

유지의 가열 및 저장에 따른 Trans 지방산 생성에 관한 연구 (I)

— 일부 이화학적 특성 및 Trans 지방산 함량변화를 중심으로 —

김 덕 숙·구 본 순·안 명 수*

서일전문대학 식품가공학과, 성신여자대학교 식품영양학과*

A Study on the Formation of Trans Fatty Acids with Heating and Storage of Fats and Oils (I)

— The Change of Physicochemical Characteristics
and Total Trans Fatty Acids Content —

Duck Sook, Kim, Bon Soon, Koo and Myung Soo, Ahn*

Dept. of Food Technology, Seoil Junior College

*Dept. of Food and Nutrition, Sungshin Women's University**

Abstract

The cause and the degree of the cis to trans isomerization were investigated about soybean oil (SBO), corngerm oil (CGO), cottonseed oil (CSO), margarine (MG) and shortening (ST).

All samples treated with various conditions were analyzed to determine physicochemical characteristics (AV, POV, IV, RI), fatty acid composition, total trans fatty acid content and change of trans fatty acid composition by GLC, IR and HPLC.

The results were obtained as follows;

1. Physicochemical constants were changed with a gentle slope according to incubating period at $40 \pm 2^\circ\text{C}$ and physicochemical constants of margarine and shortening were changed, significantly.

2. The saturation degree in the unsaturated fatty acid composition determined by GLC gradually were increased during incubation and heating periodically.

For palmitic-and stearic acid content at the samples stored in the incubator, the saturation degrees were gradually increased. But for the case of heat treatment, they were increased more rapidly than other fatty acids.

3. Total trans fatty acid contents in each samples were determined by GLC, IR and HPLC,

the amount of trans fatty acids were measured with discrepancy.

It was caused by deviation of analytical instruments, methods and the kinds of samples. Trans fatty acids were measured more definitely in IR more than GLC and HPLC.

On the other hand, total trans fatty acid contents in average levels for SBO, CGO, CSO, MG and ST stored for 35 days and heated for 24 hours were 1.3%, 1.1%, 0.9%, 22.6% and 13.8%, and 3.6%, 3.0%, 2.8%, 41.2% and 20.8%, respectively.

I. 서 론

식용유지 및 유지 가공 제품중에 함유되어 있는 trans 지방산과 공액형 이성체는 “비 생리적” 또는 “비 정상적” 물질로 정의되며¹⁾ 이들은 식용유지의 추출·정제(탈취) 과정 및 고온 처리와 마아가린, 쇼트닝 제조시 경화 공정^{3,4)}에서, 또한 포유동물이 지방을 소화시키는 동안 bacteria의 작용^{5,6)}에 의해 형성될 수 있다. 이때 형성되는 이성화된 polyunsaturated fatty acid (PUFA) 및 cis-trans, trans-trans isomers는 true essential fatty acid (EFA)로써 작용하지 않으며 오히려 EFA대사시에 중요한 rate-limiting enzyme인 $\Delta 6$ -desaturase의 활성을 저하시켜 정상적인 지질대사를 방해한다⁷⁻⁹⁾.

Trans 지방산의 산화 생성물은 유암^{10,11)} 및 대장암^{12,13)}유발, 동맥 경화증¹⁴⁻²⁰⁾, cholesterol과의 관계²¹⁻²⁴⁾등에 유익하지 못한 생물학적 영향을 나타내는 것으로 알려지고 있으며 특히 trans, transoctadecadienoic acid는 인체내에서 혈청 cholesterol양을 높이고 peripheral neuropathy를 유발시키는 것으로 보고¹⁵⁾하고 있다. 뿐만아니라 trans 지방산은 모유에 존재하는 prostaglandin (PG) 생합성을 감소시키고²⁵⁾ 뇌세포의 myelination을 감소시켜 유아에게도 좋지 못한 영향을 미친다는 연구도 있다²⁶⁾.

한편 식품의 품질 평가 및 생리적 기능에서 중요한 의의를 지니고 있는 trans 지방산 함량 측정에는 TLC, GLC, IR, HPLC, CC등 각종 기기분석이 제시된바 있고 실제로 이용되고 있다. 이들 분석법들 간의 측정 결과는 상호간에 큰 차이를 보일뿐만 아니라 서로간에 장·단점이 발견되고 있어 이들 분석기기 및 방법에 따른 오차를 극소화하고 설비 및 조작의 단순화를 통한 좀더 체계적이고 확립된 분석법의 제시가 필요하다.

지금까지의 trans 지방산에 대한 연구 방향은 trans

지방산의 구조^{1,15,27)}, 성질^{28,29)}, 생성경로⁶⁾, 화학분석법³⁰⁻³³⁾, 천연 및 가공식품 중에서의 존재에^{4,34-38)} 관한 것들이다. 그러나 국내에서는 조³⁹⁾, 안⁴⁰⁾, 원⁴¹⁾ 등의 연구로 trans 지방산에 관한 일부의 연구가 진행되었을뿐 식용유지 및 그 가공품들의 trans 지방산 생성 유무 및 정도에 관한 연구는 거의 이루어진 바 없다.

본 연구에서는 시판 식용유인 대두유, 옥수수유, 면실유와 가공유지인 마아가린, 쇼트닝에 대한 항온저장 및 가열시 이화학적 특성, 지방산 조성등을 측정하고 GLC, IR, HPLC를 이용한 trans 지방산 함량을 측정하여 분석법간의 상관관계를 고찰하였다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 실험재료

1) 시료

본 실험에 사용한 식용유 및 그 가공품은 시판 대두유(동방유량), 옥수수유(샘표식품), 면실유(동방유량), 마아가린(오뚜기식품) 및 쇼트닝(삼립유지)을 각 업체에서 1989년 1월초에 제조된 제품들로 구입하여 사용하였다. 이들 시료의 일부 이화학적 특성 및 지방산 조성은 Table 1, 2에 나타난 바와 같다.

2) 항온 저장 시료 및 가열 시료의 조제

항온 저장 시료는 $40 \pm 2^\circ\text{C}$ 의 항온기(Precision Scientific Model 355371, U.S.A)에 35일간 저장하면서 5일 간격으로, 가열 시료는 각 시료 3 l를 Stainless Steel frying pan (diam; 65 cm, depth: 45 cm)에 24시간 동안 $185 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 유지·가열하면서 2시간 간격으로 시료를 채취하여 실험시에 사용할때까지 냉동보관하였다.

