

국내 유통 콩의 지방함량 및 지방산 조성변이

김선림*[†] · 이영호* · 지희연* · 이선주** · 김시주*

*작물과학원, **건국대학교 생명환경과학대학

Diversity in Lipid Contents and Fatty Acid Composition of Soybean Seeds Cultivated in Korea

Sun-Lim Kim*[†], Yeong-Ho Lee*, Hee-Youn Chi*, Sun-Joo Lee**, and Si-Ju Kim*

*National Institute of Crop Science, R.D.A., Suwon 441-857, Korea

**Department of Applied Life Science, College of Life and Environment Science, Konkuk University, KwangJinKu HwaYangDong, Seoul 143-701, Korea

ABSTRACT The 117 soybeans seeds were collected from the nine provinces of Korea, and protein and lipid contents, and fatty acid composition levels were evaluated to investigate their relationship. The 100-seed weights of the black soybeans were varied 27.7~33.1 g, while the 100-seed weight of yellow soybeans were varied 24.6~36.6 g. Protein and lipid content of the 117 soybean seeds was 38.3% and 17.8%, respectively. Protein contents of the 59 black soybean seeds (38.6%) were significantly higher than those of the 58 yellow soybean seeds (37.9%). However, lipid contents of the black soybean seeds (17.6%) were lower than those of the yellow soybean seeds (18.1%). Linoleic and oleic acid composition levels of the 117 soybean seeds were 53.75% and 22.08%. Unsaturated fatty acid levels of soybean seeds showed a statistically significant variability among the nine provinces of Korea, however, the differences were not found in the linoleic (18:2) and oleic acid (18:1) levels. Therefore, it was considered that the significant variability of unsaturated fatty acid were mainly due to the variations of linolenic acid (18:3) level. The composition levels of linoleic, oleic, palmitic (16:0), and linolenic acid in the yellow soybean seeds were 53.43%, 22.73%, 12.23%, and 8.24%, while those of the black soybean seeds were 54.13%, 21.48%, 12.47%, and 8.31%. Obtained results suggested that fatty acid composition levels were varied and possibly influence by the phenotype of seed coat colors. Oleic acid, mono-saturated fatty acid, showed the most remarkable variability between yellow and black soybean seeds, and the composition levels were higher in the yellow soybean seeds. Relationship between unsatu-

rated fatty acid levels and 100-seed weights in the yellow soybean seeds showed a negative correlation ($r = -0.513$, $P < 0.01$), but no relationship ($r = 0.154^{ns}$) was observed in the black soybean seeds.

Keywords : soybean, seed coat color, protein, lipid, fatty acid

콩은 식물성 단백질 및 지방의 공급원으로 이용되고 있으며 콩의 품질 및 영양학적 가치는 콩의 종실에 함유된 단백질, 지방, 탄수화물을 비롯하여 이소플라본, 콩사포닌 등과 같은 각종 생리활성물질의 양과 종류에 따라 달라진다. 따라서 콩의 단백질 및 지방의 함량을 증대시키거나 콩의 품질뿐만 아니라 가공적성에 영향을 미치는 특정 단백질 및 지방산의 조성비의 개선은 오랫동안 육종의 목표가 되어왔다.

일반적으로 콩의 품질은 세가지 측면으로 평가되고 있는데, 첫째로는 콩의 시장성에 관련된 요인으로 종실의 크기, 모양 및 외관 등이 고려되고, 둘째로는 가공적성으로 수분흡수율, 비린내 유무 및 종피율 등이 고려되며, 셋째로는 영양학적 특성으로 단백질, 지방, 탄수화물 및 각종 기능성 성분 등이 고려되고 있다(Shanmugasundaram, 2001; Kim, 2002).

콩의 지방질은 단백질, 탄수화물 등과 함께 영양학, 생리학적으로 중요할 뿐만 아니라 칼로리 제공, 필수지방산, 지용성 비타민의 공급원이 되며 각종 식품에 특유의 풍미를 부여하고 가공적성 및 저장성에 기능적으로 중요한 역할을 담당하고 있다(Liu, 1999). 콩기름을 비롯한 각종 유지의 고유특성 및 산화안정성은 유지를 구성하고 있는 지방산의 종류 및 조성에 따라 달라진다(Neff *et al.*, 1999; Cahoon, 2003).

콩기름을 구성하고 있는 주요 성분은 트리글리세리드(tri-

[†]Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6886
(E-mail) kimsl@rda.go.kr <Received August 30, 2007>

glycerides)로서 콩기름의 약 90%를 차지하고 있으며 인지질, 유리지방산, 무기질 및 불검화물(unsaponifiable materials) 등이 함유되어 있고 주요 불검화물로는 토코페롤, 식물성 스테롤 등이 있다(Liu, 1999).

콩에는 약 21종의 glycerolipids가 존재하며 이들은 주로 지방산의 합성에 기본골격으로 제공된다(Wilson *et al.*, 2001). 콩의 지질은 상업적으로 매우 유용한 5종 이상의 지방산으로 구성되어 있는데, 이들 중 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 요인이 된다(Liu, 1999; Neff *et al.*, 1999; Cahoon, 2003).

지금까지 육종가들은 콩기름의 linoleic 및 linolenic acid의 함량을 줄이고 oleic acid의 함량을 증가시켜 산화안정성을 증가시키고 콩의 이용성 및 용도를 다양화하기 위해 콩의 지방산 조성을 개선하려는 노력을 지속하고 있다(Rahman *et al.*, 2001; Wilson *et al.*, 2001; Bilyeu *et al.*, 2003; Spencer *et al.*, 2004).

세계는 지금 환경오염 및 지구온난화에 주요 원인이 되고 있는 화석연료의 소비량을 줄이고자 친환경적 대체연료 개발의 중요성을 강조하고 있다(Demirbas, 2007). 따라서 각종 biomass나 농부산물들은 유망한 에너지원으로 평가되고 있을 뿐만 아니라 bioethanol 및 biodiesel의 개발에 관련된 연구 분야 및 관련 산업이 활성화 되고 있다(Demirbas, 2007; Roberto *et al.*, 2007; Fernando *et al.*, 2007). 급후 종래에 사용해 오던 각종 화석연료의 사용에 관한 국제적 규제가 대폭 강화될 것이며 에너지를 전략적으로 무기화 하려는 움직임이 더욱 심화될 것이므로 이와 같은 국제 정세를 고려 할 때 콩은 대체에너지인 바이오디젤의 개발에 매우 유용한 식물자원으로 평가되고 있으며 국내외 많은 과학자들로부터 관심의 대상이 되고 있다

최근 웰빙을 추구하는 사회적 현상으로 건강에 대한 관심 뿐만 아니라 의식주 전반에 걸쳐 많은 변화가 일어나면서 콩은 영양학적 가치뿐만 아니라 건강 기능성식품으로 인식되어 콩의 수요가 증가되고 있다. 그러나 우리나라는 사료용을 포함한 콩의 총 수요량 중 90%이상을 수입에 의존하고 있고, 식용콩의 자급율도 35%에 불과하며 수입콩이 국산콩의 40~66%수준으로 경매되고 있어 국제경쟁력이 낮은 실정이다. 따라서 국산콩의 우수성을 입증하고 수입콩에 대응하기 위한 품질차별화 전략을 위해서는 소비자들이 원하는 방향으로 용도별 가공적성을 확립하고 이에 적합한 고품질의

신품종을 육성할 필요가 있다.

