

참깨 종자의 발육단계별 중성지질의 변화

김현경 · 정대수 · 김도훈[†]

東亞大學校 生命資源科學大學 農學科

Changes of Neutral Lipids in Developing Sesame(*Sesamum indicum* L.) Seeds

Hyeon-Kyeong Kim, Dae-Soo Chung and Doh-Hoon Kim[†]

Department of Agronomy, Dong-A University, Pusan, 604-714, Korea

Abstract

These studies were undertaken to investigate changes of neutral lipid content and fatty acid composition were determined. Also, accumulation process of monoglyceride, diglyceride and triglyceride content, and fatty acid composition were investigated during the development. The results were summarized as follows :

Changes of lipid during development sesame seeds, glycolipid contents which showed the highest in the early ripening stage and after that rapidly decreased, and phospholipid contents showed a similar pattern as glycolipid occurred. In contrast, the content of neutral lipid was rapidly increased by 29.21% 10 days after flowering(DAF), and showed the highest value by 91.84% at 40th day after flower. The neutral lipid, triglyceride content was rapidly increased as the seeds developed, and consisted of over 60% of the neutral lipid since 30 DAF. In the changes of neutral lipid, phospholipid and glycolipid, stearic acid and palmitic acid decreased during the seed ripening. However, oleic acid and linoleic acid increased during the same periods. Linolenic acid, which showed relatively higher value in the early ripening stage, but rapidly decreased as much as 1% at the later ripening stage.

Key words : sesame seed, neutral lipids, fatty acid, triglyceride, development

서 언

작물의 최종생육 단계인 등숙은 광합성에 의한 동화 물질의 생산기관으로서의 source와 이를 수용하는 기관인 sink의 상호작용에 의해 이루어진다고 할 수 있는데, 일반적으로 등숙은 수정이 이루어진 다음 꼬투리의 착생으로부터 발육을 완료할 때까지 지방과 단백질 및 각종 무기물

등의 유용성분들이 종실로 전류·축적되어 가는 현상으로 등숙기간중의 재배조건이나 기상환경 등의 영향에 관한 연구는 많이 이루어져 왔다^{1,2,3,4,5}.

종자내에 저장된 저장지방의 생화학적 합성과정은 널리 알려져 있는데, 종자의 종류나 조직에 따라서 RNA, 단백질 및 지방성분이 합성되는 시기에는 다소 차이가 있는 것으로 알려져 있으며^{6,7,8,9}, 유지종자의 등숙에 있어서는 등숙이

[†] Corresponding author

진행됨에 따라 단백질함량은 증가하며, 특히 단백질과 함께 acyl carrier protein^{6,7,10,11}, acetyl-coenzyme A carboxylase^{7,12}와 diacylglycerol acetyltransferase⁹와 같은 지방의 생합성에 영향을 미치는 효소의 함량이 지질합성 직전에 급격히 증가하고 그 이후에는 감소한다고 하며, 이 기간 동안 total RNA의 변화도 종자 구성성분과 생리활성물질의 합성에 의한 증가와 동시에 일어난다고 한다^{7,9,12,13}.

종자의 등숙과정중 유지와 관련된 활성물질의 변화에 관한 연구로 Privett 등¹⁴은 대두종자에 있어서 개화 후 15~45일 사이에 지방 및 지방산의 축적이 10~20배로 증가되어지며, 저장지방의 대부분은 oil body나 spherosome에 triacylglycerol(TAG)의 형태로 저장되어진다고 하였으며, Carver 등¹⁵은 대두에서 TAG의 불포화지방산은 개화 후 30~45일 사이에 급격히 증가하여 이후 감소한다고 하였고, phosphatidyl choline은 개화 후 45일까지 증가하고 그 이후에는 감소하였다고 보고하였다. Noda 등¹⁶은 피마자종자의 등숙 중 개화 후 2주까지는 세포내의 기능지질인 극성지질이 대부분을 차지하였으며, 개화 후 3주에서는 triglyceride의 상당량이 생성되어진 것을 확인하였고, 또 극성지질의 존재 비율은 glyceride의 축적과 동시에 급격히 줄어들었다고 하였다. 이처럼 두과작물을 대상으로 등숙과정 중 지질과 관련된 대사산물의 축적 변화에 관한 연구는 일부 이루어졌으나, 유지작물, 특히 참깨를 대상으로한 연구는 거의 전무한 실정이다.