2. 실험 방법

1) 이화학적 특성

시료의 이화학적 성질을 측정하기 위하여 산값(AV: Acid Value), 과산화물값(POV, Peroxide value.

Table 1. Physicochemical characteristics of the oils and processed fats

Physicochemical Characteristics	Samples				
	SBO	CGO	CSO	MG	ST
Acid value	0.042±0.01	0.072±0.01	0.041±0.01	0.473±0.00	0.084±0.02
Peroxide value (meq/Kg·oil)	3.2±0.1	2.6±0.2	2.5±0.0	5.4±0.3	2.6± 0.6
Iodine value	133.6±0.9	120.9±0.4	91.1±1.1	108.3±0.7	36.5±1.3
Refractive index (25°C, 40°C)	1.4722	1.4722	1.4722	1.4589	1.4599

Abbreviations : SBO ; Soybean oil, CGO ; Corngerm oil, CSO ; Cottonseed oil, MG ; Margarine and ST ; Shortening

Table 2. Fatty acid composition of oils and processed fats (%)

Fatty acid	SBO	CGO	CSO	MG	ST
C _{8:0}	—	—	—	—	2.9
C _{10:0}	—	—	—	—	1.6
C _{12:0}	—	—	—	—	11.8
C _{14:0}	—	—	0.9	0.1	6.3
C _{16:0}	10.7	12.6	28.3	11.9	21.7
C _{16:1}	—	—	2.1	0.1	3.1
C _{18:0}	3.8	3.2	3.9	6.4	17.2
C _{18:1}	24.6	28.3	24.5	36.4	29.1
C _{18:2}	52.8	55.9	40.3	44.0	5.7
C _{18:3}	8.1	—	—	0.6	0.6
C _{20:0}	—	—	—	0.3	—
C _{20:1}	—	—	—	0.2	—

* Abbreviations : SBO ; Soybean oil, CGO ; Corngerm oil, CSO ; Cottonseed oil, MG ; Margarine and ST ; Shortening

meq/kg·old), 요오드값 (IV, Iodine Value)은 각각 AOCS⁴²⁾ cd 3a-63, cd 8-53, cd 1-25에 의하였다. 굴절율 (RI, Refractive Index)은 AOCS Cc-7-25법에 의하여 Abbe refractometer로 대두유, 옥수수유 및 면실유는 25°C에서, 마아가린, 쇼트닝은 40°C에서 각각 측정하였다.

2) 지방산 조성

시료 유지의 지방산 methyl ester는 12.5% BF₃-MeOH를 사용하여 Morrison들⁴³⁾의 공정에 따라 조제하였다. RRT (Relative Retention Time)은 동정된 peak를 표준 지방산의 methyl ester (Supelco Co., U. S.A.)의 RRT와 비교하여 지방산 methyl ester를 동정하였고 % Area로 나타내었다.

3) Trans 지방산 함량

각 시료의 trans 지방산 함량은 GLC, IR, HPLC에 의하여 각각 측정후 기기간의 상관관계를 고찰하였다.

시료 유지의 지방산 methyl ester화는 Morrison들⁴³⁾의 방법에 따랐으며 GLC에 의한 trans지방산 함량 측정은 Lawrence들⁴⁴⁾의 분석법에 의하였다.

적외선 분광 광도계 (IR)에 의한 trans 지방산 함량은 Madison들⁴⁵⁾의 방법에 따라, HPLC에 의한 trans 지방산 함량 측정은 Battaghia들⁴⁶⁾의 방법에 의하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 시료 유지의 이화학적 특성

1) 항온 저장시 유지 산패도의 변화

대두유, 옥수수유, 면실유, 마아가린, 쇼트닝을 항온 기 (40±2°C)에서 35일간 저장하면서 5일 간격으로 채취하여 AV, POV, IV, RI를 측정한 결과는 Table 3과 같았다. Table 3에서 볼 수 있듯이 AV의 경우 마아가린, 쇼트닝은 초기 0.236, 0.084에서 각각 저장 35일 후에 0.341, 0.218로 가장 민감한 변화를 나타내었다. 한편 POV는 옥수수유의 경우 초기 2.6에서 10.6 meq/kg·oil로 그 변화폭이 컸다.

RI는 온도에 따라 크게 좌우되며 유지 혼합물의 성분 결정, 분산, 가열산화의 척도로서 이용되는 중요한 함수로 이는 특히 IV와 비례적 관계에 있다⁴⁷⁾. 본 실험의 모든 시료유 중의 IV, RI는 저장 기간중 비교적 큰 변화를 나타내지 않았다. 따라서 옥수수유, 마아가린, 쇼트닝은 저장 기간에 따른 산패에 민감한 유지이고 대두유, 면실유는 비교적 안정한 유지로 나타났다.

Table 3. Changed of some chemical properties of each oil and processed fat incubated at 40 ± 2°C for 35 days

