콩 유전자원의 지방함량과 지방산조성 평가 및 유용자원의 선발

송항림¹ · 장은규² · 손은호³ · 이구환⁴ · 황세구⁵ · 윤건식⁵ · 이정동⁶ · 김홍식^{7*}

¹중국연변조선족자치주농업과학원, ²경기도농업기술원, ³농촌진흥청 농업유전자원센터, ⁴농우바이오,
⁵충청북도농업기술원, ⁶경북대학교 응용생명과학부, ⁷충북대학교 농업생명환경대학

Evaluation of Oil Contents and Fatty Acid Compositions and Selection of Useful Resources in Soybean Germplasm Accessions

Hang-Lin Song¹, Eun Kyu Jang², Eun Ho Son³, Ku Hwan Lee⁴, Se Gu Hwang⁵, Geon Sig Yun⁵,
Jeong-Dong Lee⁶, and Hong Sig Kim^{7*}

¹*Yanbian Academy of Agricultural Sciences, Yanji 133001, China*

²*Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Services, Yeoncheon, 486-833, Korea*

³*National Agrobiodiversity Center, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Jeonju 560-500, Korea*

⁴*Nongwoobio Seed Company, Yuseong 305-800, Korea*

⁵*Chungbuk Agricultural Research and Extension Services, Cheongju, 363-882, Korea*

⁶*School of Applied Biosciences, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea*

⁷*College of Agriculture, Life & Environment Sciences, Chungbuk National University, Cheongju, 361-763, Korea*

Abstract : This study was carried out to evaluate the oil contents and fatty acid compositions of 379 soybean germplasm accessions which is composed of 128 Korean, 214 Chinese and 37 USA accessions, and to select useful resources for the development of high oil content and quality fatty acid varieties in soybean. Korean and Chinese germplasm accessions were obtained from the National Agrobiodiversity Center, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, and USA accessions from the Plant Genetics and Breeding Laboratory of Kyungpook National University, Korea. The oil content ranges from 12.7~26.0% with an average of 19.1% among accessions. The average contents and ranges of palmitic and stearic acid, saturated fatty acids (SFA), were 10.6% with a range of 4.1~18.1% and 2.9% with a range of 1.9~12.7% respectively, while those of oleic, linoleic and linolenic acid, unsaturated fatty acids (USFA), were 28.2% with a range of 15.3~56%, 51.2% with a range of 24.4~68% and 7.1% with a range of 3.4~11.1% respectively. The average linoleic(ω -6)/linolenic(ω -3) acid ratio was 7.5 ranging from 3.8~17, and the average SFA and USFA contents were 13.5% ranging from 6.7~21.7% and 86.5% ranging 78.3~93.4% respectively. Accessions with better essential properties were selected as useful resources for the development of high oil content and quality fatty acid varieties. Three accessions, Suinong 14, Dongnong 434 and Dongnong 46 from China contain oil higher than 25.0%, while five accessions including KLG 12073 and KLG 12074 from USA, Jilin 14 from China, Kwangan and Bongeu from Korea contain oleic acid higher than 50%. Eight accessions including KLG12083 and KLG12081 from USA contain linoleic acid higher than 60%. Seven accessions including KLG 12093 and KLG12096 from USA contain linolenic acid lower than 4%. Five accessions, KLG12074 and KLG12073 from USA, Kwangan and Bongeu from Korea, and Dongnong 47 from China were low linoleic acid(ω -6)/linolenic(ω -3) ratio resources with lower than 4.5.

Keywords : Soybean, Germplasm, Accession, Oil, Fatty acid, Useful resource

*Corresponding author (E-mail: hongsigk@chungbuk.ac.kr, Tel: +82-43-261-2513, Fax: +82-43-261-2513)

(Received on July 20, 2015. Revised on August 9, 2015.

Accepted on August 11, 2015.)

서 언

콩[*Glycine max* (L.) Merr.]의 원산지는 만주를 중심으로 한 동북아시아로서 미국, 브라질, 아르헨티나 및 중국 등에서 대규모로 재배되고 있다. 우리나라에서는 예로부터 콩을 장류, 나물, 밥밑용 및 약용 등으로 이용하여 왔으며, 쌀을 주식으로 하는 식생활에 부족한 단백질과 지방을 보완해주는 주요 영양공급원으로서의 역할을 해왔다(Kim et al. 1993).

최근에는 콩 품종개발의 육종목표가 다수성 외에도 수요의 선호도에 따른 용도별 다양화, 기능성 고품질, 친환경, 식품안전성, 안정생산을 위한 병충해 및 재해저항성 등으로 다양화되고 있기 때문에(Kim et al. 2006) 새로운 신품종을 육성하기 위한 다양한 소재를 확보해야 할 필요성이 더욱 커지고 있다(Choi et al. 2014). 새로운 콩 신품종을 개발하기 위한 유전자원의 수집, 보존 및 활용성 증대를 위한 평가는 매우 중요한 일이다.

콩은 주요 영양성분인 단백질 및 탄수화물과 함께 13~22%의 지방을 함유하고 있어 전세계 식물성유 생산의 48%를 차지하는 경제적으로 중요한 작물이다(Choung 2006, Singh & Hymowitz 1999).