따라서 본 연구는 참깨 종자의 등숙단계별 종실 내의 중성지질 함량과 지방산조성 및 monoglyceride, diglyceride, triglyceride의 축적과정을 중심으로 참깨 종실내의 지방의 생합성에 대한 기초 자료를 얻기 위하여 실시되었다.

재료 및 방법

공시재료

단백계를 사용하여 1996년에 동아대학교 시험포장에서 휴폭 50cm, 주간 10cm의 재식밀도로 점파한 후, 발아후 5엽기에 1본씩만 남기고 슈아 주었으며, 각종 비배관리는 농촌진흥청 참깨 표준재배법에 준하였다. 그리고 시료의 채취를 위해 제 5절위에서 개화가 시작되면서 부터 일주일간 개화 날짜를 표시한 뒤 꼬투리를 채취하였고, 채취된 꼬투

리는 곧바로 액체질소에 담아 급속 냉동시킨 후 -70℃에서 냉동 보관하여 사용하였다.

총지질의 추출과 중성지질, 인지질 및 당지질의 분획

총지질의 추출은 Bligh and Dyer 법¹⁷에 따라 시료 10g을 냉동유발 넣은 후에 액체질소를 적당량 붓고 마쇄한 다음 여기에 chloroform : methanol (2 : 1, v/v)의 혼합 용액을 넣어 24시간 냉장고에 방치한 뒤 여과지로 여과한 후, 1% NaCl 용액을 가하여 수용성 물질을 제거한 뒤 분리된 chloroform층만을 회수하여 rotary vacuum evaporator에서 용매를 제거하여 총지질을 얻었다. 추출한 총지질을 정제한 후 Rouser 등¹⁸의 방법에 따라 silicic acid column chromatography(SCC)로 중성지질, 당지질 및 인지질을 각각 분리하였다. 이는 Hirsch 등¹⁹의 방법으로 silicic acid (Lipid chromatographic grade, 10% slurry의 pH 6.0, 325 mesh)를 증류수와 methanol로 씻은 후 110℃에서 24시간 활성화시켰다. 이 중 10g을 40ml의 chloroform으로 slurry를 만들어 column에 넣고 시료 지질을 주입한 후 질소가스를 이용하여 용출속도가 분당 2~3ml가 되도록 하여 250ml의 chloroform, 250ml의 acetone, 250ml의 methanol의 순서로 용출시켜, 중성지질은 chloroform 용출획분으로, 당지질은 acetone 용출획분으로, 인지질은 methanol 용출획분으로 각각 분획하였다. 이와 같이 얻어진 용출획분은 질소기류하에서 감압농축하여 용매를 제거한 후 각 지질의 함량을 계산하였다.

구성지질의 분획 및 지방산조성 분석

SCC에 의해 분획된 중성지질의 각 구성지질은 thin layer chromatography(TLC)로 분리하여 확인하였다. TLC plate (20cm×20cm)는 silicagel GF로 0.25mm의 얇은 막을 입힌 다음 110℃에서 1시간 활성화시킨 것을 사용하였으며, 중성지질은 petroleum ether-diethyl ether-acetic acid (90 : 10 : 1)로 전개한 후 자외선하에서 glyceride를 검출하고 여기에서 나타난 각 band를 긁어모아서 지방산분석에 사용하였다. 구성지방산의 분석은 Metcalfe 등²⁰의 방법에 따라 1.25% BF₃-methanol을 사용하여 methyl ester화 한 후 GC로 지방산조성을 분리, 정량하였다.

