다. 성숙기간은 고위도인 수원 및 저위도인 밀양에서 품종에 따라 파종 후 각각 130-138일 및 106-111일이었고, 수확시기도 품종마다 차이가 있으나 성숙기로부터 7~10일 사이에 수확하였다. 시비는 두 지역 모두 질소, 인산 및 칼리 4-7-6 kg/10a를 전량 기비로 사용하였고, 콩나방 등 기타 해충방제를 위해 필요시 살충제를 살포하였으며, 개화 전 중경배토를 1회 실시하였다. 수확된 콩 종실시료는 고속 진동분쇄기(HEICO, LT1-100, Japan)로 미세입도로 분쇄한 후 1.0 mm 체로 선별하여 분석 시료로 사용하였다.

주요 성분의 함량분석

조단백질의 함량 분석은 Kjeldahl 분석법에 따라 Buchi B-339 auto kjeldahl systems(BÜCHI Labortechnik AG, Flawil, Switzerland)으로 분석하였다(Choung et al., 2008). 즉 0.2 g의 분쇄시료에 3 g의 촉매제(CuSO₄ : K₂SO₄ = 1 : 9)와 20 mL의 황산용액을 첨가하여 가수분해 한 후 증류장치를 이용하여 질소 계수를 산출하고, 콩의 질소 환원계수 6.25를 곱하여 조단백질의 함량을 계산하였다.

조지방은 자동 속시렛 추출장치(Buchi B-811 extracted system)를 이용하여 추출하였다. 콩 분쇄시료 2.0 g에 *n*-hexane 200 mL을 추출용매로 첨가하여 2시간 동안 추출하였고, 105°C에서 1시간 동안 건조한 뒤 방냉하고, 추출된 조지방의 무게를 측정하여 조지방 함량으로 계산하였다(Choung et al., 2008).

지방산의 조성분석은 조지방 함량 분석에서 추출된 조지방을 이용하여 각 구성 지방산의 조성을 분석하였다. 즉, 추출된 조지방 100 µL를 15 mL cap test tube에 넣고 5 mL의 methylation 용액(H₂SO₄ : MeOH : Toluene = 1 mL : 20 mL : 10 mL)를 첨가한 후 100°C 조건의 수욕조에서 60분 동안 끓인 후 냉각하였다. 그 후 5 mL의 증류수와 5 mL의 diethyl ether를 첨가하고 격렬하게 흔들어 준 뒤 방치하여 2개의 층으로 분리한 후, 상층인 diethyl ether 층을 회수하고, 소량의 anhydrous sodium sulfate를 첨가하여 5분 동안 탈수시켰다. 탈수된 0.5 µL의 diethyl ether 용액을 직접 GC(Gas chromatography)에 주입하여 지방산 조성을 분석하였다(Choung, 2006).

지방산 조성분석에 이용된 GC는 DS 6200(DONAM Instruments Inc, Korea)이었으며, HP-FFAP capillary column(0.32 mm i.d. × 25 m)을 장착하여 불꽃이온화검

출기(flame ionization detector : FID)로 분석하였다. 기타 분석조건으로 오븐온도는 초기온도 140°C에서 2분 동안 유지한 후, 분당 8°C 승온하여 200°C까지 상승시키고, 다시 200°C에서 10분간 유지하는 온도 program을 사용하였다. 시료주입구와 검출기의 온도는 각각 230 및 250°C를 유지하였다. 이동 gas는 질소로서 분당 0.5 mL의 유속으로 사용하였고, 시료 주입량의 분할 비율은 50 : 1로 조절하여 사용하였다. GC 분석의 지방산 표준물질은 Sigma-Aldrich (St. Louis, Mo, USA)에서 구입하여 분석에 이용하였다.

유리당 분석은 분쇄시료 1.0 g에 10 mL 80% 에탄올 수용액으로 상온에서 24시간 진탕 추출하였다. 추출된 시료는 3,000 rpm으로 원심분리 후 상등액을 취하여 0.45 µm 필터로 여과하여 2배 희석한 시료를 HPLC로 분석하였다. 분석에 사용된 HPLC는 Agilent 1100 series (Wilmington, DE)를 이용하였고, 분석용 칼럼은 Sugar-Pak I (Waters Co. Milford, MA)이며, 용매는 초순수 증류수를 이용하여 분당 유속을 0.5 mL/min하고, 칼럼온도를 80°C로 유지하며, 시료 주입량을 20 µL로 조절하여 분석하였다. 분석에 사용된 굴절률 검출기는 Shodex RI-101 (Japan) 검출기를 사용하였고, 분석에 사용된 당 표준품은 모두 Sigma-Aldrich (St. Louis, Mo, USA)에서 구입하여 이용하였다.