따라서 본 실험은 국내에서 유통되고 있는 콩의 단백질, 지방함량 및 지방산 조성의 변이를 검토하여 국내 콩 자원의 이용성 증진과 고품질의 국산콩 생산기반 구축 및 특산단지 조성을 위한 기초 자료로 활용하고자 실시하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 콩은 2004년에 전국에서 재배 생산되어 시중에 유통 판매되고 있는 콩을 대상으로 2005년도에 각 도별 단위농협을 직접 방문하여 국산재배종임을 확인하고 구입하였는데, 수집된 콩은 총 117종으로 종피색으로 분류하였을 때 황색콩이 58종 검정콩이 59종이었다.

단백질 및 지방 함량

단백질, 지방함량 및 지방산 조성을 분석하기 위하여 수집된 시료를 test mill(Brabender, Germany)로 1.0 mm 체를 장착하여 분쇄하였다.

단백질의 분석은 Kjeldahl분석법에 따라 Kjeltac 2400 auto analyzer(Foss Tecator, Huddinge, Sweden)로 지방의 함량은 Soxtherm Automatic System(Gerhardt Soxtherm 2000, Hoffmannstre, Germany)으로 분석을 하였다. 즉, 곱게 마쇄된 콩 분말 2.0 g을 extraction thimble에 담고 n-hexane 140 mL와 비등석을 함께 넣고 extraction thimble이 용매에 잠긴 상태로 180°C에서 30분간 가열하여 시료의 조지방을 용출시킨 후 80분 동안 5회에 걸쳐 추출용매를 수거하였다. 그 후 용출된 조지방을 담고 있는 수기를 105°C에서 1시간 건조시킨 후 방냉하여 수기에 남아있는 추출물의 무게를 측정하여 조지방의 함량을 구하였다.

지방산 조성 분석

지방산 조성의 분석은 Rafael & Mancha(1993)의 방법을 일부 변형하여 300 mg의 분말시료에 methanol : heptane : benzene : 2,2-dimethoxypropane : H₂SO₄(37:36:20:5:2, v/v)로 조제된 용액을 가하고 80°C로 가열하여 digestion 및 lipid transmethylation이 동시에 이루어 질수 있도록 하였다. 가열이 끝난 single phase는 상온에서 냉각 후 fatty acid methyl esters(FAMES)를 함유하고 있는 상등액을 취하여 capillary GC에 주입하였다. 지방산 분석에 사용된 GC system은 HP 6890 system 불꽃이온화검출기(Flame Ionization Detector : FID, HP Co., USA)이었고, HP-Innowax capillary(Cross-

linked polyethylene glycol) column(0.25 μm i.d. \times 30 m) 을 사용하였다. 분석조건으로는 initial temperature 150 $^{\circ}\text{C}$, final temperature 280 $^{\circ}\text{C}$ 로서 분당 4 $^{\circ}\text{C}$ 씩 증가되도록 하였고, carrier gas로서 N_2 를 분당 1.0 ml을 흘려주었다. 분석이 진행되는 동안 injector와 detector의 온도는 각각 250 $^{\circ}\text{C}$ 및 300 $^{\circ}\text{C}$ 가 유지되도록 하였다. 표준 FAME mix(C14-C22)는 Supelco사(Bellefonte, USA) 제품을 사용하였다.

통계분석

본 시험을 통하여 얻어진 결과는 SAS 프로그램(Ver. 8.0, Statistical Analysis Systems Institute Inc., Raleigh, NC, USA) 을 이용하여 결과를 분산분석하였다.

결과 및 고찰

국내 유통 콩의 100립중, 단백질 및 지방함량 변이

국내에서 재배 생산되어 시중에 유통·판매되고 있는 콩을 지역별로 117종을 수집하여 이들의 백립중 변이를 검토한 결과는 Fig. 1과 같다.

황색콩의 백립중은 24.6~36.6 g(평균 28.6 g)의 변이를 보였으며 경북지역에서 수집된 콩의 백립중이 가장 무거웠다. 검정콩의 경우 백립중이 27.7~33.1 g(평균 31.2 g) 범위를 나타내었고, 충남지역에서 수집된 검정콩의 백립중이 가장 무거웠다. 그러나 Fig. 1에서 보는 바와 같이 황색콩과 검정콩 모두 백립중 편차의 폭이 매우 커 수집된 콩의 크기가 매우

다양함을 알 수 있었다. 최근 검정콩의 기능성 및 생리활성의 우수성이 입증되면서 이를 이용한 각종 음료, 장류, 두유 및 두부의 원료로 국내 소비량이 급격하게 증가되고 있다(Kim *et al.*, 2005). 검정콩은 흑태, 서리태 및 서목태 등으로 불려져 왔는데, 흑태는 검정콩 가운데서도 크기가 가장 크며, 콩밥이나 콩자반 등에 사용된다. 서리태는 녹자엽으로 속칭이라 불렸으며, 콩떡이나 콩자반, 콩밥 등에 사용되어 왔다. 서목태는 종실이 마치 쥐눈처럼 작기 때문에 쥐눈이콩이라고 하는데 지금도 한방에서 약재로 사용되기 때문에 약콩으로도 불리고 있다. 검정콩은 이용적 측면에서 특수용도 콩으로 분류되어 품종이 개량되고 있으며 시중에 유통시 황색콩에 비하여 가격이 2배 이상 높기 때문에 재배농가에 새로운 소득원으로 평가되고 있다. 전국 각 지역에서 수집된 콩을 살펴볼 때 검정콩의 백립중 및 종실의 크기가 황색콩에 비하여 비교적 높은 경향을 보였는데, 제주도 및 경북지역을 제외한 모든 지역에서 수집된 검정콩의 백립중이 황색콩에 비하여 높은 것으로 나타났다.

