

옥수수 배의 중성 지질의 추출을 위한 7종 용매의 비교 연구

전영민 · 김덕진[†]

대구대학교 식품공학과

Comparative Studies of Seven Solvents for the Extraction of Neutral Lipid in Corn Embryo

Young-Min Jeon and Duk-Jin Kim[†]

Dept. of Food Engineering, Daegu University, Kyungbuk 713 - 714, Korea

Abstract

The composition of lipids extracted from corn embryo with various solvents were analyzed. The solvents for the extraction were benzene(BZ), n-hexane(HX), pet. ether(PE), trichloroethylene(TE), chloroform-methanol(2:1,v/v)(CM), dichloromethane-methanol(2:1,v/v)(DM) and hexane-diethyl ether(5:1,v/v)(HD). The lipids were then fractionated by silicic acid column chromatography(SACC) into three lipid fractions. The Neutral lipid fractions were further separated by thin layer chromatography(TLC) and the individual lipid spots were quantitated by TLC scanner. And then the fatty acid compositions of total lipids and neutral lipids were determined by gas chromatography(GC). Crude oil contents of corn embryo were most efficient by using DM, CM and neutral lipid was extracted much more HX, BZ, HD systems than did PE, DM, DM and CM were most efficient solvent systems for extracting glycolipid and phospholipid. The major component of the neutral lipid fractions was found to be triglyceride, and it was superior DM to PE. Linoleic acid was the predominant fatty acid in the total lipids, and it was most efficient with BZ and TE. The major fatty acid in neutral lipids was also linoleic acid and it was superior BZ to PE, CM, HD and oleic acid was similar to seven solvents and palmitic acid was found much superior in using CM.

Key words : lipid classes, neutral lipid, fatty acid compositions, corn embryo

서 론

식품에 함유된 지질 성분의 효율적인 추출을 하기 위한 방법으로는 압착법과 유기용매를 사용하여 추출하는 방법 등^{1~4)}이 있으나, 식품에 함유된 유지성분의 잔유분이 가장 낮은 용매 추출법이 널리 이용되고 있다.

[†]To whom all correspondence should be addressed

일반적으로 지질 성분의 용출을 위해 과거부터 사용되어온 용매는 ether, acetone, chloroform, benzene, hexane, alcohol류 등이 사용^{5~7)}되어 왔으나, 근래에 chloroform-methanol(2:1, v/v) 혼합용액이 동·식물성 식품에 모두 ether보다 지질 성분의 추출력이 우수하다는 것⁸⁾이 알려짐에 따라 이 혼합액이 지질 실험의 추출 용매로 널리 사용되고 있으며 공업적으로 식용유지의 생산에서는 탄화수소계 용매중 가연성이나 비교적 독성이 낮고 효율성이 높다고 알려진

n-hexane만이 용제로의 사용이 허용⁹되어 오고 있다.

그러나 최근 chloroform이 인체에 간장 장해를 유발한다는 것이 보고^{10~12}되고, 공업적으로 사용¹³되는 n-hexane에 대한 재검토의 필요성이 높아감에 따라 인체에 대한 안정성이 크고 지질 추출 수율이 더 높은 새로운 용매를 찾는 몇가지 새로운 연구의 시도가 식물성 식품을 대상으로 연구되고 있으며, 이에 대한 연구로는 Khor와 Chan¹⁴의 대두유 추출을 위한 3종의 용매 혼합물의 비교·연구, Takagi 등¹⁵의 대두 지질추출을 위한 용매의 혼합, Osagie¹⁶의 3가지 혼합용매를 사용한 사탕수수의 total lipid 등의 연구를 찾아볼 수 있다.