콩 분석시료의 수분함량은 분쇄시료 약 2.0 g을 105°C 건조기에서 2시간 동안 건조하여 건조 전과 건조 후의 무게 변화를 기초로 수분의 함량을 평가하는 상압가열건조법으로 분석하였고, 분석된 모든 성분의 함량은 수분함량을 보정한 건물 증으로 환산하여 사용하였다.

통계처리

자료의 통계분석은 SAS프로그램(Ver. 8.2)으로 분석하였다.

기상상황

본 실험에 이용된 검정콩 품종의 재배시기인 2003년의 파종기에서 수확기까지의 전 생육기간 동안, 즉 수원은 5월 21일부터 10월 10일, 밀양은 6월 18일부터 10월 11일까지의 기상상황을 분석하여보면 일평균기온, 일최저기온 및 일최고기온은 위도가 상대적으로 낮은 밀양이 위도가 상대적으로 높은 수원보다 각각 0.4°C, 0.1°C 및 1.1°C 수준 높은 양상을 나타내었으나 생육과 성분 변이에 영향을 미칠 정도는 아

닌 것으로 판단되었다. 강우량은 위도가 높은 수원지역이 1085.1 mm로 밀양의 1046.0 mm보다 39.1 mm 많은 양상을 나타내었으나 이 또한 큰 차이가 있는 것으로 판단되지 않았고, 일조시간은 위도가 낮은 밀양이 수원보다 약 100시간 정도 더 긴 양상을 나타내었다(Table 1). 전 생육기간 중 적산온도는 파종기가 빨랐던 수원이 3151.7°C, 밀양은 2602.5°C로 수원이 549.5°C 더 높은 양상을 나타내었는데, 이러한 지역간 적산온도의 차이는 재배양식 중 전생육기간의 차이에서 기인된 것이다. 한편 Ok et al.(2008)은 콩의 경제적인 생산을 위해서는 최저 2,000°C의 적산온도가 필요하다고 보고한 바 있는데, 본 실험의 두 지역 모두 2,600°C 이상 이어서 Ok et al.(2008)에 의한 경제적인 생산에 미달되는 적산온도를 나타내지는 않았다.

결과 및 고찰

재배지 위도차이에 따른 검정콩의 조단백질, 조지방 및 지방산 함량 변이

국내 재배지의 위도 차이에 따라 수원지역(위도 37°16'N)을 고위도, 밀양지역을 (위도 35°30'N) 저위도로 구분하여 국내 육성 검정콩 품종 중 검정콩 1호, 검정콩 3호, 검정콩 4호, 일품검정콩 및 청자콩을 재배, 수확하여, 검정콩 품종 및 재배지의 위도 차이에 따른 종실의 조단백질, 조지방 및 지방산 함량 변이를 조사하였다.

조단백질, 조지방 및 지방산 조성 모두 공시된 품종과 위도가 서로 다른 재배지역간에 통계적으로 상호작용이 없어 공시된 검정콩 품종과 위도가 서로 다른 재배지역은 서로 영향을 미치지 않고, 두 요인의 효과가 독립적인 것으로 조사되었다(Table 2).

검정콩 품종 간 조단백질 함량은 검정콩 3호가 두 지역 평균 43.9%로 가장 높은 양상을 나타내었고, 검정콩 4호가 평균 40.1%로 가장 낮은 양상을 나타내었으며, 품종 간 조단백질의 함량 차이는 뚜렷하였다. 공시된 검정콩 품종 중 검정콩 4호를 제외한 대부분의 품종에서는 재배지의 위도차이에 따른 조단백질 함량의 차이가 통계적으로 인정되지 않았고, 단지 검정콩 4호는 저위도에서 고위도보다 평균 약 1% 높은 양상으로 통계적 유의차가 인정되었다. 통계적 데이터에 관계없이 공시된 검정콩 품종의 조단백질의 함량은 고위도에서

Table 1. Daily mean, minimum, and maximum air temperature, rainfall, sunshine hours, and cumulative air temperature from planting to harvesting in 2003 in Suwon(high latitude) and Milyang(low latitude)

Location (Duration)	Daily mean air temp.(°C)	Daily min. air temp.(°C)	Daily max. air temp.(°C)	Rainfall (mm)	Sunshine hours(hrs.)	Cumulative air temp.(°C)
Suwon(37°16'N) (May 21~Oct. 10)	22.0	18.4	26.3	1,085.1	606.6	3,151.7
Milyang(35°30'N) (June 18~Oct. 11)	22.4	18.5	27.4	1,046.0	706.8	2,602.5

Table 2. F value of crude protein, crude fat, and fatty acid in black soybean cultivars according to different latitude

	Crude Protein	Crude oil	Unsaturated fatty acid				Saturated fatty acid		
			Oleic acid	Linoleic acid	Linolenic acid	Total	Palmitic acid	Stearic acid	Total
Cultivar(C)	39.62**	48.22**	87.07**	52.03**	92.61**	10.91**	7.71**	30.72**	11.55**
Location(L)	9.88**	2.48ns	123.01**	46.51**	111.60**	3.66ns	18.37**	3.41ns	4.19ns
CxL	2.17ns	1.81ns	1.08ns	0.82ns	1.86ns	1.28ns	3.22ns	0.19ns	1.38ns

** : Significant at the 1% level.

Cultivar : Five cultivars, Location : Two locations.