Table 1은 수집콩을 종피색으로 분류하여 단백질 및 지방 함량을 분석한 결과를 나타낸 것이다. 단백질 함량의 경우 수집콩 117종의 평균은 38.3%의 함량변이를 나타내었으며 강원지역에서 생산된 콩의 평균이 40.0%로서 단백질 함량이 가장 높은 것으로 나타났다. 수집된 콩을 종피색으로 구분하여 단백질 함량의 변이를 검토하여 볼 때 황색콩의 58종의 평균은 37.9%이었고, 강원지역에서 생산된 콩이 39.1%로 단백질 함량이 가장 높았으며 검정콩의 경우 59종의

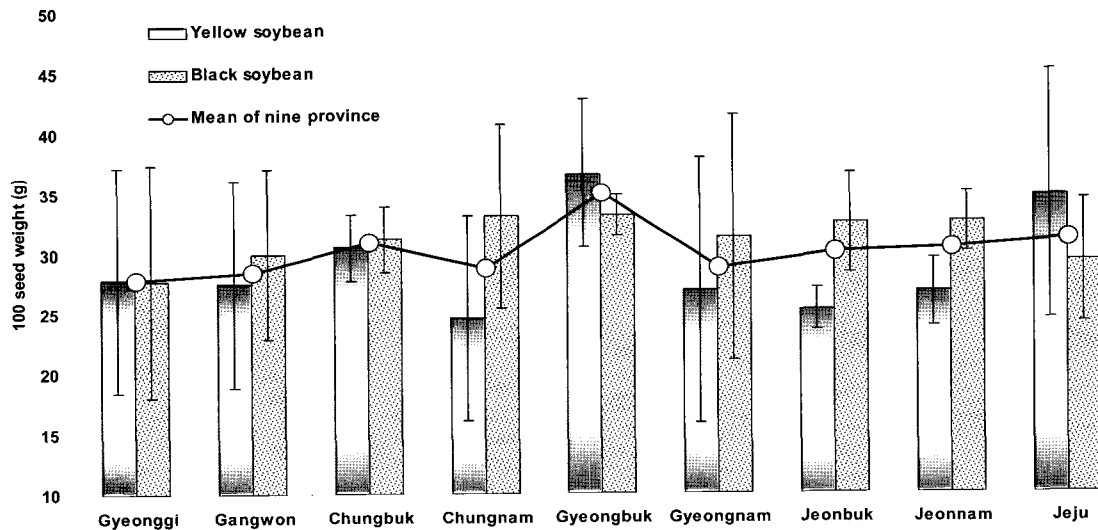


Fig. 1. Variation of 100-seed weight of the yellow and black soybeans collected from the nine provinces of Korea.

Table 1. Variation of protein and oil contents of the yellow and black soybeans collected from the nine provinces of Korea.

Province	Collected soybeans		Protein (%)			Lipid (%)		
	Yellow	Black	Mean of province	Yellow	Black	Mean of province	Yellow	Black
Gyeonggi	7	5	38.2 ^{ba}	38.8 ^a	37.9 ^{dc}	16.4 ^c	16.6 ^d	16.3 ^b
Gangwon	17	13	40.0 ^a	39.1 ^a	40.9 ^a	17.8 ^{ba}	17.7 ^{bdac}	17.8 ^{ba}
Chungbuk	7	10	37.7 ^{ba}	37.5 ^a	37.9 ^{dc}	16.8 ^{bc}	17.2 ^{dc}	16.5 ^b
Chungnam	4	4	36.8 ^b	37.3 ^a	36.4 ^d	18.1 ^a	18.2 ^{bdac}	18.0 ^{ba}
Gyeongbuk	5	8	38.1 ^{ba}	38.4 ^a	37.9 ^{dc}	18.6 ^a	19.4 ^a	18.1 ^{ba}
Gyeongnam	8	6	38.7 ^{ba}	37.9 ^a	40.1 ^{ba}	18.6 ^a	18.1 ^{ba}	17.8 ^{ba}
Jeonbuk	4	5	36.3 ^b	35.3 ^b	38.7 ^{bc}	17.6 ^{bac}	17.6 ^{bdac}	17.6 ^{ba}
Jeonnam	3	5	36.8 ^b	36.8 ^a	36.8 ^{dc}	18.9 ^a	18.9 ^{bac}	19.1 ^a
Jeju	3	3	38.0 ^{ba}	38.1 ^a	37.8 ^{dc}	18.9 ^a	18.7 ^{bac}	19.0 ^a
Mean of nine province ± SD			38.3±2.6	37.9±3.2	38.6±2.1	17.8±1.6	18.1±1.3	17.6±1.7

Column values with the same letters are not significantly different at $p \leq 0.05$.

평균이 38.6%로서 강원지역에서 수집된 콩이 40.9%로 단백질 함량이 가장 높았다.

국내 유통 콩의 지방 함량은 117종의 평균이 17.8%의 변이를 나타내었으며 전남 및 제주지역에서 생산된 콩이 18.9%로 지방 함량이 가장 높은 것으로 나타났다.

일반적으로 콩의 단백질과 지방함량은 유전자형과 재배 온도 및 토양비옥도 등 각종 재배환경에 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 특히 재배환경은 품종고유의 유전자의 발현에 영향을 미칠 뿐만 아니라 단백질 및 지방의 합성경로를 조절하여 이들의 함량이나 구성성분의 조성비에 지대한 영향을 미친다고 한다(Howell & Collins, 1957; Wolf *et al.*, 1982; Cherry *et al.*, 1985; Gibson & Mullen, 1990; Ohlrogge & Jaworski, 1997; Ohtake *et al.*, 2001).

본 실험의 결과 우리나라 전역에서 수집된 콩 117종의 평균 지방 함량은 17.8%로서 Choung(2006) 및 Yoon *et al.* (1984)이 보고한 비극성 용매로 추출한 우리나라 콩 장려품종의 지방 함량이 약 18%를 나타낸다는 보고와 일치하는 경향이였다. Choung(2006)은 우리나라 콩 주요품종 46계통의 지방 함량을 검토한 결과 이들이 15.8%~20.3%(평균 18.2%)의 함량변이를 나타내었으며, 이들 중 지방 함량이 가장 낮은 품종은 1986년에 육성된 보광콩이, 가장 높은 품종은 2000년에 육성된 세별콩이라 하였고, Yoon *et al.*(1984)은 콩 도입품종은 약 20%의 지방이 함유되어 있으나 우리나라 콩 주요 품종은 도입에 비해 다소 높은 지방 함량을 나타낸다고 보고한 바 있다.

수집된 콩을 종피색으로 구분하여 지방 함량의 변이를 검토하여 볼 때 황색콩의 전국평균은 18.13%이었고, 경북지

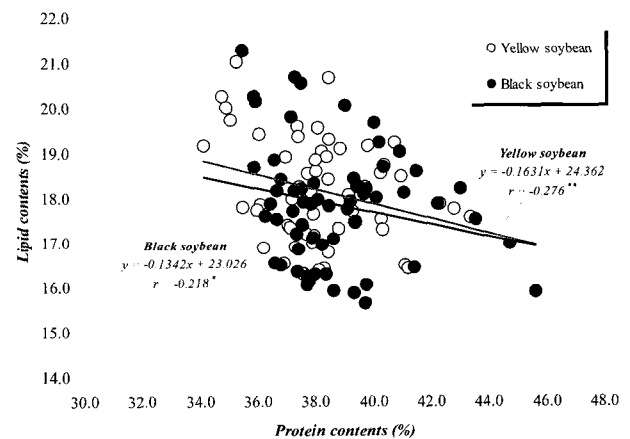


Fig. 2. Relationship between 100-seed weight and unsaturated fatty acid levels in the yellow and black soybean seeds collected from the nine provinces of Korea.