이 연구에서는 지질의 함유량이 높아 식용유 생산에 이용되는 옥수수 배아를 이용하여 효율적인 지질 추출을 위하여 기존의 n-hexane, pet. ether, 값이 싸서 식용유 생산공정에서 이용 가능성이 큰 benzene, 지질 추출시 독성을 강하나 비가연성으로 취급이 용이해 사용 가능성이 있는 용매인 trichloroethylene과 전지질 성분의 용출이 우수한 chloroform-methanol (2:1, v/v)과 dichloromethane-methanol (2:1, v/v) 그리고 hexane-diethyl ether (5:1, v/v) 등 단일 용매 및 혼합용매 7종을 사용하여 옥수수배의 지질 특히, 비극성 지질 추출양과 각 지질의 종류와 함량 및 조성지방산을 비교·검토하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 옥수수 배는 1991년 5월 14일 방일산업에서 입고한 미국산 배아원료를 구입한 후 선별·분쇄하여 100 mesh의 체를 통과 시킨것을 PP/AI laminate film에 넣어 질소ガ스를 충전하여 밀봉한 후, -20°C의 냉동고에 보관하면서 분석 시료로 사용하였다.

시약

표준 지방산 methyl ester kit와 silicic acid는 Sigma Chemical Co. (USA)의 것을 구입하였으며, 10% boron trifluoride in methanol 그리고 기타 일반 시약은 Merck Chemical Co. (Germany)의 것을 사용하였다.

실험방법

조지질의 추출 및 정제

시료를 건조한 후 soxhlet 장치에서 7종 추출용매를 사용하여 90±5°C에서 10시간 추출¹⁸하였고 시료의 총지질은 10배량의 7종 추출용매를 사용하여 각각 추출하고, 추출된 총지질은 Folch법¹⁷에 따라 정제하였다.

지질의 분리 및 정량

7종 추출용매에 의해 추출된 후 정제된 각각의 총지질은 Rouser 등의 방법¹⁸ 및 Marnetti의 방법¹⁹에 따라 silicic acid column chromatography (SACC법)에 의하여 분획하였다.

중성 지질의 분별 및 정량

SACC법에 의하여 분획한 중성지질의 획분을 Stahl의 방법²⁰에 따라 thin layer chromatography (TLC)에 의하여 그의 조성을 분별·확인하였다.

이때 사용된 TLC plate는 미리 만들어진 silica gel G glass sheet (Merck Co., Darmstadt, Germany, thickness : 250μm)였으며, 전개용매는 pet. ether-diethyl ether-acetic acid (110 : 90 : 4, v/v/v)²¹로 분리하였으며, 이때 지질 표준품 (Sigma Chemical Co., USA)도 함께 전개시켜 표준 화합물과 일치하는 분리된 반점을 확인하였다. 분리시킨 후 sulfuric acid-dichromate²²를 발색제로 분무하고 160°C에서 탄화시켰다.

이상과 같이 TLC에 의하여 분리, 확인된 중성지질의 반점은 TLC scanner (Fiber Optic Scanner, Model 800, Knotes Sci. Inst., USA)에 의해 정량하였으며 이때의 기기 분석 조건은 scanning mode : transmission, scanning rate : 5cm/min, wavelength : 440 nm 이었다.

지방산의 분석

총지질과 SACC법에 의하여 7종 추출용매에 의해 분획된 중성지질의 지방산 분석은 2N-potassium hydroxide-methanol 용액으로 비누화시킨 후 지방산을 분리하였으며, 이것을 10% BF₃-methanol 용액을 사용한 Metcalfe 등의 방법²³에 의해 methylation 시켜 지방산 ester를 만들어 이를 gas chromatography (GC)로 분석하였으며 이때의 분석조건은 기기는 Hewlett Packard 5890A, detector는 FID, column은 2m×3mm stainless steel 20% diethyleneglycol

succinate on chromosorb W를 사용하였다.

그리고 상대 머무름 부피 및 머무름 시간을 기질농도의 표준지방산 (F & OR Mixture No. 6, Applied Sci. Laboratories, Inc., USA)의 peak와 시료의 peak를 서로 비교하여 지방산을 확인하고 각 peak 면적의 비율(%)은 HP 3396A integrator로 그 양을 계산하였다.