Table 3. Contents of crude protein, crude oil and fatty acids in black soybean cultivars according to different latitude

Cultivar	Location	Crude Protein(%)	Crude oil(%)	Fatty acid composition(%)						
				Unsaturated fatty acid				Saturated fatty acid		
				Oleic acid	Linoleic acid	Linolenic acid	Total	Palmitic acid	Stearic acid	Total
Geomjeongkong 1	Suwon(37°16'N)	41.6 ns ^{a)}	19.3 ns	30.1 a	50.3 b	6.67 b	87.1 ns	10.2 b	2.79 ns	12.9 ns
	Milyang(35°30'N)	41.8	19.0	26.0 b	52.9 a	7.77 a	86.6	10.8 a	2.64	13.4
	Mean	41.7 BC ^{b)}	19.1 C	28.0 A	51.6 C	7.22 B	86.8 A	10.5 BC	2.71 C	13.2 B
Geomjeongkong 3	Suwon(37°16'N)	44.0 ns	17.7 ns	22.0 a	56.3 b	8.40 b	86.7 ns	10.5 ns	2.79 ns	13.3 ns
	Milyang(35°30'N)	43.8	17.8	18.9 b	58.3 a	9.18 a	86.4	11.0	2.63	13.6
	Mean	43.9 A	17.7 D	20.5 D	57.3 A	8.79 A	86.5 A	10.8 A	2.71 C	13.5 B
Geomjeongkong 4	Suwon(37°16'N)	39.6 b	22.4 a	24.2 a	55.5 b	6.51 ns	86.2 ns	10.6 ns	3.15 ns	13.8 ns
	Milyang(35°30'N)	40.5 a	21.2 b	21.1 b	57.9 a	7.00	86.0	11.0	3.08	14.1
	Mean	40.1 D	21.8 A	22.7 C	56.7 A	6.75 C	86.1 B	10.8 A	3.12 B	13.9 A
Ilpumgeomjeongkong	Suwon(37°16'N)	41.4 ns	21.0 ns	26.9 ns	52.8 ns	6.33 b	86.1 ns	10.4 b	3.54 ns	13.9 ns
	Milyang(35°30'N)	42.9	20.5	24.6	54.0	7.09 a	85.7	10.8 a	3.51	14.3
	Mean	42.2 B	20.7 B	25.7 B	53.4 B	6.71 C	85.9 B	10.6 AB	3.52 A	14.1 A
Cheongjakong	Suwon(37°16'N)	41.1 ns	19.1 ns	23.7 a	56.0 b	6.97 b	86.6 ns	10.3 ns	3.06 ns	13.4 ns
	Milyang(35°30'N)	41.8	19.5	20.0 b	58.9 a	7.99 a	86.9	10.1	2.97	13.1
	Mean	41.4 C	19.3 C	21.8 C	57.5 A	7.48 B	86.8 A	10.2 C	3.01 B	13.2 B
Total average		41.9	19.7	23.7	55.3	7.39	86.4	10.6	3.01	13.6

^{a)}Means within a column in cultivars by the same letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's Multiple Range Test(DMRT).

^{b)}Means of cultivars followed by the same capital letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

재배된 검정콩 3호가 평균 44.0%로 가장 높은 양상을 나타내었고, 검정콩 4호가 고위도에서 39.6%로 가장 낮은 양상을 나타내었으며, 검정콩 품종의 전체 조단백질 함량 평균은 41.9%를 나타내었다(Table 3).

Kumar et al.(2006)은 저위도일수록 콩의 조단백질 함량이 높은 경향을 나타낸다고 보고하였는데, 본 실험에서는 공시된 검정콩 품종의 대부분이 위도 차이에 대한 효과가 통계적으로 인정되지 않았고, 단지 검정콩 4호의 경우 Kumar et al.(2006)의 결과와 유사한 양상을 나타내었다. Kim et al.(2007)은 국내에서 수집된 117종의 조단백질 함량은 평균 38.3%이고, 검정콩 59종의 평균은 38.6%이며, 강원지역에서 수집된 검정콩의 평균이 40.9%로 가장 높다고 하였는데, 본

실험에 공시된 검정콩 품종의 평균 조단백질 함량은 41.9%로 Kim et al.(2007)이 보고한 수집 검정콩 보다는 다소 높은 양상을 나타내었다.