콩 지방은 효율적인 칼로리의 공급원인 동시에 필수지방산과 각종 지용성 비타민을 공급하는 중요한 영양성분이다(Liu 1999). Dhakai et al. (2007)은 한국육성품종의 지방함량은 13.8~21.3%이었다고 하였고, Kim et al. (2007)은 콩 재배종 117개의 지방함량이 평균 17.8%이었다고 하였으며, Han et al. (2008)은 한국 재래종 콩 1,296개의 지방 함량이 11.8~22.2%이었고 평균 18.0%라고 하였다. 미국 농무성의 콩 유전자원의 지방함량은 8~25%의 범위이었고(Lee et al. 2007), 중국에서는 콩의 지방 함량을 22% 이상인 고지방 품종 육성을 목표로 하고 있다(Tang 2003). 콩의 지방함량과 수량간의 관계는 지방함량의 수준에 따라서 다른 것으로 보고되고 있다. Peng et al. (2001)은 콩 유전자원 638개를 분석한 결과, 지방함량이 16.1~20.0%일 때는 지방함량과 수량 간에 정의상관($r=0.0051$)이 있지만, 지방함량이 20.1~23%일 때는 부의상관($r=-0.1190$)을 보였다고 하였다. Wang (2006)도 콩의 지방함량이 18.0~20.0%일 때는 수량과 정의상관을 보이나, 22.5%를 초과하면 수량과 부의상관을 보인다고 하였으며 지방함량을 과도하게 높게 만들면 수량이 감소하므로, 지방함량이 21~22%이고, 수량이 높은 품종의 육종을 목표로 하는 것이 좋다고 하였다.

콩 지방은 매우 유용한 5종 이상의 지방산으로 구성되어 있는데, 이들 중에서 palmitic (16:0), stearic (18:0), oleic (18:1), linoleic (18:2) 및 linolenic acid (18:3)의 함량과 조성비는 유지의 물리화학적 특성에 영향을 미칠 뿐만 아니라 유지의 용도를 결정하는 중요한 요인이 되고, 일반적으로 콩 지방은 포화지방산인 palmitic acid가 12%, stearic acid가 4%, 불포화지방산인 oleic acid가 23%, linoleic acid가 53% 및 linolenic acid가 8%로 구성되어 있다(Fehr 2007, Lee et al. 2007). Choung (2006)은 국내 보존 콩 유전자원의 517계통의 지방산 조성의 범위는 palmitic acid는 8.50~14.78%, stearic acid는 1.86~4.78%, oleic acid는 13.29~43.30%, linoleic acid는 38.21~61.51% 및 linolenic acid는 5.03~11.48%이라고 하였으며, Kim & Park (2005)은 국내 야생콩의 지방산조성의 범위는 palmitic acid는 11.1~44.6%, stearic acid는 3.0~11.4%, oleic acid는 11.1~30.6%, linoleic acid는 12.4~59.5%, linolenic acid는 1.1~17.3%이었고, linolenic acid가 낮은 계통을 발굴하였다고 하였다. 지방산 중에서 포화지방산은 콜레스테롤 생성과 연관된 건강상 위험인자의 하나이기 때문에 콩에서는 palmitic acid와 stearic acid의 함량을 감소시키는 것이 콩의 품질을 개량하기 위한 육종 목표의 하나이다(Lee et al. 2007). 일반적으로 포화지방산인 palmitic + stearic acid의 함량이 7.5%이하 일 때 저포화지방산으로 분류한다(Fehr 2007). 미국을 비롯한 선진국에서는 콩의 포화지방산 함량을 15%에서 10%이하로 낮추고, linolenic acid 함량을 높여(9%에서 15% 이상) 콩의 용도에 따른 효율적 이용과 지방산의 균형 섭취를 도모하고 있다. 또한 상온에서 콩 기름의 산패 및 안정성을 높이기 위하여 linolenic acid 함량을 9%에서 3% 미만으로 낮추고 oleic acid 함량을 높이는 것도 육종목표로 하고 있다(Lee et al. 2007). 일본에서 돌연변이 육종에 의해 개발된 M23는 w-6 fatty acid desaturase중의 하나인 Fad2-1a 유전자의 결실에 의하여 oleic acid의 함량이 40~50%이다(Sandhu et al. 2007). 미국에서는 식용 콩기름의 포화지방산을 15%에서 7%로 낮추고, 고온에서의 안정성을 높이기 위하여 oleic acid의 함량을 23%에서 55% 이상으로 올리려고 노력하고 있으며, 전통육종 방법에 의하여 육성되어진 콩 oleic acid의 최고함량은 70%이상이었으며, 이러한 콩은 50%정도의 oleic acid 함량을 가진 FA22, M23 및 N98-4445 간의 교잡에 의하여 육성되었다(Alt et al. 2005).

필수 지방산인 linoleic acid (ω -6)와 linolenic acid (ω -3)가 결핍하면 건강에 유해하다. 특히 콩에 들어 있는 linoleic