Rancidity	Storage time (days)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	
Acid-Value	SBO	0.042±0.001	0.063±0.003	0.061±0.002	0.064±0.002	0.096±0.004	0.100±0.003	0.102±0.005	0.109±0.003
	CGO	0.072±0.001	0.102±0.002	0.315±0.001	0.142±0.003	0.140±0.006	0.142±0.002	0.217±0.003	0.224±0.007
	CSO	0.041±0.001	0.041±0.000	0.061±0.004	0.063±0.002	0.063±0.003	0.093±0.001	0.100±0.006	0.102±0.008
	MG	0.236±0.000	0.251±0.001	0.254±0.003	0.301±0.003	0.318±0.002	0.327±0.002	0.329±0.005	0.341±0.001
	ST	0.084±0.002	0.126±0.008	0.185±0.006	0.199±0.002	0.260±0.005	0.269±0.003	0.283±0.001	0.287±0.001
Peroxide-Value (meq/kg. oil)	SBO	3.2±0.1	4.8±0.1	5.8±0.2	5.5± 0.9	6.1±0.6	7.4±0.3	7.7±0.2	8.7±0.1
	CGO	2.6±0.2	3.0±0.0	3.2±1.1	3.9±0.5	4.4±0.6	5.2±0.1	6.8±0.8	10.6±0.6
	CSO	2.5±0.0	2.5±0.7	2.7±0.6	2.7±0.1	3.0±0.4	3.5±0.5	3.6±0.3	3.6±1.0
	MG	5.4±0.3	9.7±0.1	11.0±0.1	10.3±0.7	11.9±0.5	13.0±0.3	13.0±1.0	12.7±0.9
	ST	2.6± 0.6	3.4±0.5	4.1±0.2	4.1±0.2	3.4±0.8	4.8±0.1	4.6±0.2	4.2±0.8
Iodine-Value	SBO	133.6±0.9	132.7±3.1	132.2±1.3	132.0±0.8	131.6±0.9	131.0±1.7	130.1±2.1	130.0±0.5
	CGO	120.9±0.4	119.4±0.8	119.7±1.5	119.0±0.5	118.7±0.6	117.6±1.7	117.3±0.3	116.5±0.7
	CSO	91.1±1.1	90.4±0.6	89.6±0.7	89.6±0.5	88.6±0.9	87.7±0.1	87.1±1.0	86.2±0.3
	MG	108.3±0.17	107.4±0.19	107.1±1.4	107.2±1.7	106.0±0.6	105.2±0.17	104.3±1.5	103.5±0.8
	ST	36.5±1.3	34.7±0.18	33.6±0.7	34.7±1.8	34.9±1.6	33.4±0.1	31.8±0.7	31.0±0.5
Refractive Index	SBO	1.4722	1.4722	1.4723	1.4723	1.4724	1.4725	1.4725	1.4726
	CGO	1.4722	1.4723	1.4723	1.4723	1.4724	1.4726	1.4729	1.4729
	CSO	1.4722	1.4722	1.4722	1.4723	1.4723	1.4723	1.4723	1.4724
	MG	1.4589	1.4589	1.4589	1.4589	1.4590	1.4589	1.4590	1.4591
	ST	1.4599	1.4599	1.4599	1.4599	1.4599	1.4599	1.4599	1.4599

(1) Acid Value (AV) were determined by the A.O.C.S. official method.

(2) Peroxide Value (POV) were determined by the A.O.C.S. official method and expressed as meq/kg. oil.

(3) Iodine Value (IV) were determined by the A.O.C.S. official method (Wijs method).

(4) Refractive Index (RI) were determined by the A.O.C.S. official method. (Detection temp. SBO, CGO, CSO : 25°C, MG, ST : 40°C)

Table 4. Continued

Rancidity	Heating time (hr)						
	14	16	18	20	22	24	
Acid-Value	SBO	0.157±0.001	0.161±0.007	0.168±0.001	0.182±0.001	0.196±0.009	0.210±0.003
	CGO	0.201±0.001	0.248±0.007	0.269±0.006	0.280±0.003	0.298±0.001	0.311±0.005
	CSO	0.150±0.001	0.151±0.006	0.168±0.004	0.171±0.001	0.172±0.006	0.172±0.009
	MG	0.341±0.008	0.347±0.009	0.366±0.001	0.377±0.008	0.405±0.003	0.417±0.015
	ST	0.266±0.001	0.273±0.001	0.276±0.005	0.291±0.002	0.301±0.003	0.318±0.009
Peroxide-Value (meq/kg. oil)	SBO	17.9±0.5	17.3±1.0	19.2±0.2	20.2±0.5	20.8±0.3	20.5±0.6
	CGO	5.8±0.2	6.5±1.1	9.0±0.3	10.6±0.3	11.9±0.1	15.1±0.1
	CSO	3.9±0.9	4.6±0.3	5.5±0.2	4.8±1.1	6.5±0.5	7.4±0.2
	MG	18.4±0.1	18.9±1.1	18.7±0.9	21.3±0.2	22.8±0.3	24.8±0.1
	ST	4.6±0.9	4.9±0.5	4.9±0.7	5.8±0.5	6.1±1.3	6.8±0.1
Iodine-Value	SBO	127.9±0.1	126.9±0.7	125.6±0.9	125.0±0.9	124.9±0.9	123.2±0.7
	CGO	117.6±0.9	116.6±0.7	116.5±0.9	116.5±0.3	114.6±0.6	115.1±0.5
	CSO	86.2±0.6	85.8±0.9	84.7±1.5	84.3±0.7	83.4±0.6	83.0±0.5
	MG	107.3±0.5	105.6±1.8	104.9±0.7	104.2±0.6	103.7±0.2	102.7±0.7
	ST	33.0±1.2	32.4±0.8	32.0±0.7	31.0±0.9	30.2±0.3	30.2±0.5
Refractive Index	SBO	1.4732	1.4734	1.4736	1.4737	1.4739	1.4742
	CGO	1.4742	1.4742	1.4745	1.4744	1.4749	1.4750
	CSO	1.4729	1.4730	1.4731	1.4734	1.4731	1.4736
	MG	1.4594	1.4595	1.4596	1.4595	1.4597	1.4598
	ST	1.4601	1.4601	1.4602	1.4603	1.4603	1.4603

(1) Acid Value (AV) were determined by the A.O.C.S. official method.

(2) Peroxide Value (POV) were determined by the A.O.C.S. official method and expressed as meq/kg. oil.

(3) Iodine Value (IV) were determined by the A.O.C.S. official method (Wijs method).

(4) Refractive index (RI) were determined by the A.O.C.S. official method (Detection temp. : SBO, CGO, CSO ; 25°C, MG, ST ; 40°C).

2) 가열시 유지 산패도의 변화

식료유의 가열에 따른 산패 정도를 측정하기 위하여 185±2°C에서 24시간동안 가열하면서 2시간 간격으로 채취하여 측정된 일부 이화학적 특성의 결과는 Table 4와 같았다. Table 4와 같이 가열 처리시 그 변화폭이 상

대적으로 컸으나 마아가린과 쇼트닝은 장기 저장 시료와 전체적으로 경비에 관계로 안정성이 낮은 것으로 나타났다.