콩에 함유된 조단백질의 함량은 유전자형, 파종기, 온도 및 고도 등 여러 가지 재배환경의 영향을 받는데(Ok et al., 2008; Shin et al., 2009; Yi et al., 2009), 특히 재배환경은 품종 고유의 유전자 발현에 영향을 미치고, 단백질 및 지방의 합성경로를 조절하여 단백질 및 지방 함량이나 구성성분의 조성에 영향을 미친다고 하였다(Kim et al., 2007). 또한 Shin et al.(2009)은 밀양 및 무주지역에서 4개 품종 중 다울콩의 조단백질 함량이 가장 높다고 하여, 본 실험에서 공시된 검정콩 품종에서는 검정콩 4호를 제외하고는 재배지의 위도

차이에도 불구하고 조단백질 함량에 차이가 인정되지 않는 것과 동일하여, 국내 재배지에서 조단백질 함량은 재배환경보다는 유전적 요인에 더 큰 영향을 받는 듯 하며, 국내 재배지역의 위도 차 2° 수준은 조단백질 합성 및 축적에 영향을 미치는 환경요인으로 작용하지 않는 것으로 평가될 수 있다.

검정콩 품종 간 조지방 함량은 위도차이가 있는 2개 지역 평균 조지방 함량 차이가 뚜렷하여 검정콩 4호가 21.8%로 가장 높았고, 검정콩 3호가 17.7%로 가장 낮았으며, 나머지 품종은 19.1~20.7% 수준이었다. 이는 본 실험의 조단백질 함량과 동일한 결과로 검정콩 4호를 제외한 대부분의 품종에서는 재배지의 위도차이에 따른 조지방의 함량 차이가 통계적으로 인정되지 않았고, 단지 검정콩 4호는 저위도에서 고위도보다 약 1.2% 낮은 양상으로 통계적 유의차가 인정되었다. Kumar et al.(2006)은 저위도일수록 지방함량이 낮은 경향을 보고한 바 있어, 본 실험의 검정콩 4호 만이 비슷한 경향을 나타내었고, Shin et al.(2009)은 지역에 상관없이 4개 품종 중 다원콩의 지방함량이 가장 높다고 하여, 조단백질과 마찬가지로 국내 재배지역의 위도 차 2° 수준은 조지방의 합성 및 축적에 영향을 미치는 환경요인으로 작용하지 않는 것으로 평가되었다.

콩 종실 내 함유성분은 유전성, 환경조건 및 재배조건 등 요인에 의해 달라지며(Han et al., 2008; Yoon et al., 2002), Weiss et al.(1952)도 결실 기간에 따라 단백질 함량 및 생육기간에 따른 지방함량 등 재배조건에 따른 화학성분은 변화한다고 하였으며, 특히 생육기의 온도가 높아질수록 지방함량은 증가하나 상대적으로 단백질함량은 감소하는 것으로 알려져 있다(Piper and Boote, 1999; Wolf et al., 1982). 그러나 일부 연구에서는 지방함량은 품종의 유전자형에 의해 크게 지배된다고 하였는데(Singh and Hardley, 1968), 본 실험에서 검정콩 4호를 제외한 기타 검정콩 품종은 위도 차이가 나는 재배지역간에도 조단백질과 조지방 함량에는 차이가 없어 Singh and Hardley(1968)의 지방 함량은 품종의 유전자형에 의해 크게 지배된다고 한 보고와 유사한 경향을 나타내었고, 단지 공시된 검정콩 품종 중 검정콩 4호는 공시된 기타 다른 검정콩 품종과는 달리 조단백질 및 조지방의 함량 모두 재배지의 위도 차이에 따라 소량의 성분 함량변이가 발생하는 것으로 보아, 재배지의 위도 및 지역 차이에서 기인한 온도, 강우, 미기상 환경 등 여러 가지 재배환경에 다소 민감하게 영향을 받는 것으로 판단된다.

검정콩에 함유된 지방산 중 양질의 불포화 지방산으로 평가되는 oleic acid 조성의 경우 공시 품종 간 위도 차이가 있는 2개 지역 평균 조성 차이가 뚜렷하였고, 검정콩 1호가 28.0% 가장 높았으며, 검정콩 3호가 20.5%로 가장 낮았고, 기타 다른 품종은 21.8~22.7% 수준이었다. 재배지의 위도 차에 따른 조성 변이를 보면 일품검정콩은 차이가 없었으나, 나머지 품종에서는 위도가 다른 재배지 간에 조성비의 차이

가 통계적으로 인정되어 고위도에서 저위도보다 3.1~4.1% 수준 높은 양상을 나타내었다. 특히 검정콩 1호는 고위도에서 30.1%로 가장 높았고, 검정콩 3호가 저위도에서 18.9%로 가장 낮았으며, 검정콩 품종의 전체 oleic acid 함량 평균은 23.7%를 나타내었다.