추출지질의 물리·화학적 특성분석

일반성분은 AOAC법¹⁶⁾에 의하여 분석하였으며 수분은 7.58~7.64%, 조회분 0.71~0.80%, 조지방 32.8~33.3% 그리고 조단백질은 21.2~22.5%로 나타났다. 또한 비중은 비중병에 의한 측정법으로 25°C에서 측정하였으며, 굽诘률은 refractometer (Abbe, Fisher Scientific Co, Model No. 5541, Japan)로 측정하였다. 비누화값 및 비비누화물질은 AOAC법¹⁶⁾에 의하였으며 각 지질의 산값은 AOCS Ca 5a~40¹⁷⁾, 요오드값은 Wijs법¹⁸⁾, 과산화물값은 AOCS cd 8~53¹⁹⁾에 의하여 각각 측정하였으며 비중은 0.922, 굽诘률은 1.467, 비누화값은 191.2, 비비누화 물값은 0.96%, 산값은 0.078, 요오드 값은 124.8, 과산화물값은 1.80로 모든 용매에서 일반 식용유²⁰⁾와 유사하게 나타났다.

결과 및 고찰

조지질의 함량

7종의 추출 용매를 사용하여 추출한 조지질은 Table 1에서와 같이 pet. ether (PE), n-hexane (HX),

benzene (BZ), hexane-diethylether (2:1, v/v) (HD)는 조지질의 추출량이 비슷하며 비가연성인 trichloroethylene (TE), chloroform-methanol (2:1, v/v) (CM) 순으로 조지질 추출량이 많으며 dichloromethane-methanol (2:1, v/v) (DM)이 가장 높게 나타났으며 이 추출량은 PE-HX보다 약 50%정도 높게 나타났다. 이는 Khor와 Chan²¹⁾의 대두지질에서 CM과 DM이 유사하다는 것과는 달리 옥배유에서 DM이 훨씬 CM보다 우수한 것으로 나타났으며 그의 대두유에서 기준용매 (PE, HX, BZ)보다 CM^{13,14)}이, 사탕수수에서는 HE보다 CM이 추출량이 많다는 것¹⁵⁾과 유사하였다.

지질의 조성 및 함량

Folch법²²⁾에 따라 정제한 총지질을 SACC법으로 분획 정량한 지질의 조성은 Table 2에서 지질 조성의 함량비를 보면 중성지질은 BZ, HX, TE, HD 등이 높고 PE, DM이 낮으며 이는 극성 지질 함량이 높게

Table 1. Crude oil component(%) of corn embryo by soxhelt extraction(90±5°C) during 10hrs

Solvents	Crude oil(%) ^{a)}
Benzene	29.67
Hexane	31.08
Pet. ether	30.66
Trichlorethylene	34.25
Chloroform-methanol(2:1,v/v)	37.75
Dichloromethane-methanol(2:1,v/v)	44.98
Hexane-diethyl ether(5: 1, v/v)	31.22

^{a)} Each value is the average of three separate analyses and is expressed as weight %

Table 2. Contents of lipid classes in crude oil extracted from corn embryo

Solvents	Lipid classes(%) ^{a)}		
	NL ^{b)}	PL ^{b)}	GL ^{c)}
Benzene	95.3 (28.32)	0.03 (0.01)	4.5 (1.34)
Hexane	95.6 (29.75)	0.16 (0.05)	4.1 (1.28)
Pet. ether	89.1 (27.35)	0.1 (0.03)	10.7 (3.28)
Trichloroethylene	94.1 (32.25)	0.14 (0.05)	5.7 (1.95)
Chloroform-methanol (2:1, v/v)	92.7 (35.06)	1.8 (0.68)	5.3 (2.01)
Dichlormethane-methanol (2:1, v/v)	84.3 (37.00)	1.3 (0.59)	14.2 (6.40)
Hexane-diethyl ether (5: 1, v/v)	96.5 (30.15)	0.17 (0.05)	3.27 (1.02)

* As percentage of total lipid

Each lipid fraction was separated by silicic acid column chromatography and quantitated by TLC scanner