acid는 결핍시 성장저하, 발육부진, 시력저하, 학습능력 저하 및 순환기 질환 등을 유발 하는 것으로 보고되어 있다 (Gebauer et al. 2006, Brouwer et al. 2004). 그러나 일반적으로 ω -6 지방산이 ω -3 지방산보다 10~50배 더 많이 섭취되어 심장병, 암, 염증, 면역관련 질병 등에 노출되고 있으며, 건강상 지방산의 섭취 비율이 1(ω -6) : 1(ω -3)~4 : 1이 가장 이상적인 것으로 알려져 있다(Dhakai 2011, Renaud 2002, Connor 2000 Mattson & Grundy 1985). 콩은 ω -3 지방산인 linolenic acid 함량이 낮고(8~9%), ω -6 지방산인 linoleic acid 함량은 7배 정도 높기 때문에 상대적으로 linolenic acid 함량을 높이고 linoleic acid의 함량을 낮추어 ω -3 지방산의 섭취를 높임으로써 필수지방산을 균형적으로 섭취할 필요가 있다(Renaud 2002). Linoleic acid (ω -6)와 linolenic acid (ω -3)와의 비율은 국내 콩 76개 품종의 평균은 4.8이었고 범위는 4.0~6.0이었고, 미국자원 29개의 평균은 5.5이었고 범위는 3.7~7.4이었다고 하였다(Dhakai et al. 2007). Chae (2013)는 고 linolenic acid 함량 자원을 선발하기 위하여 1208종의 국내 수집 야생콩을 평가하였는데 linolenic acid의 함량은 7.7~24.6%의 범위에 평균 15.4%이었다. 평가한 야생콩 자원 중 19개의 고 linolenic acid 함량의 야생콩(약 20% linolenic acid 함유)자원을 선발하였으며, 이 자원들은 다양한 재배환경 조건에서도 안정적이었다고 보고하였다. Linolenic acid (ω -3)는 linoleic acid (ω -6)와의 함량 균형비가 인간의 영양에 매우 중요하게 영향을 미치지만 linolenic acid의 함량이 높으면 산화안정성이 낮기 때문에 가공적성면에서는 매우 불리하다. Liu & White (1992)는 linolenic acid의 함량이 높으면 산화안정성이 낮기 때문에 가공적성면에서는 매우 불리하다고 하였다.

콩의 지방함량 뿐만 아니라 지방산의 함량과 조성은 콩 육종에서 품질개선과 가공적성 개선을 목표로 하는 경우 극히 중요한 유전적 개량의 대상이 된다. 국외, 특히 미국에서는 콩 지방의 함량 증대 및 지방산 변형 품종을 개발하기 위한 전통 육종 및 생명공학적인 방법에 의한 연구가 활발하지만 국내에서는 이에 대한 연구가 매우 미흡한 실정이다. 지방 및 지방산 변형 품종의 개발은 가공 및 이용용도에 따라 육종목표가 달라져야 할 것으로 생각되며, 무엇보다도 유용한 유전자원을 선발하고, 선발된 유전자원을 교배친으로서 효율적으로 이용하는 것이 필요하다. 따라서 본 연구는 국내외 콩 유전자원의 지방함량과 지방산 조성을 평가하여 가공적성이 높은 고품질 콩 품종육성의 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 연구에서 이용된 콩 유전자원은 379개로 농촌진흥청 농업유전자원센터로부터 한국육성품종 128종, 중국자원 214종을 분양 받았고, 경북대학교 식물유전육종연구실로부터 미국자원 37종을 분양 받았다. 시험재료는 충북대학교 농업생명환경대학 부속농장에 2007년 6월 15일에 파종하였다. 파종은 휴폭 60 cm × 주간 15 cm의 재식거리로 3립씩 파종하고, 출현 후 본엽 4-5엽기에 1주당 2본씩만 남기고 솎아주었다. 시비는 콩 전용복합비료(N : P₂O₅ : K₂O = 3-3-3.4)를 50 kg/10a의 비율로 전량 기비로 하였으며, 잡초방제를 위하여 metalochlor 유제를 300 cc/10a의 비율로 파종 직후 처리하였다. 생육기간 중 중경제초와 배토를 실시하였다. 콩이 성숙되고 포장에서 건조된 후에 수확하여 완전히 건조 후 탈립하여 -20°C의 냉동고에 저장하면서 분석시료로 사용하였다.

지방함량은 Soxhlet 장치를 이용하여 Piao et al. (2013)의 방법에 따라 분석하였다. 분쇄된 분말 3 g을 에틸에테르로 8시간을 추출하였고, 지방추출물은 50°C의 감압농축기를 이용하여 에틸에테르를 완전히 제거한 다음 수기를 건조기(105°C)에 1시간동안 건조시키고, 데시케이터에서 30분간 방냉한 다음 지방 무게를 칭량하였다.

지방산 조성 분석도 Piao et al. (2013)의 방법에 따라 분석하였다. GC (Agilent 6850)의 분석조건은 불꽃 이온화 검출기(flame ionization detector : FID)와 HP-INNOWAX 19091N-133 (30 m × 0.25 mm, 0.25 μ m) column을 사용하였다. oven의 초기 온도는 150°C에서 5분간 유지한 후 분당 5°C씩 상승시키고 230°C에서 유지하였다. 시료 주입구와 검출기의 온도는 각각 250°C에서 300°C를 유지시켰다. 이동상에 이용된 질소 가스는 분당 1.3 ml의 유속으로 유지하였으며, 주입량의 분할 비율은 50 : 1로 조절하고 시료 1 μ l를 주입하여 분석하였으며, 3반복으로 시험하였다. 지방함량과 지방산의 분석결과는 SAS (Version. 9.1)와 Excel 2007을 이용하여 통계분석을 하였으며, 유의성은 Duncan 검정을 하였다.