Linoleic acid 함량의 품종 간 위도 차이가 있는 2개 지역 평균 조성 차이를 보면 청자콩, 검정콩 3호, 검정콩 4호, 일품검정콩 및 검정콩 1호 순이었으며, 검정콩 1호가 51.6%로 가장 낮았다. 재배지의 위도차이에 따른 조성비를 비교해 보면 oleic acid와는 반대 경향으로 일품검정콩을 제외하고는 모두 저위도에서 고위도보다 높은 경향을 나타내었고, 통계적으로 유의성이 인정되었으며, 검정콩 전체 평균은 55.3%를 나타내었다.

한편 linolenic acid 조성의 품종 간 차이를 보면 검정콩 3호가 8.79%로 가장 높았고, 위도차이에 따른 조성비를 비교해 보면 검정콩 4호를 제외하고는 모두 linoleic acid와 마찬가지로 저위도에서 고위도보다 통계적으로 높은 양상을 나타내었으며, 검정콩 전체 평균은 7.39%였다.

Palmitic acid 함량은 품종 간에는 검정콩 3호, 검정콩 4호가 가장 높았고, 청자콩이 가장 낮았으며, 재배지 위도별로는 검정콩 1호와 일품검정콩이 linoleic acid 및 linolenic acid와 마찬가지로 저위도에서 고위도보다 높았고, 나머지 품종은 위도별 차이가 인정되지 않았으며, 검정콩 전체 평균은 7.39%였다.

Stearic acid 함량은 품종 간에는 일품검정콩이 가장 높았고, 검정콩 1호와 검정콩 3호가 가장 낮았으며, 위도 차이에 따른 통계적 유의차는 인정되지 않았고, 검정콩 전체 평균은 3.01%였다.

불포화지방산 전체의 조성을 품종별로 비교해 보면 검정콩 1호, 검정콩 3호 및 청자콩이 검정콩 4호와 일품검정콩보다 높았으며, 포화지방산 전체의 품종별 변이는 불포화지방산과 반대 경향으로 검정콩 4호와 일품검정콩이 높아 이들 간에는 서로 부의 상관이 있음을 알 수 있고, 총 포화지방산 및 총 불포화 지방산은 위도차이에 따른 통계적 유의성이 인정되지 않았다.

한편, 지방산 조성의 함량변이에는 생육기간의 생장온도가 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있는데(Burton et al., 1989; Harris and James, 1969; Martin et al., 1986), 생육기의 주야간의 온도가 높을수록 oleic acid의 함량은 증가하는 반면, linoleic acid와 linolenic acid의 함량은 증가한다고 하였다. 그러나 Kumar et al.(2006)은 4개의 서로 다른 위도에서 재배할 경우 지방산 간에는 뚜렷한 경향이 없다고 하였는데, 본 실험에서 공시된 대부분의 검정콩에서는 oleic acid는 고위도에서, 반면 linoleic acid 및 linolenic acid는 저위도에서 더 높은 양상을 나타내었는데, 이는 2개의 위도별 차이에서 나타난 결과로 추후 더 다양한 위도별 조성 변이 및 조사지점별 생육기의 주야간의 온도도 면밀히

검토할 필요가 있을 것으로 생각된다.

재배지 위도차이에 따른 검정콩의 유리당 함량 변이

검정콩의 품종 및 위도 차에 따른 재배지역간 유리당 함량의 상호작용을 보면 Table 4와 같다. Glucose, sucrose, stachyose 및 total sugars 함량은 검정콩 품종과 재배지 위도 차에 따른 유의한 상호작용이 있어 검정콩 품종과 위도가 서로 다른 재배지역과는 서로 영향을 미치고 있음을 알 수 있고, raffinose는 상호작용이 없어 품종과 위도차이에 따른 재배지역과는 서로 영향을 미치지 않고 두 요인의 효과가 독립적인 것으로 조사되었다.

단당류인 glucose의 품종 간 차이를 보면 검정콩 3호와 4호가 0.17% 및 0.15%로 가장 높았고, 나머지 품종은 0.09~0.12% 수준이었다. 재배지 위도 차에 따른 함량 차이를 보면 검정콩 1호, 3호 및 청자콩은 재배지 위도별 통계적 차이가 인정되지 않았고, 검정콩 4호는 저위도에서, 일품검정콩은 고위도에서 높은 경향을 나타내었으며, 검정콩 전체 평균은 0.12%였다(Table 5).

단당류인 fructose는 어느 품종, 어느 지역에도 검출되지 않았고, 이당류인 sucrose의 경우 품종별로는 검정콩 3호, 4호가 4.58% 및 4.34%로 가장 높았으며, 일품검정콩이 3.24%로 가장 낮았다.

Table 4. F value of monosaccharide and oligosaccharide in black soybean cultivars according to different latitude

	Monosaccharide ^{a)} (Glucose)	Oligosaccharide				Total
		Sucrose	Raffinose	Stachyose	Sum	Total
Cultivar(C)	24.96**	23.97**	19.76**	59.74**	19.36**	19.53**
Location(L)	1.80ns	6.02*	72.01**	35.22**	1.86ns	1.55ns
CxL	4.19*	3.95*	1.91ns	5.87**	3.24ns	3.41*

^{a)}Fructose was not detected.