결과 및 고찰

중성지질과 극성지질의 함량 변화

참깨 등숙단계별 총지질 및 저장유지의 축적과정과 생체막의 유리지질 및 그들의 지방산조성 변화를 조사하고자 등숙 단계별 참깨 종자의 지질을 SCC로 분획하여 여기서 얻은 중성지질과 당지질 및 인지질의 함량 변화를 표 1에서 살펴보면, 개화 후 10일에는 구성지질 중 당지질이 42.62%로 가장 높은 함량을 나타내었으며, 중성지질과 인지질이 각각 29.11%와 28.27%로 비슷한 함량을 나타내었다. 그리고 개화 후 10일 이후의 지질별 변화에서는 중성지질의 경우 29.11%에서 개화 후 15일에는 82.50%로 무려 53%나 급격히 증가하였으며, 개화 후 15일 이후에는 등숙이 진행됨에 완만하게 증가하는 경향을 나타내어 개화 후 40일에는 91.84%로 총지질의 대부분을 저장유지가 차지하고 있었다. 그리고 당지질과 인지질은 개화 후 10일에 42.62%와 28.27%에서 개화 후 15일에는 10.50%와 7.00%로 급격히 감소한 뒤 개화 후 15일 이후에는 감소의 폭이 둔화되어 서서히 감소하여 개화 후 40일에 4.08%였고, 완숙종자에서는 당지질과 인지질이 각각 1.91%로 아주 낮은 함량을 나타내었다. 이와 같은 결과는 Min 등^{21,22)}이 들깨종자의 성숙과정 중 구성지질의 변화에서 중성지질은 종실의 성숙이 진행됨에 따라 증가하였으며, 당지질과 인지질은 감소하였다고 보고하여, 본 연구의 결과와 일치하였다. 이와 같이 등숙초기에는 인지질과 당지질의 함량이 높으며 등숙이 진전됨에 따라 감소하고, 이와는 반대로 중성지질은 등숙초기에는 함량이 별로 높지 않았으나 등숙이 진행됨에 따라 계속 증가하고 있는 것은 인지질과 당지질은 등숙초기의 세포분열과정에서 생체막질로서 이용되기 때문이며, 등숙후기에는 종자조직이 완성되고, 저장조직내로 중성지질의 저장이 활발히 이루어지기 때문인 것으로 생각된다^{23,24)}.

중성지질의 지방산조성 변화

참깨 중성지질의 지방산조성의 변화를 표 2에서 살펴보면, palmitic acid는 개화 후 10일에 26.31%, 개화 후 20일에는 23.08%로 등숙초기에는 큰 변화를 나타내지 않았으나, 개화 후 25일에는 9.88%로 급격히 감소되었으며, 그 이후에는 큰 변화가 나타나지 않았으며, stearic acid도 개화 후 10일에 13.33%에서 개화 후 15일에 9.52%로 감소하였으며, 이후 계속 감소하는 경향이었고, 개화 후 30일에 3.92%, 등숙후기인 개화 후 40일에는 2.52%로 매우 적은 함량을 나타내었다. 그러나 oleic acid는 개화 후 10일에 15.65%에서 등숙의 진전 정도에 따라 계속 증가하여 개화 후 40일에는 42.0%를 나타내었으며, linoleic acid도 개화 후 10일에 28.17%에서 개화 후 30일에는 48.26%의 최대치로 증가하였다가 그 이후 감소하여 개화 후 40일에는 45.78%로 줄어들었다. 그리고 linolenic acid는 구성지방산중 가장 낮은 함량을 보였는데, 개화 후 10일에 16.53%에서 개화 후 15일에 6.15%로 급격히 감소하여 개화 후 40일에는 0.26%로 매우 낮은 함량을 나타내었다. 한편 등숙의 진행에 따른 지방산의 변화 양상은 포화지방산인 palmitic acid와 stearic acid 및 불포화도가 가장 높은 지방산인 linolenic acid는 등숙이 진행됨에 따라 감소하였고, 불포화지방산으로 참깨의 주지방산인 oleic acid와 linoleic acid의 함량은 등숙이 진행됨에 따라 계속 증가하였다.