결과 및 고찰

콩 유전자원 379개의 지방함량 및 지방산 조성 변이는 Table 1과 같다. 지방함량은 평균 19.1%이었고 12.7~26.0%의 범위이었다. 지방산은 포화지방산 중에서 palmitic acid 함량의 조성은 평균 10.6% (4.1~18.1%)이었고, stearic acid

함량의 조성은 평균 2.9% (1.9~12.7%)로 지방산 중에서 가장 낮았으며, 불포화지방산 중에서 oleic acid의 함량의 조성은 평균 28.2% (15.3-56%), linoleic acid 함량의 조성은 51.2% (24.4~68.1%)로 지방산 중에서 함량이 가장 높았고, linolenic acid 함량의 조성은 평균 7.1% (3.4~11.1%)이었다. 포화지방산(palmitic +stearic acid) 함량의 조성은 평균 13.5% (6.7~21.7%)이었고, 불포화지방산(oleic + linoleic +

linolenic acid) 함량의 조성은 평균 86.5% (78.3~93.4%)이었다. 한편, linoleic(ω -6)/linolenic(ω -3)acid의 비율은 평균 7.5 (3.8~17.0%)다. 변이계수로 볼 때 지방과 지방산 조성중에서 linoleic(ω -6)/linolenic(ω -3)acid의 비율의 변이가 가장 컸고, 다음으로 oleic과 stearic acid의 변이가 컸으며, 불포화지방산의 변이가 가장 작았다.

콩 유전자원의 지방 함량 및 지방산 조성의 분포는 Fig. 1

Table 1. Mean, maximum and minimum values of oil contents and fatty acid compositions in soybean germplasm accessions.

Statistics	Oil	Fatty acid					SFA ^z	USFA ^y	Linoleic(ω -6)/ Linolenic(ω -3) ratio
		Palmitic acid	Stearic acid	Oleic acid	Linoleic acid	Linolenic acid			
		%							
Mean $\pm$ SD ^x	19.1 $\pm$ 1.9	10.6 $\pm$ 1.6	2.9 $\pm$ 0.7	28.2 $\pm$ 7.1	51.2 $\pm$ 6.1	7.1 $\pm$ 1.5	13.5 $\pm$ 1.8	86.5 $\pm$ 1.8	7.5 $\pm$ 2.0
Maximum	26.0	18.1	12.7	56	68.1	11.1	21.7	93.4	17.0
Minimum	12.7	4.1	1.9	15.3	24.4	3.4	6.7	78.3	3.8
C.V. (%)	9.9	15.2	22.2	25	11.9	21.2	13	2	26.4

^zSFA: Saturated fatty acids (Palmitic + Stearic)

^yUSFA: Unsaturated fatty acids (Oleic + Linoleic + Linolenic)

^xSD = Standard Deviation

Fig. 1. Frequency distribution of oil contents and fatty acid compositions in soybean germplasm accessions.

과 같다. 지방은 18~20%의 범위가 가장 많이 분포하였으며, 다음으로 20~22%의 범위가 많았고, 12~14%의 범위가 가장 적게 분포하였으며, 22.0~24.0%의 자원은 17개, 24~26%는 3개가 분포하였다. Palmitic acid 조성의 분포는 10~12%가 가장 많았고, 4~6%는 16개, 6~8%는 6개 및 16~18%는 2개이었다. Stearic acid 함량의 조성은 정규분포상에서 주로 좌측에 속하였는데 대부분이 4% 이하이었고, 4~6%와 12~13%가 각각 1개이었다. Oleic acid 함량의 조성은 25~30%의 범위가 116개로 가장 많았고, 다음으로 20~25%가 많았으며, 40~50%이상인 자원은 17개이었고, 50%이상인 자원은 4개이었다. Linoleic acid 함량의 조성 분포는 50~55%의 범위가 가장 많았고, 60~65%의 범위는 3개, 65%이상인 자원은 5개이었다. Linoleic acid 함량의 조성이 30%이하로서 낮은 자원은 3개로서 그 중에서 한국 육성품종인 광안콩이 24.4%로 가장 낮았다. Linolenic acid는 6~7%와 7~8%가 전체자원의 50.4%(191종)으로 많았고, 4%이하인 자원은 3개이었고, 4~5%인 자원은 18개이었고, 10%이상인 자원은 19개이었다. 포화지방산은 12~14% 범위에 233개(61.5%)로 가장 많이 분포하였고, 6~8%는 5개, 20~22%는 1개가 속하였다. 한편 불포화지방산의 함량의 조성은 34~37%의 범위가 가장 많았고, 다음으로 87~90%의 범위가 많았으며, 90%이상인 자원은 16개, 81%이하인 자원은 2개이었다. Linoleic acid(ω -6)/linolenic acid(ω -3)의 비율은 6~8%의 범위가 가장 많았고, 다음으로 8~10%의 범위가 많

았으며, 16~18인 자원은 4개이었고 3~6인 자원은 48개이었다.