*, ** : Significant at the 5% and 1% levels, respectively.

Cultivar : Five cultivars, location : Two locations.

Table 5. Contents of monosaccharide, oligosaccharide, and total sugar in black soybean cultivars according to different latitude

Cultivar	Location	Monosaccharide(%) ^{a)} (Glucose)	Oligosaccharide(%)				Total(%)
			Sucrose	Raffinose	Stachyose	Sum	
Geomjeongkong 1	Suwon(37°16'N)	0.11 ns ^{b)}	3.97 ns	0.75 ns	2.33 b	7.05 ns	7.16 ns
	Milyang(35°30'N)	0.07	3.59	0.83	2.77 a	7.19	7.26
	Mean	0.09 C ^{c)}	3.78 B	0.79 B	2.55 A	7.12 B	7.21 B
Geomjeongkong 3	Suwon(37°16'N)	0.16 ns	4.49 b	0.88 b	1.88 ns	7.25 b	7.42 b
	Milyang(35°30'N)	0.17	4.66 a	1.13 a	2.03	7.82 a	8.00 a
	Mean	0.17 A	4.58 A	1.00 A	1.96 D	7.54 A	7.71 A
Geomjeongkong 4	Suwon(37°16'N)	0.13 b	4.26 ns	0.90 b	1.84 ns	7.00 ns	7.13 ns
	Milyang(35°30'N)	0.17 a	4.41	1.11 a	2.02	7.54	7.70
	Mean	0.15 A	4.34 A	1.00 A	1.93 D	7.27 AB	7.42 AB
Ilpumgeomjeongkong	Suwon(37°16'N)	0.13 a	3.66 ns	0.66 b	2.06 ns	6.38 ns	6.52 ns
	Milyang(35°30'N)	0.11 b	2.82	0.88 a	2.19	5.88	5.98
	Mean	0.12 B	3.24 C	0.77 B	2.12 C	6.13 C	6.25 C
Cheongjakong	Suwon(37°16'N)	0.11 ns	4.08 ns	0.84 b	2.30 ns	7.22 ns	7.33 ns
	Milyang(35°30'N)	0.09	3.83	1.10 a	2.30	7.23	7.32
	Mean	0.10 BC	3.95 B	0.97 A	2.30 B	7.23 AB	7.32 AB
Total average		0.12	3.98	0.91	2.17	7.06	7.18

^{a)}Fructose was not detected.

^{b)}Means within a column in cultivars by the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

^{c)}Means of cultivars followed by the same capital letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

삼당류인 raffinose와 사당류인 stachyose는 콩나물 재배 시 비타민 C로 전환되어 콩 종실에 없는 비타민 C가 콩나물에서 생성되게 하는데(Kim, 2002), 품종별 raffinose 함량은 검정콩 3호, 검정콩 4호, 청자콩이, stachyose 함량은 검정콩 1호가 가장 높았다. 한편 재배지의 위도 차이에 따른 함량 변이에서는 sucrose의 경우 검정콩 3호, stachyose의 경우 검정콩 1호를 제외한 모든 품종에서 재배지의 위도 간 함량 변이가 통계적 유의차가 인정되지 않았고, raffinose는 검정콩 1호를 제외한 나머지 품종에서 재배지 위도 차이에 따른 함량 변이가 인정되어, 저위도에서 고위도보다 높은 양상을 나타내었다. 이 결과는 본 실험에 이용된 검정콩의 전 생육기간동안 저위도인 밀양지역이 고위도인 수원지역보다 총 일조시간이 약 100시간 정도 더 긴 양상을 나타내었는데, 일조시간의 증가는 광합성량의 증가로도 해석해 볼 수 있으므로 이로 기인하여 당 함량이 증가된 것으로 추측해 볼 수 있다.

Total sugar 함량은 5종의 당 함량 중 가장 함량이 높은 sucrose의 영향을 가장 크게 받아 sucrose 함량이 가장 높았던 검정콩 3호의 함량이 가장 높았고, 재배지의 위도 차이에서는 검정콩 3호가 위도에 따라 차이를 보여 저위도에서 고위도보다 함량이 높았으며, 나머지 품종에서는 위도 간에는 다소간의 함량 차이는 있었으나 통계적 유의차는 인정되지 않았다.