** All values in parenthesis are the percentages of crude oil

^{a)} NL : neutral lipid

^{b)} PL : phospholipid

^{c)} GL : glycolipid

나타남으로 비율이 낮아진 것이며 중성지질은 대부분 용매에서 대체로 비슷하나 PE와 DM이 약간 낮은 편 이지만, 조지질 용출양에 대한 비는 DM과 CM이 높게 나타나는 것은 이들 용매의 조지질 추출양이 많았기 때문이었다. 당지질은 HX가 4.1%로 가장 낮은데 비해 DM이 14.2%로 높게 나타났으며 PE가 다음이며 다른용매는 유사하다. 인지질은 CM이 1.8%로 가장 높고 DM이 1.3%로 다음이며 PE가 약간 낮게 나타났다. 옥수수 배아에서 인지질보다 당지질의 함량이 높게 나타난것은 옥수수지질과 유사하나 Khor 와 Chan¹³, Takagi와 Yanagita¹⁴ 등과 Osagie¹⁵의 대두 및 사탕수수 지질 연구에서 인지질이 당지질보다 높게 나타난 것과 차이를 나타낸다.

중성지질의 조성과 분별정량

SACCP법에 의해 분획된 중성지질을 TLC plate상에서 분리시키면 7종 용매에서 동일하게 monoglyceride (MG), 1, 3-diglyceride (DG), free fatty acid (FFA), triglyceride (TG), cholesteryl ester (CE) 등 5개의 반점이 확인 되었으며 이를 TLC scanner에 정량한 결과는 Table 3에서 TG (73.8~81.7%)로 가장 많고 DG (11.9~14.2%)로 전체의 86% 이상을 차지하며 CE (0.9~3.1%)가 가장 적게 나타났으며 용매별로 보면

DM에서 TG의 조성비가 81.7%로 가장 높은 반면 PE가 73.8%로 가장 낮게 나타났으며 DG는 CM에서 14.2%로 가장 많고 FFA는 DM에서 가장 적고, CE는 HX와 DM에서 가장 적게 나타났으며 이는 옥수수의 중성지질의 조성²⁵과 대체로 유사한 경향이나 함량은 차이를 나타낸다.

총지질의 지방산 조성

7종의 추출 용매에 의해 추출된 총지질의 지방산 조성은 Table 4와 같이 7종 모두 지방산 함량의 차이는 있으나 주요 지방산으로는 linoleic, oleic, palmitic acids 순으로 나타났으며 이는 옥수수 지질의 지방산 조성은 linoleic, oleic, palmitic acids의 순으로 주성분을 이루고 있다고한 보고²⁶와 유사하며 그외 Meyer²⁶, Weber와 Alexander²⁷의 보고와도 대체로 일치하였다. 총지질의 지방산 조성에서 linoleic acid가 가장 많으며 이를 용매별로 보면 CM, TE, DM에서 높고 PE와 HD가 낮은 반면 PE, HD, HX는 oleic acid가 높게 나타났으며 palmitic acid는 BZ와 HD에서 높은 반면 CM이 가장 낮게 나타났다. 한편 불포화 지방산의 함량비는 CM에서 5.36%, DM에서 4.56%로 높으며 PE가 3.67%로 가장 낮게 나타났다.

Table 3. Composition of neutral lipid^a in corn with embryo buds

Lipid class	Composition (wt %)						
	BZ	HX	PE	TE	CM	DM	HD*
Monoglyceride (MG)	3.8 (3.62) ^b	4.1 (3.91)	5.8 (5.16)	4.3 (4.04)	4.5 (4.17)	2.7 (2.27)	4.6 (4.43)
1,3-diglyceride (DG)	12.9 (12.29)	12.1 (11.56)	13.1 (11.67)	13.8 (12.98)	14.2 (13.16)	11.9 (10.03)	13.5 (13.02)
Free fatty acids (FFA)	3.1 (2.95)	3.5 (3.34)	4.2 (3.74)	5.6 (5.26)	3.4 (3.15)	2.8 (2.36)	3.0 (2.89)
Triglyceride (TG)	78.1 (74.42)	79.4 (75.90)	73.8 (65.75)	74.6 (70.19)	76.7 (71.10)	81.7 (68.87)	75.8 (73.14)
Cholesteryl ester (CE)	2.1 (2.00)	0.9 (0.86)	3.1 (2.76)	1.7 (1.59)	1.2 (1.11)	0.9 (0.75)	3.1 (2.99)

* Neutral lipids were separated on TLC on silica gel G with pet. ether-diethyl ether-acetic acid (110 : 90 : 4, v/v/v) as the developing solvent system.