Table 5. Changes of fatty acid composition of each oil and processed fat incubated at 40 ± 2°C for 35 days (%)

Samples	FA Storage time (days)	Fatty acid composition (%)												
		C _{6,0}	C _{8,0}	C _{10,0}	C _{12,0}	C _{14,0}	C _{16,0}	C _{16,1}	C _{18,0}	C _{18,1}	C _{18,2}	C _{18,3}	C _{20,0}	C _{20,1}
SBO	0	—	—	—	—	—	10.7	—	3.8	24.6	52.8	8.1	—	—
	5	—	—	—	—	—	10.8	—	3.9	24.7	52.5	8.1	—	—
	10	—	—	—	—	—	10.9	—	3.9	24.7	52.4	8.1	—	—
	15	—	—	—	—	—	10.9	—	3.8	24.8	52.4	8.1	—	—
	20	—	—	—	—	—	10.8	—	3.9	24.8	52.5	8.0	—	—
	25	—	—	—	—	—	10.8	—	4.0	25.0	52.3	7.9	—	—
	30	—	—	—	—	—	10.9	—	4.0	25.1	52.3	7.7	—	—
	35	—	—	—	—	—	11.1	—	3.9	24.9	52.3	7.8	—	—
CGO	0	—	—	—	—	—	12.6	—	3.2	28.3	55.9	—	—	—
	5	—	—	—	—	—	12.6	—	3.2	28.5	55.7	—	—	—
	10	—	—	—	—	—	12.6	—	3.4	28.5	55.5	—	—	—
	15	—	—	—	—	—	12.8	—	3.4	28.6	55.2	—	—	—
	20	—	—	—	—	—	12.7	—	3.4	28.8	55.1	—	—	—
	25	—	—	—	—	0.1	13.0	—	3.5	28.7	54.7	—	—	—
	30	—	—	—	—	0.1	13.0	—	3.4	28.9	54.6	—	—	—
	35	—	—	—	—	0.1	13.2	—	3.4	29.1	54.2	—	—	—
CSO	0	—	—	—	—	0.9	28.3	2.1	3.9	24.5	40.3	—	—	—
	5	—	—	—	—	0.9	28.5	2.2	3.8	24.5	40.1	—	—	—
	10	—	—	—	—	0.9	28.6	2.1	4.0	24.6	39.8	—	—	—
	15	—	—	—	—	0.9	28.4	2.2	4.0	24.5	40.0	—	—	—
	20	—	—	—	—	0.9	28.5	2.3	4.1	24.7	39.5	—	—	—
	25	—	—	—	—	1.0	28.9	2.2	3.9	25.0	39.0	—	—	—
	30	—	—	—	—	1.0	29.0	2.1	4.0	25.2	38.7	—	—	—
	35	—	—	—	0.1	0.9	29.0	2.2	4.3	25.2	38.3	—	—	—
MG	0	—	—	—	—	0.1	11.9	0.1	6.4	36.4	44.0	0.6	0.3	0.2
	5	—	—	—	—	0.1	11.9	0.1	6.6	36.7	43.5	0.6	0.3	0.2
	10	—	—	—	—	0.1	11.9	0.1	6.5	36.9	43.4	0.6	0.3	0.2
	15	—	—	—	—	0.1	11.8	0.1	6.5	36.5	43.9	0.6	0.4	0.1
	20	—	—	—	0.1	0.1	11.8	0.1	6.7	37.1	43.1	0.6	0.3	0.1
	25	—	—	0.1	0.1	0.1	12.0	—	6.6	37.4	42.6	0.6	0.4	0.1
	30	—	—	—	0.1	0.1	12.1	—	6.8	37.7	42.0	0.7	0.4	0.1
	35	—	—	0.1	0.1	0.1	12.0	—	6.8	38.1	41.5	0.7	0.4	0.2
ST	0	—	2.9	1.6	11.8	6.3	21.7	3.1	17.2	29.1	5.7	0.6	—	—
	5	—	2.9	1.6	12.0	6.4	21.9	3.2	17.5	29.0	4.9	0.6	—	—
	10	—	3.0	1.6	11.8	6.6	22.3	3.1	17.6	28.9	4.5	0.6	—	—
	15	—	2.9	1.8	11.9	6.3	21.8	3.1	17.3	29.1	5.3	0.5	—	—
	20	—	2.9	1.7	12.0	6.1	21.5	3.1	17.3	29.3	5.6	0.5	—	—
	25	0.2	2.8	1.6	12.2	6.4	21.3	3.2	17.6	29.3	5.0	0.4	—	—
	30	—	2.8	1.8	12.3	6.7	21.4	3.4	17.8	29.3	4.1	0.4	—	—
	35	—	2.9	1.8	12.2	6.8	21.4	3.2	18.1	29.2	4.0	0.4	—	—

2. 지방산 조성

각종 유지를 40±2°C에서 항온 저장 및 185±2°C에서의 가열 처리시 지방산 조성 변화를 측정한 결과는 Table 5, 6과 같다. 대두유의 지방산 조성은 항온 저장시 최초의 P/S ratio가 85.5/14.5에서 35일 저장후 85.0/15.0으로 포화도가 약간 증가하였으며 이들의 지

방산 조성 변화를 볼 때 C_{16:0} 및 C_{18:0}의 포화 지방산과 아울러 불포화 지방산인 C_{18:1}의 함량이 증가되어 C_{18:2} 및 C_{18:3}의 감소와 대조를 이루었다. 옥수수유의 경우 C_{18:2}가 전체 지방산의 55.9%를 차지하였으며 초기에는 존재하지 않았던 C_{14:0}가 35일 저장후 0.1% 생성된 반면 가열 시료유에서는 생성되지 않았다. 대두유, 옥수수유, 면실유와는 달리 마아가린과 쇼트닝은 가공 유지 제

Table 6. Changes of fatty acid composition of each oil and processed fat heated at 185 ± 2°C for 24 hours (%)