콩 유전자원의 수집 및 도입 국가별로 지방함량과 지방산 조성의 평균과 범위는 Table 2와 같다. 지방함량은 중국자원이 평균 20%로 가장 높았고 범위는 14.0~26%이었고, 다음으로 미국자원이 평균 18.9%로 높았으며 범위는 12.7~21.6이었고, 한국자원이 평균 17.8%로 가장 낮았으며 그 범위는 13.3~20.8%이었다. Palmitic acid 함량의 조성은 한국자원이 높았고, 미국자원이 낮았으며 중국자원이 중간이었다. Stearic acid 함량의 조성은 미국자원이 높았으며, 중국자원이 가장 낮았고 한국자원이 중간이었다. Oleic acid 함량의 조성은 중국자원이 평균 29.2%로 가장 높았고 그 범위는 16.6~52.2%이었으며, 다음으로 미국자원이 평균 27.7%로 높았고 그 범위는 16.5~56%이었으며, 한국자원이 평균 26.5%로 가장 낮았고 범위는 15.2~55.9%이었다. Linoleic acid 함량의 조성은 미국자원이 평균 54.2%로 높았고 범위는 25.1~68.1%이었고, 한국과 중국자원간에는 평균함량간에는 차이가 없었다. Linolenic acid 함량의 조성은 한국자원이 8.2%로 높았고 그 범위는 5.8~11.1%, 다음으로 중국자원이 평균 6.6%로 높았으며 범위는 3.8~10.2%, 미국자원이 평균 6.3%로 낮았고 범위는 3.4~10.8%이었다. 포화지방산 함량의 조성은 한국자원이 가장 높았고, 다음으로 중국자원이 높았으며 미국자원이 낮았다. 불포화지방산 함량의 조성은 미국자원이 평균 88.2%로 가장 높았고 범위는 78.3~93.4%이었고, 다음

Table 2. Mean and range values of oil contents and fatty acid compositions by country of origin in soybean germplasm accessions.

Country	Statistics	Oil	Fatty acid					SFA ^z	USFA ^y	Linoleic(ω -6)/
			Palmitic acid	Stearic acid	Oleic acid	Linoleic acid	Linolenic acid			Linolenic(ω -3) acid ratio
----- % -----										
Korea n=128	Mean $\pm$ SD ^x	17.8 $\pm$ 1.5c ^w	11 $\pm$ 1.1a	3 $\pm$ 0.5b	26.5 $\pm$ 7.3c	51.2 $\pm$ 5.9b	8.2 $\pm$ 1.2a	14.1 $\pm$ 1.3a	85.9 $\pm$ 1.3c	6.3 $\pm$ 0.8c
	Range	13.3~20.8	7.5~13.1	2.0~4.4	15.2~55.9	24.4~59.9	5.8~11.1	9.6~16.4	83.6~90.4	3.8~8.4
China n=214	Mean $\pm$ SD	20.0 $\pm$ 1.9a	10.7 $\pm$ 0.8b	2.8 $\pm$ 0.4c	29.2 $\pm$ 6.5a	50.7 $\pm$ 5.3b	6.6 $\pm$ 1.1b	13.5 $\pm$ 1.0b	86.5 $\pm$ 1.0b	7.8 $\pm$ 1.0b
	Range	14.6~26.0	8.8~13.0	1.9~3.8	16.6~52.2	32.2~60.3	3.8~10.2	11.3~16.8	83.2~88.7	4.3~11.1
USA n=37	Mean $\pm$ SD	18.9 $\pm$ 1.9b	8.7 $\pm$ 4.1c	3.2 $\pm$ 1.7a	27.7 $\pm$ 1.0b	54.2 $\pm$ 10.3a	6.3 $\pm$ 2.2c	11.8 $\pm$ 4.3c	88.2 $\pm$ 4.3a	10 $\pm$ 4.7a
	Range	12.7~21.6	4.1~18.1	2.0~12.7	16.5~56.0	25.1~68.1	3.4~10.8	6.6~21.7	78.3~93.4	3.8~17.0
Total n=379	Mean $\pm$ SD	19.1 $\pm$ 1.9	10.6 $\pm$ 1.6	2.9 $\pm$ 0.7	28.2 $\pm$ 7.1	51.2 $\pm$ 6.1	7.1 $\pm$ 1.5	13.5 $\pm$ 1.8	86.5 $\pm$ 1.8	7.5 $\pm$ 2.0
	Range	12.7~26.0	4.1~18.1	1.9~12.7	15.2~56.0	24.4~68.1	3.4~11.1	6.6~21.7	78.3~93.4	3.8~17.0

^zSFA: Saturated fatty acids (Palmitic + Stearic acid)

^yUSFA: Unsaturated fatty acids (Oleic + Linoleic + Linolenic acid)

^xSD = Standard Deviation

^wMean separation within a column by Duncan's multiple range test, $p < 0.05$

으로 중국자원이 평균 86.5%로 높았으며 범위는 83.2~88.7%이었고, 한국자원이 평균 85.9%로 낮았으며 범위는 83.6~90.4%이었다. Linoleic acid(ω -6)/linolenic acid(ω -3)의 조성 비율은 미국자원이 평균 10.0으로 가장 높았고 범위

는 3.8~17.0으로 변이가 가장 컸으며, 다음으로 중국자원이 평균 7.8로 높았으며 범위는 4.3~11.1%이었고, 한국자원은 평균 6.3으로 가장 낮았으며, 범위는 3.8~8.4이었다.

콩 유전자원의 수집 및 도입 국가별로 지방 및 지방산 함량

Fig. 2. Frequency distribution of oil contents and fatty acid compositions by country of origin in soybean germplasm accessions.