검정콩 함유 성분의 상관

검정콩 함유 조단백질, 조지방 및 지방산 조성간의 상관관계를 Table 6에 나타내었다. 조단백질과 조지방과는 $r=-0.804$ 로 고도로 유의한 부의 상관이 있었고 linolenic acid와는 $r=0.767$ 로 고도로 유의한 정의 상관이 있었으며, 나머지 지방산과는 상관이 인정되지 않았다. 조지방과 linolenic acid와는 고도로 유의한 부의 상관이, stearic acid와는 정의 상관이 있었으며, oleic acid, linoleic acid, palmitic acid와는 상관이 인정되지 않았다. Oleic acid는 linoleic acid와

고도로 유의한 부의 상관이, linolenic acid와는 유의한 부의 상관이 있었으며, palmitic acid 및 stearic acid와는 상관이 인정되지 않았다. Linolenic acid는 stearic acid와는 유의한 부의 상관이 인정되었고, palmitic acid와는 상관이 없었으며, palmitic acid는 stearic acid와 상관이 인정되지 않았다.

선행 연구의 결과 oleic acid 함량이 높은 품종일 경우 linolenic acid의 함량은 낮다고 하였는데(Choung, 2006), 본 실험에서도 비슷한 경향을 나타내었다.

Kumar et al.(2006)과 Choung(2006)은 oleic acid는 linoleic acid 및 linolenic acid와 고도로 유의한 부의 상관이 있다고 하여 본 실험에서도 동일한 결과를 나타내었으나, Choung(2006)은 oleic acid와 palmitic acid 및 stearic acid 간에는 고도로 유의한 부의 상관이, linoleic acid와 stearic acid간, linolenic acid와 palmitic acid간에는 고도로 유의한 정의 상관이 있다고 하였으나, Kumar et al.(2006)과 본 실험에서는 모두 상관이 인정되지 않았는데, 이는 Choung(2006)의 실험에서는 519 계통의 분석 결과로 자유도($n-2 = 517$)가 커 유의성 검정값이 낮아 유의한 상관관계로 해석되었으나, Kumar et al.(2006)과 본 실험에서는 분석의 자유도($n-2$)가 각각 82 및 8로 낮아 유의성 검정 값이 높아져 상관관계가 인정되지 않은 것으로 판단된다.

또한 Kumar et al.(2006)과 Kim et al.(2007)은 조단백질과 조지방과는 고도로 유의한 부의 상관이 있다고 하였는데, 본 실험에서도 일치되는 양상이었으며, 전반적으로 황색 일반 콩에서 도출된 상관도가 검정콩에서도 동일한 양상으로 조사되었다.

한편 유리당, total sugar, 조단백질 및 조지방간의 상관관계를 Table 7에 나타내었다. Glucose와 sucrose와는 정의 상관이, stachyose와는 고도로 유의한 부의 상관이 있었으며, sucrose와 total sugar와는 고도로 유의한 정의 상관이 인정되었고, 나머지 당류 간에는 상관이 없었다. 또 total sugar와 조단백질 및 조지방과는 상관관계가 인정되지 않았다.

Table 6. Simple correlation coefficients among the crude protein, crude oil and fatty acid contents

	Crude oil	Oleic acid	Linoleic acid	Linolenic acid	Palmitic acid	Stearic acid
Crude protein	-0.804**	-0.300ns	0.132ns	0.767**	0.160ns	-0.324ns
Crude oil		0.244ns	-0.128ns	-0.789**	0.079ns	0.699*
Oleic acid			-0.978**	-0.690*	-0.406ns	0.213ns
Linoleic acid				0.559ns	0.293ns	-0.146ns
Linolenic acid					0.305ns	-0.676*
Palmitic acid						-0.072ns

*, ** : Significant at the 5% and 1% levels, respectively.

ns : Not significant.

(n=10, 5%=0.632, 1%=0.765)

Table 7. Simple correlation coefficients among the sugar contents

	Sucrose	Raffinose	Stachyose	Total sugars
Glucose	0.697*	0.358ns	-0.836**	0.423ns
Sucrose		0.426ns	-0.470ns	0.887**
Raffinose			-0.210ns	0.604ns
Stachyose				-0.077ns
Crude protein				0.057ns
Crude oil				-0.430ns

*, ** : Significant at the 5% and 1% levels, respectively.

ns : Not significant.

(n=10, 5%=0.632, 1%=0.765)