Samples	Storage time (hr)	FA											
		C _{8:0}	C _{10:0}	C _{12:0}	C _{14:0}	C _{16:0}	C _{16:1}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}	C _{20:0}	C _{20:1}
SBO	0	—	—	—	—	10.7	—	3.8	24.6	52.8	8.1	—	—
	2	—	—	—	—	10.8	—	3.8	24.8	52.6	8.0	—	—
	4	—	—	—	—	11.0	—	3.8	24.9	52.4	7.9	—	—
	6	—	—	—	—	11.1	—	3.9	25.1	52.3	7.6	—	—
	8	—	—	—	—	11.3	—	4.1	25.2	52.0	7.4	—	—
	10	—	—	—	—	11.4	—	4.1	25.4	51.6	7.5	—	—
	12	—	—	—	—	11.5	—	4.3	25.7	51.2	7.3	—	—
	14	—	—	—	—	11.6	—	4.5	25.7	50.8	7.4	—	—
	16	—	—	—	—	11.9	—	4.5	25.9	50.5	7.2	—	—
	18	—	—	—	—	12.2	—	4.7	26.0	50.1	7.0	—	—
	20	—	—	—	—	12.1	—	4.9	26.2	49.8	7.0	—	—
	22	—	—	—	—	12.2	—	4.8	26.3	49.6	7.1	—	—
24	—	—	—	—	12.5	—	5.2	26.4	49.1	6.8	—	—	
CGO	0	—	—	—	—	12.6	—	3.2	28.3	55.9	—	—	—
	2	—	—	—	—	12.7	—	3.2	28.5	55.6	—	—	—
	4	—	—	—	—	12.7	—	3.1	28.5	55.5	—	—	—
	6	—	—	—	—	12.8	—	3.3	28.5	55.4	—	—	—
	8	—	—	—	—	12.9	—	3.3	28.6	55.2	—	—	—
	10	—	—	—	—	13.0	—	3.3	28.7	55.0	—	—	—
	12	—	—	—	—	13.1	—	3.4	28.8	54.7	—	—	—
	14	—	—	—	—	13.2	—	3.5	28.9	54.4	—	—	—
	16	—	—	—	—	13.2	—	3.5	29.9	53.4	—	—	—
	18	—	—	—	—	13.2	—	3.4	30.0	53.4	—	—	—
	20	—	—	—	—	13.2	—	3.4	30.1	53.3	—	—	—
	22	—	—	—	—	13.5	—	3.7	30.0	52.8	—	—	—
24	—	—	—	—	13.6	—	3.5	30.0	52.9	—	—	—	
CSO	0	—	—	—	0.9	28.3	2.1	3.9	24.5	40.3	—	—	—
	2	—	—	—	0.9	28.4	2.1	3.9	24.6	40.1	—	—	—
	4	—	—	—	0.9	28.5	2.4	4.0	24.7	39.5	—	—	—
	6	—	—	—	1.0	28.5	2.4	4.0	25.2	38.9	—	—	—
	8	—	—	—	1.0	28.6	2.7	4.0	25.2	38.5	—	—	—
	10	—	—	—	1.0	28.7	2.6	4.0	25.5	38.2	—	—	—
	12	—	—	—	1.0	28.7	2.7	4.0	25.6	38.0	—	—	—
	14	—	—	—	1.1	28.9	2.8	4.0	25.5	37.7	—	—	—
	16	—	—	—	1.1	28.8	3.0	4.0	25.6	37.5	—	—	—
	18	—	—	—	1.1	29.2	3.0	4.0	25.8	36.9	—	—	—
	20	—	—	—	1.1	29.3	3.0	4.0	25.9	36.7	—	—	—
	22	—	—	—	1.2	29.3	3.1	4.1	26.1	36.2	—	—	—
24	—	—	—	1.2	29.5	3.1	4.1	26.1	36.0	—	—	—	

Table 6. Continued

Samples	FA Storage time (hr)	C _{8:0}	C _{10:0}	C _{12:0}	C _{14:0}	C _{16:0}	C _{16:1}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}	C _{20:0}	C _{20:1}
		<hr/>											
MG	0	--	--	--	0.1	11.9	0.1	6.4	36.4	44.0	0.6	0.3	0.2
	2	--	--	--	0.1	12.0	0.1	6.5	36.3	43.8	0.7	0.3	0.2
	4	--	--	--	0.1	11.9	0.2	6.4	36.5	43.6	0.6	0.3	0.2
	6	--	--	--	0.1	11.8	0.2	6.5	36.8	43.3	0.8	0.3	0.2
	8	--	--	--	0.1	12.0	0.2	6.6	36.7	43.0	0.9	0.3	0.2
	10	--	--	--	0.1	12.0	0.1	6.6	36.8	43.1	0.8	0.3	0.2
	12	--	--	--	0.1	12.1	0.2	6.6	36.8	42.9	0.8	0.3	0.2
	14	--	--	--	0.1	12.1	0.2	6.6	36.7	43.0	0.8	0.3	0.2
	16	--	--	--	0.1	12.5	0.2	6.5	37.6	41.8	0.8	0.3	0.2
	18	--	--	--	0.1	12.5	0.2	6.9	37.5	41.5	0.8	0.3	0.2
	20	--	--	--	0.3	12.5	0.2	7.5	37.4	41.2	0.7	0.3	0.3
	22	--	--	--	0.1	12.6	0.1	7.5	37.4	41.2	0.6	0.4	0.1
	24	--	--	--	0.1	12.8	0.1	7.7	37.3	40.9	0.6	0.4	0.1
	<hr/>												
ST	0	2.9	1.6	11.8	6.3	21.7	3.1	17.2	29.1	5.7	0.6	--	--
	2	2.8	1.8	12.1	6.4	21.4	3.1	17.3	29.3	5.2	0.6	--	--
	4	2.5	1.5	12.0	6.3	22.0	3.2	17.6	29.2	4.9	0.8	--	--
	6	1.8	1.4	12.0	6.5	22.3	3.2	17.5	29.5	5.0	0.8	--	--
	8	1.3	1.5	12.2	6.6	22.4	3.2	17.6	29.5	4.8	0.9	--	--
	10	1.3	1.9	12.5	6.7	22.4	3.2	17.7	29.4	4.1	0.8	--	--
	12	1.3	1.9	12.2	6.9	22.6	3.2	17.9	29.5	3.8	0.7	--	--
	14	1.3	1.8	12.1	7.2	22.6	3.2	17.8	29.1	4.2	0.7	--	--
	16	1.1	1.8	12.4	7.1	22.6	3.2	17.8	29.4	3.9	0.7	--	--
	18	1.5	2.3	12.4	7.0	22.3	3.2	17.7	29.1	3.9	0.6	--	--
	20	2.1	2.4	12.8	6.5	22.2	3.2	17.7	28.9	3.6	0.6	--	--
	22	2.2	2.5	13.0	6.6	22.3	3.1	17.7	28.4	3.7	0.5	--	--
	24	2.4	2.6	13.0	6.4	22.1	3.1	17.6	28.7	3.6	0.5	--	--

서는 저급 지방산이 생성되지 않았는데 이러한 현상은 고온 처리시 그 POV가 급격히 증가한 것에서 볼 수 있는 바와 같이 과산화물의 분해량 보다는 hydroperoxides의 생성량이 더 많기 때문으로 사료된다. 쇼트닝의 지방산 조성은 앞서의 어떠한 시료에서 보다는 복잡하여 C_{6:0}에서부터 C_{18:3}에 이르기까지 다양하게 검출되었다. 이는 동물성 어유, 식물성 기름등 그 원료유 자체가 몇 가지 기름을 이용한 혼합유였기 때문이다.