중성지질의 MG, DG 및 TG의 축적 과정

등숙중인 참깨 종자에서 추출한 중성지질의 구성성분 변화를 조사하기 위해, 참깨종자의 지질을 SCC로 분획하여 얻은 중성지질의 획분을 TLC에 의하여 분리한 chromatogram은 그림 1과 같으며, 이를 정량한 결과는 그림 2와 같다. 등숙의 경과에 따른 참깨 종자의 중성지질 중에는 triglyceride, free fatty acid와 diglyceride 및 monoglyceride의 4가지 중성지질이 확인되었다. 등숙의 진전에 따라 참깨종

Table 1. Changes of neutral lipid, glycolipid and phospholipid in developing sesame seeds(%)

DAF	10	15	20	25	30	35	40	MS
NL	29.11	82.50	86.57	87.58	87.24	89.25	91.84	96.18
GL	42.62	10.50	6.40	7.43	7.78	6.45	4.08	1.91
PL	28.27	7.00	7.02	4.99	4.98	4.30	4.08	1.91

Note : DAF, Days after flowering ; MS, mature seed ; NL, neutral lipid ; GL, glycolipid ; PL, phospholipid.

Table 2. Changes of fatty acid composition of neutral lipids in developing sesame seeds(%)

DAF	C _{16:0}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}	USFA
10	26.31	13.33	15.65	28.17	16.53	60.35
15	26.18	9.52	28.60	29.55	6.15	64.30
20	23.08	9.32	31.83	31.87	3.90	67.60
25	9.88	9.15	35.36	41.34	4.27	80.97
30	11.25	3.92	33.44	48.26	3.13	84.83
35	15.06	4.09	35.13	45.32	0.40	80.84
40	9.44	2.52	42.00	45.78	0.26	88.04

Note ; DAF, Days after flowering ; USFA, total unsaturated fatty acid.

실내의 증성지질층 가장 함량이 높게 나타난 triglyceride는 개화 후 10일에 30%에서 개화 후 15일에는 45%로 등숙초기에 급격히 증가한 뒤 개화 후 30일에 62%로 점진적으로 증가하는 경향을 보여 monoglyceride와 diglyceride에 비하여 등숙의 진전에 따른 함량 변화의 정도가 크게 나타났으며, 등숙후기인 개화 후 30일 이후에서는 그 증가가 둔화되기는 하였으나 완숙기까지도 계속 증가할 것으로 판단된다. Diglyceride는 개화 후 20일에 18%까지 계속해서 증가하였으나, 이후 계속 감소하였으며, monoglyceride는 개화 후 10일에 10%에서 개화 후 40일에서는 8%로 등숙이 진전됨에 따라 계속 감소하는데, 이는 triglyceride가 계속 급증하는 한 감소할 것으로 사료된다. 왜냐하면 유지작물에서 최종 목적산물은 저장유인 triglyceride가 됨으로 monoglyceride나 diglyceride는 triglyceride 합성과정의 중간산물이기 때문이며, 성숙종자에서는 쓸모없는 지질이기 때문이다. 이와 같은 결과는 다른 유류작물에서도 같은 경향을 보이고 있는데, Carver 등¹⁵⁾은 대두에서 triacylglyceride가 개화 후 30~45일 사이에 급격히 증가하여 이후에는 감소한다고 하였으며, Ohlrogge 등⁶⁾과 Privett 등¹⁴⁾은 개화 후 15~45일 사이에 대두유의 triglyceride 축적율은 10~20배로 증가되어지며 저장지방의 대부분은 oil body나 TAG의 형태로 저장되어진다고 보고하였고, Lee 등²⁵⁾은 유채에서 glyceride 조성의 변화를 조사한 바 triglyceride는 개화 후 10일째부터 검출되기 시작하여 종실의 발육이 진행됨에 따라 개화 후 25일까지 급격한 증가를 보였으며, diglyceride와 monoglyceride는 종실의 발육이 진행됨에 따라 감소하였다고 보고하였는데, 본 실험의 결과도 이와 비슷한 경향을 나타내었다.