역에서 생산된 콩이 19.4%로 지방 함량이 가장 높았으며, 검정콩은 전국평균이 17.6%이고 전남지역에서 수집된 콩이 19.1%로 지방 함량이 가장 높은 것으로 나타났다. 따라서 얻어진 결과를 종합적으로 볼 때 우리나라 전역에서 생산되고 있는 콩은 백립종, 단백질 및 지방 함량의 변이가 매우 크다는 사실을 알 수 있었으며 백립종 및 단백질 함량은 검정콩이 황색콩에 비하여 비교적 높은 경향이지만 지방 함량은 황색콩이 검정콩에 비하여 함량이 높음을 알 수 있었다.

우리나라에서 수집된 콩의 지방함량과 단백질함량과의 관계를 종피의 색으로 구분하여 이들의 상관관계를 살펴본 결과는 Fig. 2와 같다.

일반적으로 단백질과 지방은 콩의 가장 중요한 구성성분

으로서 이들의 함량간에는 부의 상관이 있는 것으로 인식되고 있다. 본 시험의 결과에서도 단백질함량과 지방함량 간에는 유의한 부상관이 인정되었으며, 이들의 관계는 황색콩의 경우 $r = -0.276 (p < 0.05)$, 검정콩의 경우 $r = -0.218 (p < 0.05)$ 로 각각 나타났다.

지역별 수집 콩의 지방산 조성 변이

Table 2는 국내 지역별 유통 콩의 지방산 조성 및 변이를 나타낸 것이다. 표에서 보는 바와 같이 국내에서 지역별로 생산, 유통되고 있는 콩 117종의 지방산 조성을 검토한 결과 지방산 수준은 linoleic(18:2) > oleic(18:1) > palmitic(16:0) > linolenic(18:3) > stearic(18:0) > arachidic(20:0) > myristic(14:0) > benhenic acid(22:0) 순으로 높게 나타났으며 이와 같은 결과는 Choung (2006) 및 Yoon *et al.*(1984)의 결과와 일치하였다. 이들 중 linoleic acid가 53.75%, oleic acid가 22.08%로서 수집콩 지방산조성의 약 75.83%를 차지하고 있는 것으로 나타났다.

콩의 생식생장 기간 중 토양의 수분이 충분하면 종실내 지방함량이 증가할 뿐만 아니라 지방산의 조성에도 영향을 미친다고 한다. 특히 oleic acid 함량의 증감은 다불포화 지방산인 linoleic 및 linolenic acid의 변화와 밀접한 관계가 있으며 이들의 변화는 재배온도 및 광조건에 민감한 desaturase의 활력과도 밀접한 관계가 있는 것으로 보고되고 있다(Bilyeu *et al.*, 2003).

본시험에 사용된 지역별로 수집된 콩은 재배기간 동안 처해있던 환경조건을 알 수 없었기 때문에 기존의 연구결과들

과 본 시험에 얻어진 결과를 직접 비교할 수는 없으나 불포화지방산 수준은 수집 지역에 따라 통계적으로 유의차가 있는 것으로 나타났다. 그러나 linoleic acid 및 oleic acid가 수집지역에 따른 통계적 유의차를 보이지 않았기 때문에 불포화지방산 수준의 지역간 차이는 주로 linolenic acid의 변이에 기인한 것으로 판단되었다.

콩의 종실에 불포화지방산의 함량이 낮을 경우 콩 종자의 수명을 연장시킬 뿐만 아니라 열에 대한 안정성이 증가되어 식품은 물론 공업적 원료로도 사용이 가능하다. 콩기름을 비롯한 각종 유지에 수소의 첨가반응을 유도하여 다불포화 지방산의 함량을 인위적으로 감소시키면 상온조건에서도 유지의 안정성을 증가시킬 수 있으나 상대적으로 트랜스지방(trans-fats)이 다량 증가되어 결과적으로 인체에 유해하게 작용하기 때문에 많은 문제점이 제기되고 있다(Mensink & Katan, 1990). Stearic acid의 함량이 증가된 콩기름은 상온 조건에서도 저장성의 안정성이 증가되기 때문에 금후 이와 같은 특성을 가진 신제품의 육성이나 재배법 개발에 따른 품질의 개선이 요구된다(Neff & List, 1999; Spencer *et al.*, 2004).

국내 유통 황색콩과 검정콩의 지방산 조성 변이

전국에서 지역별로 수집된 콩을 황색콩과 검정콩으로 구분하여 지방산 조성의 변이를 각각 검토한 결과는 Table 3과 같다.

황색콩과 검정콩의 지방산 조성비는 콩의 종류에 따른 차이를 보였는데, 황색콩의 불포화지방산 비율이 84.40%였으

Table 2. Variation of fatty acid composition in soybean seeds collected from the nine provinces of Korea.

Province	Collected soybeans	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0	C22:0	SFA	USFA
Gyeonggi	12	0.12 ^a	12.11 ^b	3.94 ^a	21.32 ^a	53.77 ^a	8.32 ^{ba}	0.37 ^c	0.05 ^c	16.58 ^{ba}	83.42 ^{ed}
Gangwon	30	0.11 ^{ba}	12.12 ^b	2.67 ^{dc}	23.06 ^a	53.18 ^a	8.48 ^{ba}	0.32 ^{cb}	0.06 ^{cb}	15.28 ^{ecd}	84.72 ^{bac}
Chungbuk	17	0.13 ^a	12.59 ^{ba}	3.18 ^{dc}	21.17 ^a	54.36 ^a	8.10 ^{ba}	0.37 ^a	0.11 ^a	16.38 ^b	83.62 ^d
Chungnam	8	0.13 ^a	12.10 ^b	3.52 ^{ba}	20.58 ^a	54.62 ^a	8.60 ^{ba}	0.38 ^b	0.07 ^b	16.21 ^{bc}	83.79 ^{dc}
Gyeongbuk	13	0.13 ^a	12.22 ^b	2.67 ^{dc}	20.60 ^a	55.70 ^a	8.36 ^{ba}	0.27 ^c	0.05 ^c	15.33 ^{cd}	84.67 ^{bc}
Gyeongnam	14	0.11 ^{ba}	12.00 ^b	2.71 ^{dc}	24.04 ^a	52.93 ^a	7.87 ^b	0.30 ^c	0.05 ^c	15.16 ^{ed}	84.84 ^{ba}
Jeonbuk	12	0.09 ^{ba}	13.18 ^a	2.43 ^d	22.36 ^a	52.81 ^a	8.75 ^a	0.33 ^c	0.05 ^c	16.08 ^{bdc}	83.92 ^{bdc}
Jeonnam	8	0.07 ^b	11.85 ^b	2.10 ^d	23.77 ^a	54.06 ^a	7.80 ^b	0.29 ^c	0.05 ^c	14.37 ^c	85.63 ^a
Jeju	6	0.13 ^a	13.09 ^a	3.85 ^a	21.81 ^a	52.33 ^a	8.48 ^{ba}	0.25 ^c	0.05 ^c	17.38 ^a	82.62 ^e
Mean of nine province ± SD		0.11±0.02	12.36±0.48	3.01±0.65	22.08±1.31	53.75±1.06	8.31±0.32	0.32±0.05	0.06±0.02	15.86±0.91	84.14±0.91

Column values with the same letters are not significantly different at $p \leq 0.05$

Table 3. Variation of fatty acid composition in the yellow and black soybean seeds collected from the nine provinces of Korea.