이상과 같이 GLC로 분석한 지방산 조성의 변화는 저장 및 가열의 진행에 따라 점진적으로 포화도가 증가되어 그 정도의 차이는 있었으나 각 시료들에서 유의적 관계를 나타내었다. 한편 불포화 지방산은 전체적으로 감소하는 경향을 보였으나 C_{18:1}은 오히려 증가하여 대조적 이었다.

3. Trans 지방산 함량의 변화

40±2°C에서의 항온 저장 및 185±2°C에서의 가열시 간에 따른 시료중의 trans 지방산 함량 변화를 GLC, IR 및 HPLC에 의하여 각각 분리 정량한 결과는 Table 7, 8과 같았다. 대두유의 경우 항온 저장시 trans 지방산 함량의 변화는 분석 기기별 측정값이 상이하여 처리전 GLC, IR, HPLC에서 각각 0.6, 1.3, 0.7%를 나타내 GLC측정값은 IR측정값의 46.15%에 불과하였으며 이러한 경향은 저장 기간 동안에도 유사하게 나타났다. 한편 가열 시료유에서 가열 시간과 시료유중의 trans 지방산 함량 간에는 반드시 정비례 관계가 성립하는 것은 아니라는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 대두유의 trans 지방산은 평균 0.6~1.3%가 존재하며 35일 항온 저장시 평균 0.9~1.3%로, 24시간 가열시 2.9~3.6%로 증가되는 것으로 나타났다. 옥수수유와 면실유의 장기저

Table 7. Changes of trans fatty acids contents of each oil and processed fat incubated at 40±2°C for 35days (%)

Storage time (days)									
		0	5	10	15	20	25	30	35
SBO	GLC	0.6	0.5	0.5	0.5	0.7	0.8	0.8	1.0
	IR	1.3	1.1	1.0	1.4	1.5	1.7	1.7	1.8
	HPLC	0.8	0.7	0.7	1.0	1.0	1.2	1.2	1.2
	Average	0.9	0.8	0.7	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3
CGO	GLC	0.5	0.4	0.3	0.4	0.5	0.5	0.8	1.0
	IR	0.5	0.7	0.6	0.5	0.8	1.3	1.2	1.3
	HPLC	0.5	0.5	0.4	1.0	0.6	1.0	1.0	1.1
	Average	0.5	0.5	0.4	0.6	0.6	0.9	1.0	1.1
CSO	GLC	0.7	0.6	0.5	0.5	0.7	0.8	0.8	0.8
	IR	0.9	1.0	0.9	1.0	1.0	0.9	0.9	1.0
	HPLC	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	Average	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
MG	GLC	12.3	10.8	9.5	15.3	18.9	18.5	19.8	20.5
	IR	16.7	17.3	18.3	20.0	23.1	23.4	24.6	25.9
	HPLC	16.4	15.7	17.0	18.3	20.0	21.3	22.8	21.3
	Average	15.1	14.6	14.9	17.9	20.7	21.1	22.4	22.6
ST	GLC	9.8	9.0	8.7	9.3	10.0	10.2	10.2	10.5
	IR	15.4	13.2	14.1	14.6	15.1	15.8	15.6	15.8
	HPLC	14.7	13.0	13.6	14.0	14.3	14.8	14.0	15.0
	Average	13.3	11.7	12.1	12.6	13.1	13.6	13.3	13.8

품으로써 수소 첨가 공정을 거쳤기 때문에 지방산 조성에서도 상당한 차이를 나타내었다. 마아가린의 초기 P/S ratio는 81.3/18.7이었으나 35일 저장후 80.5/19.5를 나타냈고 저온에서의 장기 저장에서와 달리 고온 처리에 장에 따른 trans 지방산의 함량은 비교적 변화가 적었고 각 기기간의 상관관계도 접근하여 거의 차이를 발견할 수 없었다. 이는 시료유내에 생성된 과산화물 및 위치 이성체의 함량이 소량이었기 때문인 것으로 사료되어진다. 마아가린의 초기 trans 지방산 함량은 GLC 12.3%, IR 16.7%, HPLC 16.4%로 GLC 측정치는 IR 측정치의 약 73.6%가 정량되었는데 이는 Henry들³⁴⁾이 80~85%가 정량되었다고 한 값보다 약간 낮았다. 한편 항온기내에서 35일간 저장후 trans 지방산 함량은 각각 20.5%, 25.9%, 21.3%로 증가하여 경화 공정시 trans 지방산 함량 증가뿐만 아니라 저장기간 중의 함량 변화에도 이 공정이 영향을 미치고 있음을 알 수 있어 유

지식품내 trans 지방산 함량은 앞서의 식물성 기름과는 달리 수소 첨가 공정을 거친 가공 유지 제품에서 그 중요성이 더욱 부각되었다. 쇼트닝에서의 trans 지방산 함량 변화는 초기에 GLC, IR, HPLC에서 각각 9.8%, 15.4%, 14.7%를 나타내 기기별 오차 범위는 앞에서와 거의 동일한 경향이었으나 185±2°C에서 24시간 가열후 각각 13.4%, 25.6%, 23.4%로 특히 쇼트닝에서 GLC 측정치와 IR, HPLC 측정치간에 큰 차이가 발생하였다.