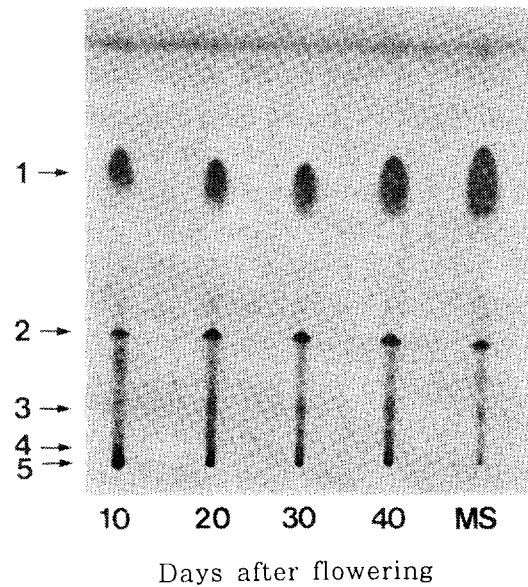


Fig.1. Thin-layer chromatogram of neutral lipids in developing sesame seeds

Plate ; silica gel G (0.25mm)

Solvent system ; petroleum ether-diethyl ether-acetic acid (90 : 10 : 1, v/v)

Visualization ; carrying by heating with 40% H₂SO₄

The spots were identified as follows : 1, triglyceride ; 2, free fatty acid ; 3, diglyceride ; 4, monoglyceride ; 5, spots.

Note ; MS, Mature seed.

참깨 종자의 발육단계별 중성지질의 변화

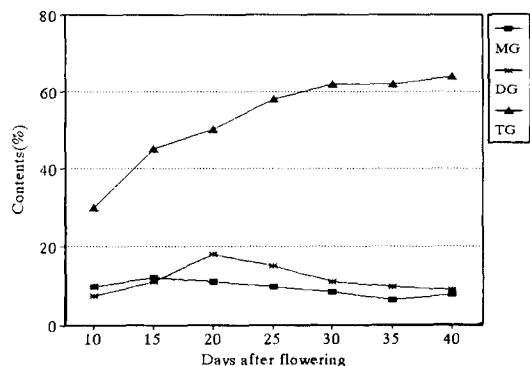


Fig. 2. Changes of neutral lipids during development of sesame seeds.

Note ; MG, Monoglyceride ; DG, diglyceride ; TG, triglyceride.

한편 식물지질 중 특히 높은 함량을 보이고 있는 triglyceride는 참깨에서도 중성지질을 구성하는 대표적인 성분으로 알려져 있으며^{26,27}, 등숙의 진전에 따른 triglyceride의 함량 변화는 함유율 증가 변화의 경향과 유사하여 총지방의 함량은 중성지질인 triglyceride의 함량 변화에 크게 영향을 받기 때문이란 것을 알 수 있다. 일반적으로 diglyceride와

monoglyceride가 종실의 발육 중에 나타나는 것은 이미 알려져 있으며, 미숙단계에서만 나타날 뿐 완숙종자에서는 거의 함유되어 있지 않은 것으로 알려져 있다²⁸. 그러나 본 시험에 있어서는 개화 후 40일에 비교적 적은 양이기는 하나 diglyceride와 monoglyceride가 8%와 9%를 나타내고 있는데, 이는 완숙종자가 아니기 때문이며 완숙종자를 공시했다면 더욱 감소되어 같은 결과를 보였을 것으로 추정된다.