Color	Province	No of collection	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0	C22:0	SFA	USFA
Yellow	Gyeonggi	7	0.10 ^{cb}	11.91 ^b	4.03 ^a	20.36 ^a	54.65 ^a	8.51 ^a	0.40 ^a	0.05 ^c	16.48 ^b	83.52 ^c
	Gangwon	17	0.09 ^{cbd}	12.08 ^b	2.43 ^{cb}	24.12 ^a	52.23 ^a	8.69 ^a	0.32 ^{ba}	0.06 ^{cb}	14.97 ^d	85.03 ^a
	Chungbuk	7	0.10 ^{cb}	12.11 ^b	2.80 ^b	23.66 ^a	52.69 ^a	8.17 ^a	0.36 ^{ba}	0.10 ^a	15.47 ^{cbd}	84.53 ^{bac}
	Chungnam	4	0.11 ^b	12.07 ^b	3.78 ^a	19.92 ^a	55.30 ^a	8.33 ^a	0.42 ^a	0.07 ^b	16.45 ^{cb}	83.55 ^{bc}
	Gyeongbuk	5	0.08 ^{cd}	12.48 ^{ba}	2.36 ^{cb}	20.29 ^a	56.13 ^a	8.36 ^a	0.25 ^b	0.05 ^{cb}	15.23 ^{cd}	84.77 ^{ba}
	Gyeongnam	8	0.09 ^{cbd}	11.89 ^b	2.52 ^{cb}	24.64 ^a	52.74 ^a	7.78 ^a	0.29 ^b	0.05 ^c	14.84 ^d	85.16 ^a
	Jeonbuk	4	0.08 ^{cbd}	12.37 ^{ba}	1.65 ^c	24.21 ^a	53.23 ^a	8.07 ^a	0.32 ^{ba}	0.06 ^{cb}	14.49 ^d	85.51 ^a
	Jeonnam	3	0.07 ^d	11.89 ^b	2.14 ^{cb}	25.80 ^a	51.85 ^a	7.92 ^a	0.28 ^b	0.05 ^c	14.43 ^d	85.57 ^a
	Jeju	3	0.14 ^a	13.31 ^a	4.30 ^a	21.55 ^a	52.03 ^a	8.37 ^a	0.25 ^b	0.05 ^{cb}	18.05 ^a	81.95 ^d
	Mean of nine province ± SD		0.10±0.02	12.23±0.45	2.89±0.92	22.73±2.21	53.43±1.55	8.24±0.29	0.32±0.06	0.06±0.02	15.60±1.19	84.40±1.19
Black	Gyeonggi	5	0.14 ^{ba}	12.31 ^b	3.86 ^a	22.29 ^a	52.89 ^a	8.13 ^{bc}	0.34 ^{bac}	0.04 ^c	16.69 ^{ba}	83.31 ^{bc}
	Gangwon	13	0.13 ^{ba}	12.19 ^b	3.03 ^{ba}	21.48 ^a	54.60 ^a	8.18 ^{bac}	0.33 ^{bac}	0.06 ^{cb}	15.74 ^{bc}	84.26 ^{ba}
	Chungbuk	10	0.15 ^{ba}	13.06 ^{ba}	3.56 ^{ba}	18.67 ^a	56.02 ^a	8.03 ^{bc}	0.39 ^a	0.12 ^a	17.28 ^a	82.72 ^c
	Chungnam	4	0.14 ^{ba}	12.19 ^b	3.34 ^{ba}	20.81 ^a	54.36 ^a	8.74 ^{ba}	0.35 ^{ba}	0.08 ^b	16.10 ^{ba}	83.90 ^{bc}
	Gyeongbuk	8	0.17 ^a	12.06 ^b	2.86 ^{bc}	20.80 ^a	55.44 ^a	8.36 ^{bac}	0.28 ^{bc}	0.05 ^c	15.40 ^{bc}	84.60 ^{ba}
	Gyeongnam	6	0.12 ^{ba}	12.14 ^b	2.96 ^{bac}	23.24 ^a	53.19 ^a	7.99 ^{bc}	0.31 ^{bac}	0.05 ^{cb}	15.58 ^{bc}	84.42 ^{ba}
	Jeonbuk	5	0.09 ^{ba}	13.59 ^a	2.82 ^{bc}	21.44 ^a	52.60 ^a	9.08 ^a	0.34 ^{bac}	0.05 ^{cb}	16.88 ^{ba}	83.12 ^{bc}
	Jeonnam	5	0.07 ^b	11.82 ^b	2.08 ^b	22.55 ^a	55.39 ^a	7.73 ^c	0.30 ^{bc}	0.05 ^{cb}	14.33 ^c	85.67 ^a
	Jeju	3	0.12 ^{ba}	12.88 ^{ba}	3.41 ^{ba}	22.08 ^a	52.63 ^a	8.59 ^{bac}	0.25 ^c	0.04 ^c	16.71 ^{ba}	83.29 ^{bc}
	Mean of nine province ± SD		0.13±0.03	12.47±0.58	3.10±0.52	21.48±1.33	54.13±1.33	8.31±0.42	0.32±0.04	0.06±0.02	16.08±0.92	83.92±0.92

Column values with the same letters are not significantly different at $p \leq 0.05$

나 검정콩은 83.92%로 나타나 황색콩의 불포화지방산 비율이 검정콩에 비하여 다소 높은 경향을 보였다.

각 지방산별로 수집콩의 특성을 볼 때 황색콩의 linoleic, oleic, palmitic, linolenic acid의 비율은 각각 53.43%, 22.73%, 12.23% 및 8.24%였으나 검정콩은 54.13%, 21.48%, 12.47% 및 8.31%로 나타나 종피색에 따른 지방산 조성에 차이가 있음을 알 수 있었다. Myristic, palmitic, stearic, arachidic, benhenic acid는 황색콩과 검정콩 모두 수집지역에 따른 지방산 조성에 차이가 있는 것으로 나타났다. 다불포화 지방산인 linolenic acid의 경우 황색콩은 수집지역에 따른 지방산 조성비에 차이를 나타내지 않았으나 검정콩은 수집지역에 따른 지방산 조성비에 통계적 유의차를 보였다.