에 따른 분포는 Fig. 2와 같다. 지방함량은 한국, 중국 및 미국자원 모두 18~20%의 범위가 많았고, 다음으로 20~22%의 범위가 많았다. 지방함량이 24.0~26%로 높은 고지방함량의 자원들은 미국이나 한국 자원은 없었고, 모두 중국 자원이었다. 대체로 도수분포도에서 한국 자원들은 주로 좌측에 분포하여 중국이나 미국 자원에 비하여 지방함량이 전반적으로 낮았고, 미국 자원은 전체 자원의 평균을 중심으로 좌우 대칭으로 분포한 반면에 중국 자원은 평균보다 우측에 많이 분포하였다. 이러한 결과는 중국의 고지방 품종 육성의 노력 결과이며, 유용한 유전자원을 이용한 고지방 품종 육성의 가능성이 높다는 것을 시사해 준다. Palmitic acid는 한국, 중국 자원은 10~12%의 범위에 많았고, 미국자원은 4~6% 범위에 많았다. Stearic acid는 한국, 중국 및 미국자원 모두 1~4%의 범위에 속하였다. Oleic acid는 한국과 미국자원은 20~25%, 중국자원은 25~30%에 많았고, 고 oleic acid 함량인 55~60%의 범위엔 미국자원이 많았고, 한국자원도 분포하였다. 저 oleic acid 함량인 15~20%는 한국자원이 가장 많았고, 다음으로 중국자원이 많았고, 미국자원이 적었다. Linoleic acid의 함량 조성은 한국자원과 중국자원은 50~55%, 미국자원은 55~60%가 가장 많았고, 고 linoleic acid 함량인 65~69%의 범위엔 모두 미국자원이 분포하였다. Linolenic acid의 함량은 한국자원은 7~8%, 중국자원은 6~7%에 가장 많이 분포하였고 미국자원은 5%이하에 많이 분포하였다. 포화지방산은 한국자원은 12~16%에 많이 분포하였고, 중국자원은 12~14%, 미국자원은 6~8%에 가장 많이 분포하였다. 불포화지방산은 한국 및 중국자원은 84~87%, 미국자원은 90~93%의 범위에 가장 많이 속하였다.

수집 및 도입 국가별로 linoleic acid(ω -6)/linolenic acid

(ω -3)의 조성 비율의 분포는 Fig. 3과 같으며, 한국, 중국 및 미국자원 모두 6~8의 범위에서 가장 많았고, 비율이 낮은 3~6의 범위에는 한국자원이 가장 많았고, 중국 및 미국자원도 분포하였으며, 12%이상은 모두 미국자원이 분포하였다.

본 연구에 이용된 총 379개의 자원 중에서 지방함량을 증가시키고, 가공 및 이용 용도별 양질 지방산 품종개발에 필요한 선발된 유용자원은 Table 3과 같다. 지방 함량이 높은 자원들은 대부분 중국자원이었는데 특히 Suinong 14, Dongnong 434 및 Dongnong 46은 지방함량이 25%이상으로 극히 높은 고지방 자원이었고, Suinong 14가 26.0%로 지방함량이 가장 높았다. 불포화지방산 중에서 Oleic acid의 함량 조성이 50% 이상인 자원은 미국자원인 KLG12073 (56%)와 KLG12074 (56%), 한국자원인 Kwangan (55.9%)과 Bonguei (50.9%), 중국자원인 Jilin 14 (52.2%)의 5개이었다. Linoleic acid 함량의 조성이 60%이상으로 높은 고 linoleic acid 함량자원은 미국자원인 KLG12083 (68.1%), KLG12081 (67%), KLG12082 (65.8%), KLG12080 (65.6%), KLG12088 (65.6%), KLG12086 (64.1%), KLG12092 (60.7%) 및 중국자원인 Tiefeng30 (60.3%)의 8개로서 KLG12083이 가장 높았다. Linolenic acid 함량의 조성이 4%이하로 낮은 자원은 미국자원인 KLG12093 (3.4%), KLG12096 (3.5%), KLG12097 (3.6%), KLG12095 (3.7%), KLG 12085 (3.8%), KLG 12087 (3.8%) 및 중국자원인 Jinong9705-3 (3.8%)의 7개이었다. Linoleic acid(ω -6)/linolenic acid(ω -3)의 비율이 4.5이하로 낮은 자원은 미국자원인 KLG12074 (3.8), KLG12073 (3.8), 한국자원인 Kwangan (3.8)과 Bonguei (4.5) 및 중국자원인 Dongnong 47 (4.3)의 5개이었다.

Fig. 3. Frequency distribution of linoleic(ω -6)/linolenic(ω -3)acid ratio by country of origin in soybean germplasm accessions.

Table 3. Useful resources selected based on oil contents and fatty acid compositions in soybean germplasm accessions.