저장유지인 중성지질의 축적과정을 조사하기 위하여 등숙단계별 monoglyceride와 diglyceride 및 triglyceride의 지방산조성을 조사한 결과는 표 3과 같다. 각 glyceride의 구성지방산은 등숙의 경과에 따라 변화하며, 특히 참깨의 주지방산 중의 하나인 linoleic acid는 등숙초기인 개화 후 10일에 monoglyceride와 diglyceride 및 triglyceride가 각각 1.03%, 0.38%, 3.01%로 아주 낮은 함유율을 나타내었으나, 개화 후 20일에서는 12.83%, 5.14%, 29.69%로 급격히 증가하였고, 이후에는 서서히 증가하는 경향을 나타내었다. 그러나 palmitic acid는 monoglyceride와 diglyceride 및 triglyceride에서 등숙초기인 개화 후 10일에는 각각 30.71%, 26.03% 및 21.30%로 상당히 높게 나타났으나 등숙이 진전됨에 따라 감소하여 개화 후 40일에서

Table 3. Changes in fatty acid composition of monoglyceride, diglyceride and triglyceride in developing sesame seeds (%)

	DAF	C _{16:0}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}	USFA
MG	10	30.71	15.32	45.26	1.03	7.68	53.97
	20	21.44	11.44	52.39	12.83	1.91	67.13
	30	20.79	11.10	54.01	12.54	1.56	68.11
	40	20.55	11.25	53.50	13.44	1.26	68.20
DG	10	26.03	12.90	59.82	0.38	0.87	61.07
	20	23.36	14.44	51.65	5.14	5.40	62.19
	30	24.58	16.86	43.51	8.31	6.74	58.56
	40	24.77	14.92	43.24	10.44	7.15	60.83
TG	10	21.30	15.83	57.53	3.01	2.32	62.86
	20	10.49	7.55	51.44	29.69	0.83	81.96
	30	9.66	7.64	53.15	28.76	0.79	82.70
	40	8.74	5.94	42.50	42.46	0.36	85.32

Note ; DAF, Days after flowering ; USFA, total unsaturated fatty acid ; MG, monoglyceride ; DG, diglyceride ; TG, triglyceride.

는 함유율이 20.55%, 24.77%, 8.74%로 감소하였다. 그리고 linolenic acid는 mono-glyceride와 triglyceride가 개화 후 10일에 각각 7.68%와 2.32%로 비교적 높은 함유율을 나타내었다가 개화 후 20일에 1.91%와 0.83%로 급격히 감소하였으며, 이후에는 감소의 폭이 적었다. 그러나 diglyceride에서는 개화 후 10일에 linolenic acid의 함량이 0.87%로 아주 낮았으나, 개화 후 20일에 5.40%로 급격히 증가하였으며, 개화 후 40일에 7.15%로 계속 증가하여 monoglyceride와 triglyceride와는 상반된 경향을 나타내었다. Oleic acid는 등숙 전기간에 걸쳐 함유율이 42.50%~59.82%로 참깨의 주요 구성지방산중 가장 높은 함유율을 나타내었으나, monoglyceride와 diglyceride 및 triglyceride에서는 등숙의 진전에 따라서는 거의 변화가 없었는데, 이는 총지질의 지방산조성의 변화에서도 개화 후 10일과 20일 사이에 palmitic acid와 stearic acid 및 linolenic acid는 급격히 감소하였으며, linoleic acid는 급격히 증가하여, 총지질의 축적이 중성지질 내 triglyceride의 생성경로를 통해 이루어지는 것으로 사료된다.

요 약

참깨 종자의 등숙단계에 따른 종실내의 구성지질의 함량 및 지방산조성의 변화와 중성지질 중 triglycerid, diglyceride 및 monoglyceride의 함량을 비교, 분석한 결과는 다음과 같다.