요 약

국내 육성 검정콩 품종을 대상으로 기존 단순 재배지역 차이의 관점이 아니라, 작물의 생육환경에 영향을 줄 수 있는 위도 차이의 관점에서, 검정콩 종실 함유 조단백질, 조지방, 지방산 및 유리당의 함량변이를 검토한 결과, 검정콩 품종별 조단백질 함량은 검정콩 3호가 43.9%, 조지방 함량은 검정콩 4호가 21.8%로 품종 내에서 가장 높은 양상을 나타내었다. 그러나 공시된 검정콩 품종 중 검정콩 4호를 제외한 대부분의 품종에서는 재배지의 위도차이에 따른 조단백질 및 조지방의 함량 차이는 없었다. 재배지의 위도 차이에 따른 지방산 조성의 변이는 고위도인 수원지역에서 재배한 검정콩 품종 대부분이 저위도인 밀양에서 재배한 품종보다 oleic acid 함량은 높았고, linoleic acid 및 linolenic acid 함량은 낮았다. 한편, 유리당 중에서 sucrose 함량은 검정콩 3호가, raffinose 함량은 검정콩 3호, 검정콩 4호, 일품검정콩 및 청자콩이, stachyose 함량은 검정콩 1호가 저위도에서 고위도보다 높은 양상을 나타내었다. 따라서 위도에 따른 재배지역과 품종 간 조단백질, 조지방 및 지방산 함량 사이에는 상호작용이 없는 것으로 나타나, 이들 성분의 함량은 환경적 요인보다는 유전적 요인에 의한 것으로 판단된다. 그러나 당 함량에서는 glucose, sucrose, stachyose는 서로 상호작용이 있어 품종에 따라 위도별 재배환경이 유전적 요인보다도 크게 작용하는 것으로 판단된다.

참고문헌

Burton, J.W., Wilson, R.F., Brim, C.A., Rinne, R.W., 1989. Registration of soybean germplasm lines with modified fatty acid composition of seed oil, *Crop Sci.* 29, 1583.

Choung, M.G., Baek, I.Y., Kang, S.T., Han, W.Y., Shin, D.C., Moon, H.P., Kang, K.H., 2001. Determination of protein and oil contents in soybean seed by near infrared reflectance spectroscopy, *Kor. J. Crop Sci.*

46(2), 106-111.

Choung, M.G., 2006. Variation of oil contents and fatty acid compositions in Korean Soybean germplasms, *Kor. J. Crop Sci.* 51(S), 139-149.

Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010. <http://www.fao.org>.

Han, W.Y., Park, K.Y., Choung, M.G., Kim, H.T., Ko, J.M., Baek, I.Y., Lee, C.Y., 2008. Growth characteristics and qualities of Korean soybean landraces, *Kor. J. Crop Sci.* 53(S), 89-95.

Harris, P., James, A.T., 1969. Effects of low temperature on fatty acid biosynthesis in seeds, *Biochim, Biophys. Acta.* 187, 13-18.

Kim, S.L., Lee, Y.H., Chi, H.Y., Lee, S.J., Kim, S.J., 2007. Diversity in lipid contents and fatty acid composition of soybean seeds cultivated in Korea, *Kor. J. Crop Sci.* 52(3), 348-357.

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

Kumar, V., Rani, A., Solanki, S., Hussain, S. M., 2006. Influence of growing environment on the biochemical composition and physical characteristics of soybean seed, *J. of food composition and analysis* 19, 188-195.

Martin, B.A., Wilson, R.F., Rinne, R.W., 1986. Temperature effects upon the expression of a high oleic acid trait in soybean, *J. A. Oil Chem, Aoc.* 63, 346-352.

Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, 2010. <http://www.mifaff.go.kr>.

Ok, H.C., Yoon, Y.H., Jeong, J.C., Hur, O.S., Lee, C.W., Kim, C.G., Cho, H.M., 2008. Yield and isoflavone contents of soybean cultivar in highland area, *Kor. J. Crop Sci.* 53(1), 102-109.

- Piper, E.L., Boote, K.J., 1999. Temperature and cultivar effects on soybean seed oil and protein concentrations, *J. A. Oil Chem, Aoc.* 76, 1233-1241.
- Shin, S.O., Shin, S.H., Ha, T.J., Kim, S.G., Choi, K.J., Baek, I.Y., Lee, S.C., Park, K.Y., 2009. Soybean ecological response and seed quality according to altitude and seeding dates, *Kor. J. Crop Sci.* 54(2), 174-178.
- Singh, B.B., Hardley, N.H., 1968. Maternal control of oil synthesis in soybeans, *Glycine max* (L) Merr., *Crop Science* 8, 623-625.
- Weiss, M.G., Weber, C.R., Williams, L.F., Probst, A.M., 1952. Correlation of agronomic characters and temperature with seed compositional characters in soybeans, as influenced by variety and time of planting, *Agronomy Journal* 44, 289-297.
- Wolf, R.B., Cavins, J.F., Kleiman, R., Black, L.T., 1982. Effect of Temperature on soybean seed constituents: Oil, protein, moisture, fatty acid, amino acid, and sugar, *J. A. Oil Chem, Aoc.* 59, 230-232.
- Yi, E.S., Yi, Y.S., Yoon, S.T., Lee, H.G., 2009. Variation in antioxidant componets of black soybean as affected by variety and cultivation region, *Kor. J. Crop Sci.* 54(1), 80-87.
- Yoon, M.S., Baek, H.J., Lee, J.R., Kim, H.H., Cho, Y.H., Ahn, J.W., Kim, C.Y., 2002. The major morphological characteristics and variations of soybean landraces, *Kor. J. Intl. Agri.* 15(4), 294-303.