Item	Resource	Oil	Fatty acid					SFA ^z	USFA ^y	Linoleic(ω -6)/ Linolenic(ω -3) acid ratio	Origin
			Palmitic acid	Stearic acid	Oleic acid	Linoleic acid	Linolenic acid				
----- %- -----											
High oil ($\geq 24\%$)	Suinong 14	26.0	11.7	2.8	34.7	46.6	4.2	14.5	85.5	11.1	China
	Dongnong 434	25.7	10.9	2.9	30.0	49.3	6.9	13.9	86.1	7.2	China
	Dongnong 46	25.0	10.7	2.7	24.8	51.7	10.2	13.3	86.7	5.1	China
High oleic acid ($\geq 50\%$)	KLG 12073	19.4	9.5	2.7	56.0	25.1	6.7	12.2	87.8	3.8	USA
	KLG 12074	20.1	9.6	2.7	56.0	25.1	6.7	12.3	87.7	3.8	USA
	Kwangan	15.2	10.1	3.1	55.9	24.4	6.4	13.2	86.8	3.8	Korea
	Jilin 14	17.8	8.8	2.7	52.2	32.2	4.2	11.5	88.5	7.7	China
	Bongeu	15.5	7.5	2.0	50.9	32.3	7.2	9.6	90.4	4.5	Korea
High Linoleic acid ($\geq 60\%$)	KLG 12083	17.6	4.6	3.5	19.2	68.1	4.6	8.1	91.9	14.9	USA
	KLG 12081	19.5	4.3	2.6	22.0	67.0	4.0	6.9	93.1	16.8	USA
	KLG 12082	20.0	4.1	2.8	23.2	65.8	4.1	6.8	93.2	15.9	USA
	KLG 12080	21.6	4.9	2.6	22.9	65.6	4.0	7.4	92.6	16.3	USA
	KLG 12088	16.3	4.1	2.8	22.8	65.6	4.7	6.9	93.1	13.8	USA
	KLG 12086	20.6	4.5	2.8	24.4	64.1	4.1	7.3	92.7	15.5	USA
	KLG 12092	19.7	5.5	2.8	24.8	60.7	6.1	8.4	91.6	10.0	USA
	Tiefeng 30	19.6	11.0	3.5	17.2	60.3	8.1	14.4	85.6	7.5	China
Low Linolenic acid ($\leq 4\%$)	KLG 12093	19.7	5.3	2.7	30.5	58.0	3.4	8.0	92.0	17.0	USA
	KLG 12096	20.8	8.7	2.6	27.6	57.6	3.5	11.3	88.7	16.5	USA
	KLG 12097	20.3	9.4	2.7	28.0	56.4	3.6	12.1	87.9	15.9	USA
	KLG 12095	20.7	7.8	2.5	26.9	59.1	3.7	10.4	89.7	16.0	USA
	KLG 12085	18.6	4.1	2.5	30.0	59.6	3.8	6.6	93.4	15.8	USA
	KLG 12087	19.0	4.2	2.7	32.4	56.9	3.8	6.9	93.1	15.1	USA
	Jinong 9705-3	22.1	10.0	3.0	46.4	36.8	3.8	13.0	87.0	9.7	China
Low linoleic(ω -6)/ linolenic(ω -3) acid ratio (≤ 4.5)	KLG 12074	20.1	9.6	2.7	56.0	25.1	6.7	12.3	87.7	3.8	USA
	KLG 12073	19.4	9.5	2.7	56.0	25.1	6.7	12.2	87.8	3.8	USA
	Kwangan	15.2	10.1	3.1	55.9	24.4	6.4	13.2	86.8	3.8	Korea
	Dongnong 47	21.3	12.9	3.3	29.2	44.3	10.2	16.2	83.8	4.3	China
	Bongeu	15.5	7.5	2.0	50.9	32.3	7.2	9.6	90.4	4.5	Korea

^zSFA: Saturated fatty acids (Palmitic + Stearic acid)^yUSFA: Unsaturated fatty acids (Oleic + Linoleic + Linolenic acid)

적 요

한국자원 128개와 중국자원 214개 및 미국자원 37개를 포함한 총 379개의 국내외 콩 유전자원에 대한 지방 함량과 지방산 조성을 평가하고 유용자원을 선발하여 고품질 콩 품종 개발의 기초자료로 활용코자 수행되었다. 한국자원과 중국자원은 농촌진흥청 농업유전자원센터로부터, 미국자원은 경북

대학교 식물유전육종연구실로부터 분양 받았다. 콩 유전자원의 지방함량은 평균 19.1%이었고, 12.7~26.0%의 범위이었고, 포화지방산인 palmitic acid의 함량은 평균 10.6%이었고 범위는 4.1~18.1%, stearic acid의 함량은 평균 2.9%이었고 범위는 1.9~12.7%이었다. 불포화지방산인 oleic acid의 함량은 평균 28.2%이었고 범위는 15.3~56%, linoleic acid의 함량은 평균 51.2%이었고 범위는 24.4~68%, linolenic acid

의 함량은 평균 7.1%이었고 범위는 3.4~11.1%이었다. linoleic (ω -6)/linolenic(ω -3) acid 함량의 비율은 평균 7.5이었고 범위는 3.8~17이었다. 포화지방산이 평균 13.5%이었고 범위는 6.7~21.7%, 그리고 불포화지방산의 함량은 평균 86.5%이었고, 범위는 78.3~93.4%이었다. 고지방품종 개발을 위한 지방함량이 25%이상인 고지방함량 자원으로는 중국자원인 Suinong 14, Dongnong 434 및 Dongnong 46의 3개이었다. Oleic acid 함량이 50%이상인 고 oleic acid함량 자원으로는 미국자원인 KLG12073과 KLG12074, 중국자원인 Jilin 14 및 한국자원인 Kwangan과 Bonguei의 5개이었고, linoleic acid의 함량이 60%이상인 고 linoleic acid 함량 자원으로는 미국자원 KLG12083과 KLG12081을 포함한 8개이었다. Linolenic acid의 함량이 4%이하인 저 linolenic acid 함량 자원으로는 미국자원 KLG12093와 KLG12096을 포함한 7개이었다. Linoleic acid(ω -6)/linolenic acid(ω -3)의 비율이 4.5이하로 낮은 자원은 미국자원 KLG12074 (3.8)와 KLG12073 (3.8), 한국자원 Kwangan (3.8)와 Bonguei (4.5) 및 중국자원 Dongnong 47 (4.3)의 5개이었다.