참깨종자의 등숙에 따른 구성지질의 변화에서는 등숙초기인 개화후 10일에는 당지질이 42.62%로 매우 높았으나, 이후 등숙 진전에 따라 급격히 감소하였으며, 인지질도 이와 비슷한 경향을 나타내었다. 그러나 중성지질은 등숙초기에 29.21%에서 등숙의 진전에 따라 급격히 증가하여 개화후 40일경에는 91.84%로 총지질의 거의 대부분을 차지하였다. 중성지질중의 triglyceride는 등숙이 진전됨에 따라 급격히 증가하여 개화후 30일 이후에는 중성지질의 60% 이상을 차지하였다. 중성지질 중 monoglyceride와 diglyceride 및 triglyceride의 지방산조성은 등숙의 진전에 따라 monoglyceride, diglyceride 및 triglyceride 모두 linoleic acid의 함유율은 증가하였으나, palmitic acid의 함유율은 감소하였다. 중성지질과 당지질 및 인지질의 지방산 조성의 변화에 있어서는 등숙이 진전됨에 따라 포화지방산인 pal-

mitic acid와 stearic acid는 감소하는 경향을 나타내었으며, 불포화지방산인 oleic acid와 linoleic acid의 함량은 증가하였다. 그러나 등숙초기에 비교적 높은 비율을 차지한 linolenic acid는 등숙의 진전에 따라 급격히 감소하여 등숙후기에는 1%미만의 아주 적은 양이었다.

감사의 글

본 연구는 1995년도 동아대학교 학술연구 조성비의 지원에 의하여 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 姜哲煥 · 李正日 · 孫濟龍 : 참깨 開花, 登熟에 관한 研究, 第III報. 참깨 草型別 果 및 種實의 發育, 韓作誌, 30 (2) : 158, (1985).
2. Rue, S. R., J. I. Lee, C. Y. Chio and S. S. Kang : Changes of Antioxidant Contents during Grain Filling in Different Plant Types of Sesame, *Korean J. Crop Sci.*, 8(1) : 23, (1993).
3. 姜哲煥 : 참깨의 草型에 따른 開花 및 着 習性和 登熟에 관한 研究, 高麗大學校 博士學位 論文, (1985).
4. 李正日 : ナタネ(*Brassica napus L.*)의 脂肪酸組成에 關する 育種學的 研究, 東京農大 博士學位 論文, pp 1~81, (1976).
5. Sims, R. P. A., W. G. McGregor, A. G. Plessers and J. C. Mes : Lipid changes in maturing oil bearing plants, I. Gross changes in safflower and flax, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 3 : 273, (1961).
6. Ohlrogge J. B. and T. M. Kuo : Control of lipid synthesis during soybean seed development : Enzymic and immunochemical assay of acyl carrier protein, *Plant Physiol.*, 74 : 622, (1984).
7. Hannapel, D. J. and J. B. Ohlrogge : Regulation of acyl carrier protein messenger RNA levels during seed and leaf development, *Plant Physiol.*, 86 : 1174, (1988).
8. Somers, D. A., R. A. Keith, M. A. Egli, L. C. Marshall, B. G. Gengenbach, J. W. Gronwald and D. L. Wyse : Expression of the Acc1 genecoded acetyl-coenzyme A carboxylase in developing maize (*Zea mays L.*) kernels. *Plant Physiol.*, 101 : 1097, (1993).
9. Weselake, R. J., M. K. Pomeroy, T. L. Furukawa, J. L. Golden, D. B. Little and A. Laroche : Developmental profile of diacylglycerol acyltransferase in ma-