^b All values in parenthesis are the percent of neutral lipid.

* BZ=benzene

PE=pet. ether

CM=chloroform-methanol(2:1, v/v)

DM=dichloromethane-methanol(2:1, v/v)

HD=hexane-diethyl ether(5:1, v/v)

HX=hexane

TE=trichloroethylene

Table 4. Fatty acid composition of total lipid extracted by seven solvent mixtures in corn embryo

Fatty acids	Fatty acid composition (area %)						
	BZ	HX	PE	TE	CM	DM	HD*
C ₁₄ :0	0.2	0.2	0.4	0.6	0.2	0.2	0.2
C ₁₄ :1	0.01	0.04	0.06	0.02	0.003	0.003	0.03
C ₁₄ :2	tr	0.02	0.03	tr	tr	0.006	0.01
C ₁₆ :0	18.5	17.9	17.8	16.4	14.6	16.3	18.3
C ₁₆ :1	0.01	0.04	0.04	0.01	tr	tr	0.03
C ₁₈ :0	1.7	2.1	3.2	1.4	0.9	1.3	2.1
C ₁₈ :1	29.8	30.3	32.2	28.6	24.2	28.6	32.0
C ₁₈ :2	48.1	46.7	42.3	50.6	56.9	50.2	44.6
C ₁₈ :3	1.5	2.6	3.8	2.2	3.0	2.4	2.6
C ₂₀ :1	tr	tr	0.02	0.01	tr	tr	tr
TSFA ^a	20.4	20.2	21.4	18.4	15.7	17.8	20.6
TUFA ^b	79.42	79.7	78.45	81.44	84.1	81.2	79.27
TUFA/TSFA ^c	3.89	3.95	3.67	4.43	5.36	4.56	3.85

tr : indicates the amount less than 0.001%

^a TSFA : Total Saturated Fatty Acid.^b TUFA : Total Unsaturated Fatty Acid.^c TUFA/TSFA : Total Unsaturated Fatty Acid/Total Saturated Fatty Acid.

* BZ=benzene

PE=pet. ether

CM=chloroform-methanol(2:1, v/v)

DM=dichloromethane-methanol(2:1, v/v)

HD=hexane-diethyl ether(5:1, v/v)

HX=hexane

TE=trichloroethylene

Table 5. Fatty acid composition of neutral lipid in corn embryo extracted by seven solvents

Fatty acids	Fatty acid composition (area %)						
	BZ	HX	PE	TE	CM	DM	HD*
C ₁₄ :0	0.7	0.3	0.3	0.3	0.2	0.4	0.2
C ₁₄ :1	0.27	0.21	0.21	0.27	0.05	0.21	0.18
C ₁₆ :0	11.1	11.5	15.8	12.8	16.4	11.2	11.7
C ₁₆ :1	0.24	0.12	0.25	0.24	0.02	0.25	0.12
C ₁₇ :0	0.1	0.09	0.12	0.10	0.01	0.07	0.09
C ₁₈ :0	1.9	2.0	2.6	1.9	2.2	2.2	2.4
C ₁₈ :1	22.3	31.3	32.4	31.3	31.5	27.8	34.2
C ₁₈ :2	61.0	52.9	46.64	51.0	47.9	57.0	48.9
C ₁₈ :3	0.9	1.2	1.5	1.9	1.7	0.5	1.2
C ₂₀ :1	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
TSFA ^a	13.80	13.89	18.82	15.10	18.81	18.87	14.39
TUFA ^b	84.71	85.73	81.00	84.71	81.17	85.76	84.60
TUFA/TSFA ^c	6.14	6.17	4.30	5.61	4.32	6.18	5.88

tr : indicates the amount less than 0.01%

^a TSFA : Total Saturated Fatty Acid.^b TUFA : Total Unsaturated Fatty Acid.^c TUFA/TSFA : Total Unsaturated Fatty Acid/Total Saturated Fatty Acid.