IV. 결 론

시판 대두유, 옥수수유, 면실유 및 유지 가공품인 마아가린, 쇼트닝등 5가지 시료의 일부 이화학적 성질 및 cis → trans 이성화 현상의 정도를 규명하기 위하여 항온저장(40±2°C) 및 가열처리(185±2°C)한 시료에 대해 경시적으로 AV, POV, IV, RI등의 이화학적 특성, 지

Table 8. Changes of trans fatty acids contents of each oil and processed fat heated at 185±2°C for 24 hours (%)

Samples	Heating time (hr)													
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
SBO	GLC	0.6	0.5	0.6	0.6	0.9	0.8	1.1	1.8	2.0	2.5	2.3	3.1	3.2
	IR	1.3	1.3	1.3	1.8	2.1	2.4	2.8	2.6	3.2	3.7	3.5	3.9	4.1
	HPLC	0.8	0.5	0.9	1.3	1.6	1.3	1.8	2.2	2.1	3.2	2.8	3.5	3.6
	Average	0.9	0.8	0.9	1.2	1.5	1.5	1.9	2.2	2.4	3.1	2.9	3.5	3.6
CGO	GLC	0.5	0.5	0.5	0.7	1.0	0.9	1.1	1.5	2.0	1.8	1.7	2.0	2.3
	IR	0.5	0.5	0.9	0.8	1.4	1.9	2.0	2.6	2.9	3.2	3.1	3.5	3.7
	HPLC	0.5	0.5	0.8	0.8	0.8	1.1	1.5	2.0	2.3	2.8	2.8	3.1	3.0
	Average	0.5	0.5	0.7	0.8	1.1	1.3	1.5	2.0	2.4	2.6	2.5	2.9	3.0
CSO	GLC	0.7	0.5	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9	1.0	1.6
	IR	0.9	0.9	1.2	1.4	1.5	2.1	2.8	2.8	3.0	2.8	3.5	3.4	3.8
	HPLC	0.7	0.6	0.6	0.8	0.9	1.2	1.5	1.8	2.2	2.5	2.4	2.6	2.9
	Average	0.8	0.7	0.9	1.0	1.1	1.4	1.7	1.8	2.0	2.1	2.3	2.3	2.8
MG	GLC	12.3	12.9	13.2	13.5	13.8	14.7	16.8	19.4	22.9	25.7	31.3	34.7	37.2
	IR	16.7	17.2	18.2	18.0	19.0	20.5	23.7	28.6	27.9	32.9	37.3	41.4	44.5
	HPLC	16.4	17.0	17.9	17.3	18.1	18.4	20.5	25.2	25.2	28.3	32.0	37.8	41.8
	Average	15.1	15.7	16.4	16.3	17.0	17.9	20.3	24.4	25.3	29.0	33.5	38.0	41.2
ST	GLC	9.8	8.3	9.8	9.8	10.2	10.9	11.3	11.9	12.8	13.2	12.9	13.2	13.4
	IR	15.4	13.1	17.6	18.3	20.3	22.7	22.6	23.6	23.9	24.1	23.9	25.0	25.6
	HPLC	14.7	12.8	13.5	15.2	16.8	18.0	18.2	18.8	20.9	22.0	21.8	23.1	23.4
	Average	13.3	11.4	13.6	14.4	15.8	17.2	17.4	18.1	19.2	20.0	19.5	20.4	20.8

방산 조성 및 GLC, IR, HPLC를 이용한 trans 지방산 함량을 측정하여 분석법간 상관관계를 고찰한 결과는 다음과 같다.

1) 각 시료의 항온 저장시 AV의 경우 마아가린, 쇼트닝이 산패에 민감한 반응을 보였고 한편 POV는 옥수수유의 경우 초기 2.6에서 10.6 meq/kg·oil로 비교적 그 변화폭이 컸으며 모든 시료유 중의 IV, RI는 저장 기간중 큰 변화를 나타내지 않았다. 한편 가열 처리시 그 변화폭은 항온 저장시에 비하여 상대적으로 컸으며 마아가린과 쇼트닝은 장기 저장 시료와 전체적으로 정비례 관계로 안정성이 낮은 것으로 나타났다.

2) 각 시료의 지방산 조성 변화는 저장 및 가열이 진행됨에 따라 점진적으로 불포화 지방산의 포화도가 증가하였다. 즉 항온 저장된 시료들에서는 C_{16:0} 및 C_{18:0}는 완만하게 증가되었으나 가열 처리된 경우는 포화 지방산량이 크게 증가하였고 불포화 지방산은 전체적으로 감소하는 경향을 보였으나 C_{18:1}은 오히려 증가되었다.

3) 각 시료중의 trans 지방산 함량 변화를 GLC, IR, HPLC에 의하여 분리·정량한 결과 IR값이 가장 높았으며 GLC와 HPLC간에는 큰 차이가 없었다. 한편 35일간의 항온 저장 및 24시간 가열 처리한 대두유, 옥수수유, 면실유, 마아가린 및 쇼트닝에서의 총 trans 지방산 함량을 각 기기별 평균값으로 볼때 초기 0.9%, 0.5%, 0.8%, 15.1%, 13.3%에서 항온 저장 35일 후에는 각각 1.3%, 1.1%, 0.9%, 22.6%, 13.8% 및 24시간 가열 처리시에는 3.6%, 3.0%, 2.8%, 41.2%, 20.8%를 나타내었다.

참 고 문 헌

- 1) Matthias Sommerfeld: Trans unsaturated fatty acids in natural products and processed foods, *Prog. Lipid Res.*, **21**, 221 (1983)
- 2) Grandgirard, A., Sebedio, J.L. and Fleury, J.: Geo-