- turing seeds of oilseed rape and safflower and microspore-derived cultures of oilseed rape. *Plant Physiol.*, 102 : 565, (1993).
10. Safford, R., J. H. C. Windust, C. Lucas, J. D. Silva, C. M. James, A. Hellyer, C. G. Smith, A. R. Slabas and S. G. Hughes : Plastidlocalised seed acyl-carrier protein of *Brassica napus* is encoded by a distinct, nuclear multigene family, *Eur. J. Biochem.*, 174 : 287, (1988).
 11. Slabas, A. R., J. Harding, A. Hellyer, P. Roberts and H. E. Bambrige : Induction, purification and characterization of acyl carrier protein from developing seeds of oil seed rape(*Brassica napus*), *Biochim. Biophys. Acta.*, 921 : 50, (1987).
 12. Turnham, E. and D. H. Northcote : Changes in the activity of acetyl-CoA carboxylase during rape-seed formation, *Biochem. J.*, 212 : 223, (1983).
 13. Higgins, T. J. V. : Synthesis and regulation of major proteins in seeds, *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 35 : 191, (1984).
 14. Privett, O. S., K. A. Dougherty, W. L. Erdahl, and A. Stolyhwo : Studies on the lipid composition of developing soybean seeds, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 50 : 516, (1973).
 15. Carver, B. F. and R. F. Wilson : Triacylglycerol metabolism in soybean seed with genetically altered unsaturated fatty acid composition, *Crop Sci.* 24 : 1020, (1984)
 16. Noda, M. and Yamada, K. : Lipid of Leaves and Seeds, Part V. Changes in the Glyceride Composition of Castor Bean during Maturation, *J. Agr. Chem. Soc. Jap.*, 45(9) : 404, (1971).
 17. Bligh, E. G. and W. J. Dyer : A rapid method of total lipid extraction and purification, *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37 : 911, (1959)
 18. Rouser, G., G. Kritcheusky, G. Simon, and G. J. Nelson, *Lipids*, 2 : 37, (1967).
 19. Hirsch, J. and E. H. Ahrens, *J. Biol. Chem.*, 233 : 311, (1958).
 20. Metcalfe, L. D., Schmitz, A. A. and J. R. Pelka, *Anal Chem.*, 38 : 514, (1966)
 21. Min, Y. K. and Z. U. Kim : Changes of lipid during maturation of perilla seed(*Perilla frutescens*), *J. Korean Agric. Chem. Soc.*, 35(3) : 139, (1992).
 22. Min, Y. K. and Z. U. Kim : Changes of glycolipid and phospho lipid during maturation of perilla seed (*Perilla frutescens*), *J. Korean Agric. Chem. Soc.*, 35(3) : 146, (1992).
 23. 山田晃弘, 植物による燃料油生産システムに関する調査研究報告書, 財団法人醸酵工業協會, 바이오インダストリ- 振興事業部, pp. 119, (1986).
 24. 山田晃弘, ゴマの科學, ゴマの生化學とバイオテクノロジー, 朝倉書店, pp. 42, (1989).
 25. 李正日·高柳謙治·志賀敏夫 : 油菜(*Brassica napus* L.)의 脂肪酸組成 改良育種에 관한 研究, IV. 油菜登熟中の 脂肪酸合成에 미치는 O-erucic acid 遺傳子의 作用, *Korean J. Breed.*, 6(2) : 79, (1974).
 26. 高英秀 : Gas chromatography에 의한 참깨기름의 Tri-glyceride 組成에 관한 研究, *韓食科誌*, 5(3) : 153, (1973).
 27. 金基駿·姜光熙·鄭吉雄·成樂春 : 主要 食用 油脂作物의 成分育種을 위한 油質特性에 관한 研究, *農試論文集(農業産學協同篇)*, 33 : 273, (1990).
 28. Appelqvist, L. A. : The effect of growth temperature and stage of development on the fatty acid composition of levels, siliques and seed of Zero-erucic acid breeding lines of *Brassica napus*, *Physiol. Plant*, 25 : 493, (1963)