* BZ=benzene

PE=pet. ether

CM=chloroform-methanol(2:1, v/v)

DM=dichloromethane-methanol(2:1, v/v)

HD=hexane-diethyl ether(5:1, v/v)

HX=hexane

TE=trichloroethylene

중성지질의 지방산 조성

옥수수 배에서 추출한 지질을 SACC법에 의해 분획하여 정량한 중성지질을 GC로 지방산 조성을 정량한 결과는 Table 5와 같다. 중성지질의 주요지방산은 linoleic, oleic, palmitic acids의 함량 순이며 이 같은 결과는 Jahn과 Marquardt²⁰ 및 Miric과 Lalic²¹ 등의 옥수수 중성지질의 주요 지방산 조성과 그리고 김 등²²의 경립종 옥수수의 비극성 지질의 지방산 조성과도 유사하였으며, CM은 palmitic, oleic acids의 함량이 높고 linoleic acid의 함량이 낮은 편이나 DM에서 linoleic acid의 함량이 높으며 HD에서는 oleic acid의 함량이 높게 나타났다. 불포화 지방산의 함량비는 DM, HX와 BZ이 높으며 CM과 PE에서 낮게 나타났다. 이는 Khor와 Chan²³, Osagie²⁴의 대두와 사탕수수 지질과 차이를 나타냈다.

요 약

옥수수 배를 benzene(BZ), n-hexane(HX), pet. ether(PE), trichloroethylene(TE), chloroform-methanol(2:1, v/v)(CM), dichloromethane-methanol(2:1, v/v)(DM), hexane-diethylether(5:1, v/v)(HD)의 7종 용매로 조지질을 추출하여 SACC법으로 비극성과 극성지질을 분리한 후 각각의 지질 조성을 TLC scanner로 측정하고 GC로 지방산 조성을 조사한 결과를 검토하였다. 조지질 추출양은 DM에서 가장 많고 다음은 CM이며 중성지질은 HX, BZ, HD에서 높은 반면 PE, DM에서 낮았으며 함량비에서는 DM과 CM에서 높으며, 당지질은 DM을 사용했을 때 CM, PE, HX 등보다 높고 HD에서 가장 낮았고 인지질은 CM에서 가장 높게 나타났다. 중성지질의 분별정량에서 triglyceride는 DM에서 높고 PE에서 낮은 편이며 1,3-diglyceride는 CM에서 높고 DM에서는 낮았다. 총지질의 지방산 조성은 linoleic acid가 주요 성분이며 이는 CM에서 높은 편이며 oleic acid는 PE, HD등을 사용했을 때 CM보다 높고 중성지질의 지방산 조성도 linoleic acid가 가장 많고 BZ에서 높게 나타났으며 PE, CM, HD 등에서는 낮고 oleic acid는 비슷하나 DM, BZ에서는 낮다. Palmitic acid는 CM, PE에서 가장 높게 나타났다.