콩의 포화지방산은 기상조건이 다른 조건에서 재배되었을 지라도 이들의 조성비는 비교적 안정적이어서 뚜렷한 변화를 보이지는 않는 것으로 알려져 있으나(Wolf *et al.*, 1982; Ohtake *et al.*, 2001; Cherry *et al.*, 1985) 불포화 지방산의 경우 재배환경에 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 따라서 비

교적 기온이 낮은 조건에서 재배된 콩은 다불포화 지방산인 linoleic acid와 linolenic acid의 함량이 증가되며 단순불포화 지방산인 oleic acid는 비교적 기온이 높은 지역에서 재배되었을 경우 함량이 증가된다고 한다(Howell & Collins, 1957; Wolf *et al.*, 1982; Cherry *et al.*, 1985). 그 원인으로 oleoyl, linoleoyl desaturases의 활력(Cheesebrough, 1989), cytoplasm 내 O₂의 용해도 증가(Wolf *et al.*, 1982) 및 광질이 지방산의 합성에 중요한 역할을 하기 때문인 것으로 보고되고 있다(Britz & Cavins, 1993).

그러나 우리나라의 농업기후대의 특성에 따른 지역별 기온의 변화를 고려하고 본 실험에서 얻어진 결과를 기존의 보고들과 비교하여 볼 때 다소 그 결과가 상이하였으나 본 실험을 위한 시료가 수집된 지역의 지리적 사정을 고려해 본다면 얻어진 결과가 기존의 연구결과들과 일치함을 알 수 있었다. 그러나 금후 이와 관련한 연구가 지속적이고 보다 구체적으로 검토되어야 할 필요성이 인정되었다.

Fig. 3은 전국에서 지역별로 수집된 황색콩 58종과 검정

콩 59종의 지방산을 분석하여 이들의 조성비를 최소값~최대값까지 분포시켰을 때의 모습을 나타낸 것이다. 그림에서

보는 바와 같이 전국에서 수집된 콩의 지방산의 조성비는 oleic acid의 경우 종피색에 따라 가장 뚜렷한 변이를 보였는데, 황

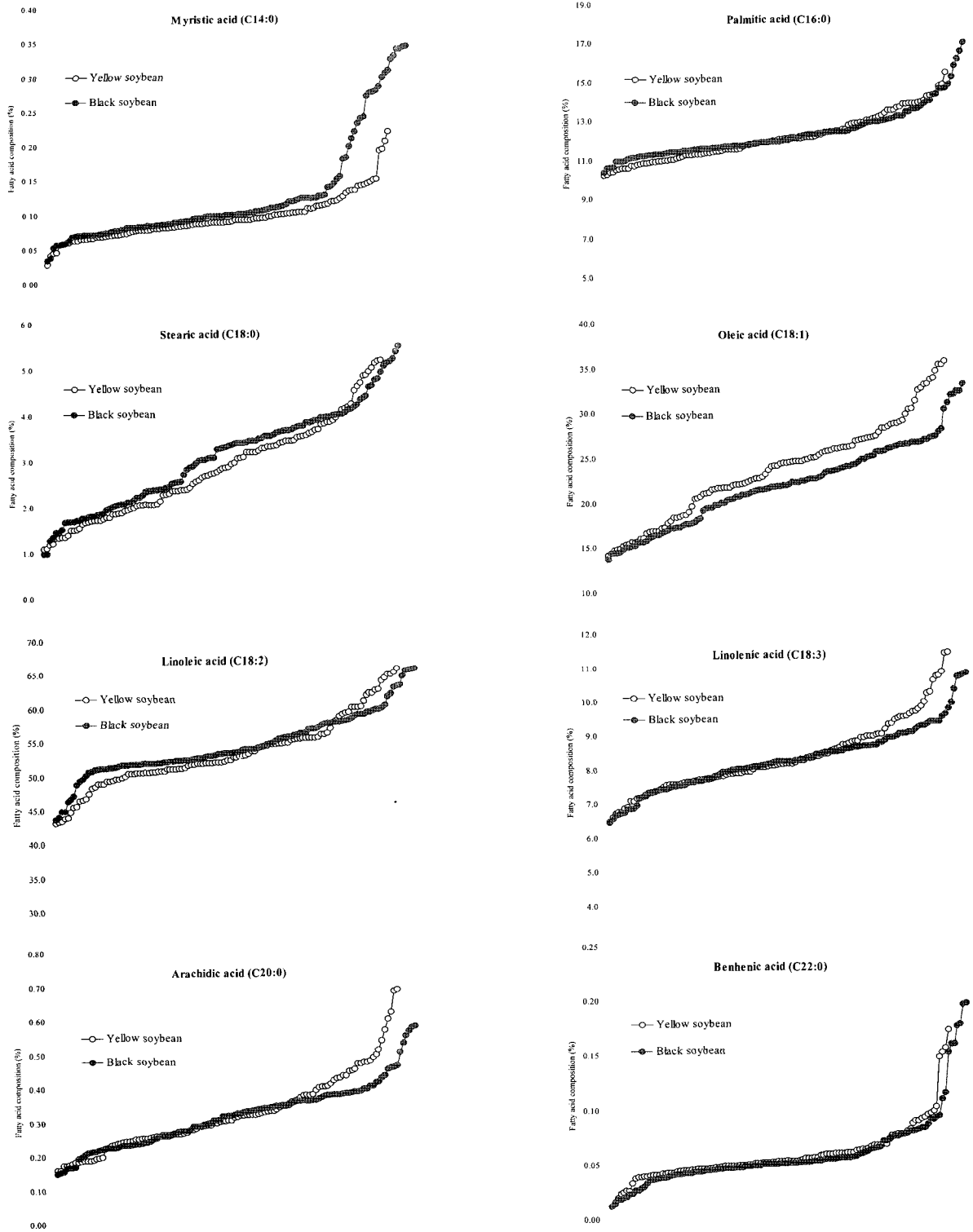


Fig. 3. Distribution of fatty acids in the yellow and black soybean seeds collected from the nine provinces of Korea.

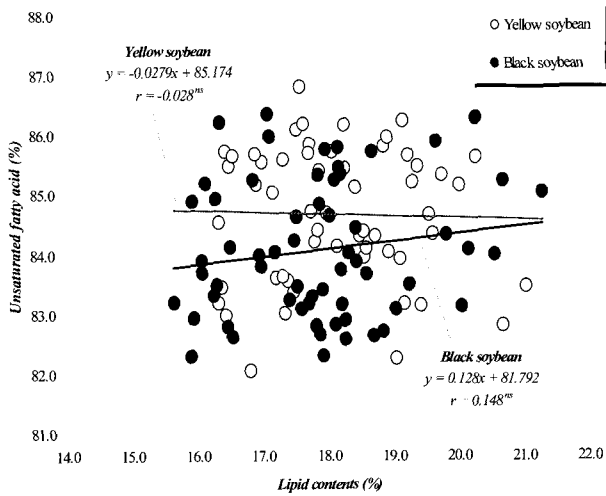


Fig. 4. Relationship between lipid contents and unsaturated fatty acid levels in the yellow and black soybean seeds collected from the nine provinces of Korea.