사 사

본 논문은 2013년도 충북대학교 학술연구비 및 두류유전 자원관리기관 사업비에 의하여 지원되었음.

REFERENCES

- Alt JL, Fehr WR, Welke GA, Sandhu D. 2005. Phenotypic and molecular analysis of oleate content in the mutant soybean line M23. *Crop Sci.* 45: 1997-2000.
- Brouwer IA, Katan MB, Zock PL. 2004. Dietary α -linolenic acid is associated with reduced risk of fatal coronary heart disease, but increased prostate cancer risk: A meta-analysis. *J. Nutr.* 134: 919-922.
- Chae JH. 2013. Selection of linolenic acid-enriched wild soybean (*Glycine soja* Sieb. & Zucc.) showing environmental stability. M.S thesis. pp. 35. The Graduate School of Kyungpook National University.
- Choi YM, Lee MC, Ro NY, Lee SY, Gwag JK, Yoon MS. 2014. Morphological characteristics and SSR profilings of soybean landraces of Korea. *Korean J. Breed. Sci.* 46: 353-363.
- Choung MG. 2006. Variation of oil contents and fatty acid compositions in Korean soybean germplasm. *Korean J. Crop Sci.* 51: 139-145.
- Connor WE. 2000. Importance of n-3 fatty acid in health and disease. *Amer. J. Clin. Nutr.* 71: 171S-175S.
- Dhakal KH, Jeong YS, Back IY, Kang NS, Yeo YK, Lee JD, Kang SM, Hwang YH. 2007. Variation in fatty acid composition of soybean oil among Korean and American soybean germplasms. *Korean J. Breed. Sci.* 39: 50-56.
- Dhakal KH. 2011. Stability and distribution of fatty acid during germination and seed development in soybean. Ph.D thesis. pp.80. Graduate School of Kyungpook National University.
- Fehr WR. 2007. Breeding for modified fatty acid composition in soybean. *Crop Sci.* 47: 72-87.
- Gebauer SK, Psota TL, Harris WS, Kris-Etherton PM. 2006. n-3 Fatty acid dietary recommendations and food sources to achieve essentiality and cardiovascular benefits. *Amer. J. Clin. Nutr.* 83: 1526S-1536S.
- Han WY, Park KY, Choung MG, Kim HT, Ko JM, Baek IY, Lee CY. 2008. Growth characteristics and qualities of Korean soybean landraces. *Korean J. Crop Sci.* 53: 89-95.
- Kim KC, Park EH. 2005. Variation of protein, oil contents and fatty acid composition of Korean wild soybean (*Glycine soja* Sieb. & Zucc.) seeds. *Korean J. Crop Sci.* 50: 118-122.
- Kim SD, Kim YH, Hong EH, Park EH. 1993. Agronomic characteristics of black soybean collections in Korea. *Korean J. Crop Sci.* 38: 432-436.
- Kim SH, Jung JH, Moon JK, Woo SH, Cho YG, Jong SK, Kim HS. 2006. Genetic diversity and relationship by SSR markers of Korean soybean cultivars. *Korean J. Crop Sci.* 51: 248-258.
- Kim SL, Lee YH, Chi HY, Lee SJ, Kim SJ. 2007. Diversity in lipid contents and fatty acid composition of soybean seeds cultivated in Korea. *Korean J. Crop Sci.* 52: 348-357.
- Lee JD, Bilyeu KD, Shannon JG. 2007. Genetics and breeding for modified fatty acid profile in soybean seed oil. *J. Crop Sci. Biotech.* 10: 201-210.
- Liu KS. 1999. Soybean: Chemistry, technology, and utilization. Aspen Publishers Inc. pp. 25-114.
- Liu HR, White PJ. 1992. Oxidative stability of soybean oils with altered fatty acid compositions. *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 69: 528-532.
- Mattson FH, Grundy SM. 1985. Comparison of effects of

- dietary saturated, monounsaturated, and polyunsaturated fatty acids on plasma lipids, and lipoproteins in man. J. Lipid Res. 25: 194-202.
20. Peng B, Zhang Q, Wang XF, Xiang SH, Zhang HS. 2001. Opinion about breeding for high oil soybean. Soybean Bulletin 4: 25. (Chinese version).
21. Renaud SC. 2002. The importance of the ratio of ω -6/ ω -3 essential fatty acids. Biomed. Pharmacotherapy 56: 365-379.
22. Sandhu D, Alt JT, Scherder CW, Fehr WR, Bhattacharyya MK. 2007. Enhanced oleic acid content in the soybean mutant M23 is associated with the deletion in the Fad2-1a gene encoding a fatty acid desaturase. J. Amer. Oil Chem. Soc. 84: 229-235.
23. Singh RJ, Hymowitz T. 1999. Soybean genetic resources and crop improvement. Genome 42: 605-616.
24. Tang LX. 2003. The research advance on soybean of Heilongjiang academy of agricultural sciences. Heilongjiang Agriculture Sciences 2: 32-34. (Chinese version).
25. Wang ZX. 2006. The influence of fertilizer on the yield and quality of soybean. Chinese Agricultural Science Bulletin 22: 169-172. (Chinese version).
26. Piao XM, Choi SY, Kim YH, Lee YH, Kim KS, Jang YS, So YS, Kim HS. 2013. Variety x location interaction on oil, fatty acids, tocopherols and phytosterols in Korean rapeseed (*Brassica napus* L.). Plant Breed. Biotech. 1: 91-101.