문 헌

1. Gunstone, F. D., Harwood, J. L. and Padley, F. B. : Processing of fats and oils ; *The lipid handbook*. Chapman and Hall, New York, p. 187 (1986)
2. Pott, N. N. : Production and processing methods, *Food Science*, The Avi Publishing Co., 4th, ed., p. 449 (1987)
3. Gunstone, F. D. and Norris, F. A. : Lipids in foods ; *Chemistry, biochemistry and technology*, Pergamon Press, p. 95 (1983)
4. Brekke, O. L. : Their preparation and uses in handbook of soy oil processing and utilization ; *Soybean oil food products*. Elsevier Press, New York, p. 383 (1980)
5. Hoffman, H. H. : Comparative studies of solvent mixtures for the lipids. *J. Assoc. Offic. Agr. Chem.*, 34, 558 (1951)
6. Belitz, H. D. and Grosch, W. : Melting properties ; *Food chemistry*, Springer-verlag Press, Berlin, p. 128 (1987)
7. Fennema, O. R. : Separation and isolation procedures ; *Principles of food science*, Marcel Dekker Inc, p. 139 (1976)
8. 日本薬學會編 *衛生試験法*·注解：食品成分試験法。金原出版株式會社, p. 1316 (1986)
9. 福世鴻, 黃相容, 朴敬植 : 溶剤 및 抽出剤, 食品添加物。開文社, p. 260 (1990)
10. Masako, O., Furuya, E. and Takako, K. : Function of reticuloendothelial system on carbon tetrachloride induced liver injury in mice, Japan. *J. Pharmacol.*, 39, 503 (1985)
11. Siegers, C. P., Paul, V., Korb, G. and Younnes, M. : Hepato protection by malotilate against carbon tetrachloride. Alcohol induced liver fibrosis. *Agents and Action*, 18, 516 (1986)
12. Song, G. H., Cho, S. Y. and Park, M. L. : Effect of dietary vitamin E on the lipid composition of rats treated with carbon tetrachloride, *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 19(4), 279 (1990)
13. Khor, H. T. and Chan, S. L. : Comparative studies of three solvent mixtures for the extraction of soybean lipids. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 62 (1), 98 (1985)
14. Takagi, Y. and Yanagita, T. : Comparative studies of the solvent mixtures for the extraction of soybean lipid. *Sara Daigaku Nogakubu Iho.*, 59, 23 (1985)
15. Osagie, A. U. : Total lipid of sorghum grain. *J. Agric. Food Chem.*, 35, 601 (1987)
16. A.O.A.C. : *Official methods of analysis*, 13th, ed., Association of official analytical chemists, Washington, D. C., p. 223 (1980)

17. Folch, J., Lees, M. and Sloane-Stanley, G. H. : A simple method for the isolation and purification total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, **226**, 497(1957)
18. Rouser, G., Kritchersky, G. and Simon, G. : Quantitative analysis of brain and spinach leaf lipids employing silicic acid column chromatography and acetone for elution of glycolipids. *Lipids*, **2**(1), 37(1967)
19. Marnetti, G. V. : Lipid Chromatography Analysis, Marcel Dekker, Inc., New York, p. 118(1967)
20. Stahl, E. : Thin Layer Chromatography, Academic Press, New York, p. 105(1969)
21. Morris, R. : Techniques of lipidology, North-Holland Pub. Co. New York, p. 428(1975)
22. Amenta, J. S. : A rapid chemical method for quantification of lipids separated by thin layer chromatography, *J. Lipid Research*, **5**, 270(1964)
23. Metcalfe, L. D., Schmitz, A. A. and Palka, J. R. : Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. *Anal. Chem.*, **38**, 514(1966)
24. A. O. C. S. : *Official and tentative method of AOCS*, 3rd. ed., AOCS, Champaign(1973)
25. Price, P. B. and Parsons, J. G. : Lipids of seven cereal grains. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **52**(12), 490(1975)
26. Meyer, L. H. : Food Chemistry, Van Nostrand Reinhold Company, 3rd. ed., p. 18(1978)
27. Weber, E. J. and Alexander, D. E. : Breeding for lipid composition in corn. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **52**(9), 370(1975)
28. Jahn D. W. and Marquard, R. : Fat quality in German corn-growing regions with special consideration of linoleic acid contents. *Z. Lebensm. Unters. Forsh.*, **159**(5), 271(1975)
29. Miric, M. and Lalic, Z. : Composition of certain lipid fractions in some corn hybrids. *Hrana Isbrana*, **22**, 125(1981)
30. 김덕진, 전영민 : 경립종 옥수수의 성장과정에 따른 지질 변화-비극성지질에 대한 연구. *한국영양식량학회지*, **20**(5), 467(1991)

(1991년 11월 20일 접수)