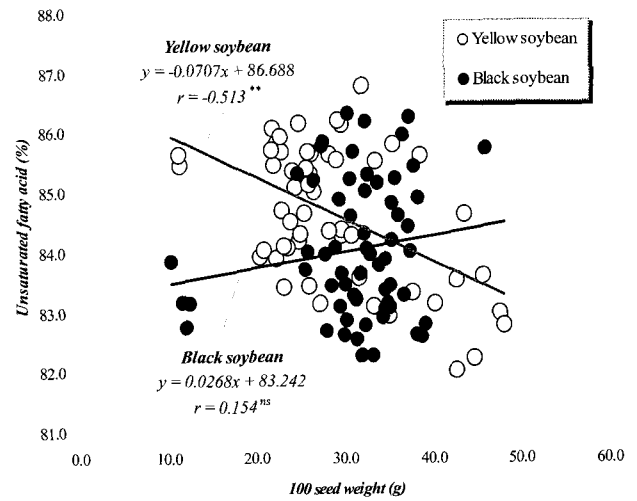


Fig. 5. Relationship between 100-seed weight and unsaturated fatty acid levels in the yellow and black soybean seeds collected from the nine provinces of Korea.

색콩이 검정콩에 비하여 oleic acid의 조성비가 높게 분포되어 있음을 알 수 있었다.

Oleic acid의 함량이 높고 linoleic acid나 linolenic acid의 함량이 낮은 콩기름은 산화안정성이 높아 식품뿐만 아니라 석유화학제품을 대체한 광택제, plastic합성, coating제 및 접착제로 이용되고 있다. 필수지방산인 linolenic acid는 콩기름의 산패 및 변향에 관여함으로써 콩기름의 이용에 많은 문제점이 제기되고 있어 linolenic acid의 함량이 낮은 신제품 개발을 목적으로 하는 육종사업과 재배법의 개선이 지속되고 있으나, linolenic acid 함량이 높은 기름은 산화 및 건조가 신속하게 이루어지기 때문에 이와 같은 특성이 요구되는 도료산업의 소재로 활용되고 있다(Adhvaryu *et al.*, 2004).

따라서 지방산의 생합성에 영향을 미치는 요인을 이해하고 목적하는 지방산이 다량 함유된 신제품의 육성은 식품을 비롯한 또는 각종 친환경적 산업소재에 이용될 수 있는 중요한 유전자원이 된다고 할 수 있다.

수집콩의 지방산 조성중 myristic, stearic, linoleic acid은 황색콩과 검정콩간의 차이가 뚜렷하지는 않았으나 검정콩이 황색콩에 비하여 지방산 조성의 비율이 다소 높은 경향이었고 palmitic, benhenic acid의 경우에는 종피색에 따른 차이가 없는 것으로 판단되었다. Linolenic과 arachidic acid의 경우 황색콩이 검정콩에 비하여 조성비가 다소 높게 나타났다. 이상의 결과로 판단하여 볼 때 전국에서 수집된 콩의 지방산의 구성성분 중 특정 지방산의 조성 비율이 특이적으로 나타나고 있는 것은 재배종의 차이에 기인 할 수도 있었으나 수집

된 지역의 재배환경 차이에 따른 변이가 크게 작용하였을 것으로 판단된다.

Fig. 4는 지역별 수집콩의 지방 함량과 불포화지방산 조성과의 관계를 황색콩과 검정콩으로 구분하여 검토한 결과로서 황색콩과 검정콩 모두 종실내 지방의 함량과 불포화지방산의 비율은 통계적으로 유의성을 나타내지 않았으나 황색콩은 지방함량과 불포화 지방산 수준이 부상관계의 경향을 보인 반면 검정콩은 정상관계의 경향을 보여 종피색에 따른 반응이 다소 상이함을 알 수 있었다. Fig. 5는 수집콩을 황색콩과 검정콩으로 분류하여 백립종과 불포화지방산과의 관계를 나타낸 것이다. 그림에서 보느냐와 같이 황색콩과 검정콩의 백립종과 불포화지방산과의 관계는 서로 다르게 나타났는데, 황색콩의 경우 백립종이 무거울수록 불포화지방산의 수준이 유의하게 감소되는 것으로 나타났으나($r = -0.513, P < 0.01$), 검정콩의 경우에는 백립종이 증가됨에 따라 불포화지방산의 수준이 증가되는 경향을 보였으나 통계적으로 유의성은 없었다($r = 0.154^{ns}$). 이와 같은 원인으로는 우리나라 전역에서 재배되고 있는 황색콩이 검정콩에 비하여 비교적 중만생종에 해당되기 때문인 것으로 판단이 되었으며, 이용적 관점에서 볼 때 황색콩은 주로 가공용으로 사용되기 때문에 종실을 그대로 이용하는 경우가 그리 많지 않지만 검정콩의 경우에는 아직도 재배농가에서 재래종을 사용하는 경우가 많고, 밥밀콩, 콩자반, 떡용 등으로 종실을 그대로 이용하고 있기 때문에 종실의 불포화지방산 수준이 높을 경우 식미는 물론 기능성이 오히려 증가되어 품질이 높

아지므로 재배농가에서 이와 같은 재래종을 선호하여 자발적으로 선발을 지속해 왔기 때문인 것으로 추측되었다. 그러나 콩의 생태종에 따른 지방산 조성의 변화에 대한 구체적인 검토가 이루어진바가 없기 때문에 이와 관련한 연구가 보다 구체적으로 이루어져야 할 필요성이 인정되었다.

따라서 이와 같은 변이의 원인을 구명하고 이에 적합한 품종의 선택 및 재배법의 개선은 고품질의 국산콩 생산을 위한 특산단지 조성에 유용한 기초 자료가 될 것으로 판단되었다.

적 요

우리나라에서 재배·생산된 콩을 지역별로 수집하여 단백질, 지방함량 및 지방산 조성의 변이를 구명하여 국내 콩 자원의 이용성을 증진하고 고품질의 국산콩 생산기반 구축 및 특산단지 조성을 위한 기초 자료로 활용하고자 본 시험을 수행한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 황색콩의 백립중은 24.6~36.6 g(평균 29.0 g)이었고, 검정콩은 27.7~33.1 g(평균 31.2 g)의 변이를 보였으나 백립중 편차의 폭이 커 국내 유통 콩의 크기가 매우 다양함을 알 수 있었다.
2. 검정콩 59종의 단백질 함량은 38.6%로서 황색콩 58종의 단백질 함량 37.9%보다 높았으나 지방함량은 황색콩이 18.1%로서 검정콩의 17.6%보다 높아 종피색에 따른 변이를 보였다.
3. 우리나라 지역별 수집콩 117종의 지방산의 수준은 linoleic > oleic > palmitic > linolenic > stearic > arachidic > myristic > benhenic acid 순으로 높았으며, linoleic acid가 53.75%, oleic acid가 22.08%로서 지방산조성의 약 75.83%에 해당되었다.
4. 불포화지방산 수준은 수집 지역간에 통계적 유의차가 있었으나 linoleic acid 및 oleic acid 수준은 수집지역에 따른 변이가 통계적으로 유의차를 보이지 않아 불포화지방산의 지역간 수준 차이는 주로 linolenic acid의 변이에 기인한 것으로 판단되었다.
5. 황색콩의 linoleic, oleic, palmitic, linolenic acid의 조성은 각각 53.43%, 22.73%, 12.23% 및 8.24%였으나 검정콩은 54.13%, 21.48%, 12.47% 및 8.31%로 나타나 콩의 종피색에 따른 지방산 수준에 변이가 존재함을 알 수 있었다.
6. Oleic acid의 수준은 종피색에 따른 뚜렷한 변이를 보였으며 황색콩이 검정콩에 비하여 oleic acid의 조성비가 높게 분포되어 있었다.
7. 황색콩의 경우 백립중이 무거울수록 불포화지방산의

수준이 유의하게 감소되는 것으로 나타났으나($r = -0.513$, $P < 0.01$), 검정콩의 경우에는 백립중이 증가됨에 따라 불포화지방산의 수준이 증가되는 경향을 보였으나 통계적 유의성은 없었다($r = 0.154^{ns}$).

인용문헌

- Adhvaryu, A., S. Z. Erhan, and J. M. Perez. 2004. Preparation of soybean oil-based greases : Effect of composition and structure on physical properties J. Agric. Food Chem. 52 : 6456-6459.
- Bilyeu, K. D., L. Palavalli, D. A. Sleper, and P. R. Beuselinck. 2003. Three microsomal omega-3 fatty-acid desaturase genes contribute to soybean linolenic acid levels. Crop Sci. 43 : 1833-1838.
- Britz, S. J. and J. F. Cavins. 1993. Spectral quality during pod development modulates soybean seed fatty acid desaturation. Plant Cell and Environ. 16 : 719-725.
- Cahoon, E. B. 2003. Genetic enhancement of soybean oil for industrial uses : prospects and challenges. AgBioForum. 6 : 11-13.
- Cheesebrough, T. M. 1989. Changes in the enzymes for fatty acid synthesis and desaturation during acclimation of developing soybean seed to altered growth temperature. Plant Physiol. 90 : 760-764.
- Cherry, J. H., L. Bishop, P. M. Hasegawa, and H. R. Leffler. 1985. Differences in the fatty acid composition of the soybean seed protein produced in northern and southern areas of the U.S.A. Phytochem. 24 : 237-241.
- Choung, M. G. 2006. Variation of oil contents and fatty acid compositions in Korean soybean germplasms. J. Korean Crop Sci. 51(S) : 139-145.
- Demirbas, A. 2007. Importance of biodiesel as transportation fuel. Energy Policy. 35 : 4661-4670
- Fernando, S., P. Karra, R. Hernandez, and S. K. Jha. 2007. Effect of incompletely converted soybean oil on biodiesel quality. Energy 32 : 844-851.
- Gibson, L. R. and R. E. Mullen. 1990. Soybean seed composition under high day night growth temperatures. J. Am. Oil Chem. Soc. 67: 966-973.
- Howell, R. W. and F. I. Collins. 1957. Factors affecting linolenic and linoleic acid content of soybean oil. Agron. J. 49: 593-597.
- Kim, S. L., H. B. Kim, H. Y. Chi, N. K. Park, J. R. Son, H. T. Yun, and S. J. Kim. 2005. Variation of anthocyanins and isoflavones between yellow-cotyledon and green-cotyledon seeds of black soybean. Food Sci. Biotechnol. 14(6) : 778-782.
- Kim, Y. H. 2002. Current achievement and perspectives of seed quality evaluation in soybean. Korean J. Crop Sci. 47(S) : 95-106.

- Liu, K. S. 1999. Soybeans : Chemistry, technology, and utilization. Aspen Publishers Inc. pp. 25-114.
- Mensink, R. P. and M. B. Katan. 1990. Effect of dietary trans fatty acids on high-density and low-density lipoprotein cholesterol levels in healthy subjects. *New Eng. J. Med.* 323 : 439-445.
- Neff, W. E. and G. R. List. 1999. Oxidative stability of natural and randomized high-palmitic-and high-stearic-acid oils from genetically modified soybean varieties. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 76 : 825-831.
- Ohlrogge, J. B. and J. G. Jaworski. 1997. Regulation of fatty acid synthesis *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 48 : 109-136.
- Ohtake, N., T. Kawachi, A. Sato, I. Okuyama, H. Fujikake, K. Sueyoshi, and T. Ohyama. 2001. Temporary application of nitrate to nitrogen-deficient soybean plants at the mid- to late-stages of seed development increased the accumulation of the β -subunit of β -conglycinin, a major seed storage protein. *Soil Sci. Plant Nutr.* 47 : 195-203.
- Rafael, G. and M. Mancha. 1993. One-step lipid extraction and fatty acid methyl ester preparation from fresh plant tissues. *Analytical Biochemistry.* 211 : 139-143.
- Rahman, S. M., T. Kinoshita, T. Anai, and Y. Takagi. 2001. Combining Ability in Loci for High Oleic and Low Linolenic Acids in Soybean *Crop Sci.* 41 : 26-29.
- Roberto, G. P., D. O. Cesar, L. O. Jorge, C. P. Paulo, E. F. Carlos, and E. P. Oscar. 2007. Exhaust emissions and electric energy generation in a stationary engine using blends of diesel and soybean biodiesel. *Renewable Energy.* 32 : 2453-2460.
- Shanmugasundaram, S. 2001. Current status and future prospects world soybean. In vegetable soybean, Proceeding in development strategy for self-production of soybean. pp. 1-16. National Honam Agricultural Experimental Station, RDA, Korea.
- Spencer, M. M., D. Landau-Ellis, E. J. Meyer, and V. R. Pantalone. 2004., Molecular markers associated with linolenic acid content in soybean. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 81 : 559-562.
- Wilson, R. F., T. C. Marquardt, W. P. Novitzky, J. W. Burton, J. R. Wilcox, and R. E. Dewey. 2001. Effect of alleles governing 16:0 concentration on glycerolipid composition in developing soybeans. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 78 : 329-334.
- Wolf, R. B., J. F. Canvins, R. Kleiman, and L. T. Black. 1982. Effect of temperature on soybean seed constituents : oil, protein, moisture, fatty acids, amino acids, and sugars. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 59 : 230-232.
- Yoon, T. H., K. J. Im, and D. H. Kim. 1984. Fatty acid composition of lipids obtained from Korean soybean varieties. *Korean J. Food Sci. Technol.* 16(4) : 375-382.