- metrical isomerization of Linolenic acid during heat treatment of vegetable oils, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **61**, 1563 (1984)
- 3) Edward Hunter J. and Thomas H. Applewhite: Isomeric fatty acids in the US diet; Levels and health perspectives, *Am. J. Clin. Nutr.*, **44** 707 (1986)
 - 4) Kummerow, F.A.: Current studies on relation of fat to health, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **51**, 255 (1974)
 - 5) Slover, H.T.: The use of SP 2340 glass capillary columns for the estimation of the trans fatty acid content of food, *Lipids*, **16**, 20 (1981)
 - 6) Ohlrogge, J.B., Gulley, R.M. and Emken, E.A.: Occurrence of octadecenoic fatty acid isomers from hydrogenated fats in human tissue lipids, classes, *Lipids*, **17**, 551 (1982)
 - 7) Robert L. Anderson: Oxidation of the geometric isomer of Δ^9 -octadecanoic acid by rat-liver mitochondria, *Biochem. Biophys. Acta.*, **144**, 68 (1967)
 - 8) Privett, O.O., Phillips, F., Shimasaki, M., Nazawa, T. and Nickell, E.C.: Studies of effects of trans fatty acids in the diet on lipid metabolism in essential fatty acid deficient rats, *Am. J. Clin.*, **30**, 100 (1977)
 - 9) Shimp James Luther: The effects of trans fatty acids on essential fatty acid metabolism, *Food Sci. and Technol.*, **42**, 261 (1981)
 - 10) Enig, Mary Gertrude: Modification of membrane lipid composition and mixed-function oxidases in mouse liver microsomes by dietary trans fatty acids, *Chem. Biochem.*, **46**, 1033 (1985)
 - 11) Sandra L. Selenskas, Margot M. 1P and Clement 1P: Similarity between trans fat and saturated fat in the modification of rat mammary carcinogenesis, *Cancer Res.*, **44**, 1321 (1984)
 - 12) Watanabe, M., Cho, Y.J., Ide, T. and Sugano, M.: Effects of different levels of dietary trans-octadecenoate on steroid metabolism in rat, *Lipids*, In press (1984)
 - 13) Michihiro Sugano, Kikuko Ryu and Takashi Ide: Cholesterol dynamics in rats fed cis-and trans octadecenoate in the form of triglyceride, *J. Lipid Res.*, **25**, 474 (1984)
 - 14) Moore, C.E., Roslyn B. Alfin-Slater and Lilla Aftergood: Effect of trans fatty acids on serum lecithin; Cholesterol acyltransferase in rats, *J. Nutr.*, **110**, 2284 (1980)
 - 15) Emken E.A., Rohwedder, W.K., Dutton, H.J., De Jarlais, W.J., Adlof, R.O., Mackin, J., Dougherty, R. and Iacono, J.M.: Incorporation of deuterium labeled cis-and trans-9-octadecenoic humans; plasma, erythrocyte and platelet neutral lipids, *Metabolism*, **28**, 575 (1979)
 - 16) Demetrios S. Sgoutas: Hydrolysis of synthetic cholesterol esters containing trans fatty acids, *Biochim. Biophys. Acta*, **64**, 269 (1968)
 - 17) David Firestone and Pauline Labouliere: Determination of isolated trans isomers by infrared spectrophotometry, *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, **48**, 437 (1965)
 - 18) Krichevsky, D.: Trans fatty acid effects in experimental atherosclerosis, *Federation Pro.*, **41**, 2813 (1982)
 - 19) Eldon, G Hill, Susan B. Johnson and Ralph T. Holman: Intensification of essential fatty acid deficiency in the rat by dietary trans fatty acids, *J. Nutr.*, **109**, 1759 (1979)
 - 20) Walter J. Decker and Walter Mertz: Effects of dietary elaidic acid on membrane function in rat mitochondria and erythrocytes, *J. Nutr.*, **91**, 324 (1967)
 - 21) Beare-Rogers, J.L., Gray, L.M. and Hollywsod, B.S.: The linoleic acid and trans fatty acids of margarine, *Am. J. Clin. Nutr.*, **32**, 1805 (1979)
 - 22) Moore, C.E.: Effects of trans-fatty acids on tissue lipids and lecithin; Cholesterol acyltransferase, Health Sciences Nutrition, *Dissertation Abstracts International*, **40**, 215 (1979)
 - 23) Vergrosen, A.T. and Gottenbos, J.J.: "Role of Fats in Human Nutrition", edited by vergrosen, A.T., Academic Press, New York (1973)
 - 24) McMillan, G., Silver, M.D. and Weigensberg, B.I.: Elaidinized olive oil and cholesterol atherosclerosis, *Arch. Pathol.*, **76**, 118 (1963)
 - 25) Peter H. Yu, Jombin Mai and John E. Kinsella: The effects of dietary trans, trans methyl octadecadienoate acid on composition fatty acids of rat heart, *Am. J. Clin Nutr.*, **33**, 598 (1980)
 - 26) Emken, E.A.: Nutrition and biochemistry of trans and positional fatty acid isomers in hydrogenated oils, *Annu. Rev. Nutr.*, **4**, 339 (1984)
 - 27) 菅野道廣 외 21인 : 食品의 加工と 營養科學, 朝倉書店, pp. 66-84 (1986)
 - 28) 이성우 : 신고식품화학, 수학사, p. 192 (1983)
 - 29) Kinsella, J.E., Bruckner, G., May, J. and Shimp, J.: Metabolism of trans-fatty acids with emphasis on the effects of trans, transoctadecadienoate on lipid composition, essential fatty acids, and prostaglan-

- dins; an overview, *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**, 2307 (1981)
- 30) Robert R. Allen: A rapid method for the determination of trans unsaturation in fats and derivatives, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **46**, 199 (1969)
- 31) David Warthen, JR. J.: Separation of cis and trans isomers by reverse phase high pressure liquid chromatography, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **52**, 151 (1974)
- 32) Shreve, E.M., Rysavy, J.A. and Privette, O.S.: Metabolism of cis-11, cis-14, and trans-11, trans-14 eicosadienoic acids in the rat, *J. Nutr.*, **93**, 485 (1967)
- 33) Henry, B.S. Conacher, Jagannath R. Iyengar and Joyce L. Beare Rogers: Gas liquid chromatographic determination of trans unsaturation in fats and oils on packed columns; Preliminary studies, *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, **60**, 899 (1977)
- 34) Henry, B.S. Conacher and Jagannath R. Iyengar: Gas-liquid chromatographic determination of trans-unsaturation in fats and oils on packed columns; Effect of positional isomers, *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, **61**, 307 (1978)
- 35) Gillan, F.T., Johns, R.B., Verheyen, T.V., Volkmen, J.K. and Bavor, H.J.: Trans-monounsaturated acids in a marine bacterial isolate, *Applied and Environmental Microbiol.*, **41**, 849 (1981)
- 36) Janet E. Chappell, Michael T. Clandinin and Calleen Kearney: Trans Fatty acids in human milk lipids; In Fluence of maternal diet and weight loss, *Am. J. Clin. Nutr.*, **42**, 49 (1985)
- 37) Nazir, J., Moorecroft, J. and Mishkel, M.A.: Fatty acid composition of margarines, *Am. J. Clin. Nutr.*, **29**, 331 (1976)
- 38) Smith, L.M., Dunkley, W.L., Frank, A. and Dairiki, T.: Measurement of trans and other isomeric unsaturated fatty acids in butter and margarine, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **55**, 257 (1978)
- 39) 趙英子, 菅野道廣: 國產 마아가린중의 트랜스산 함량, *한국식품과학회지*, **17**, 219 (1985)
- 40) 안미영, 안명수: 통조림에 주입된 유지중 trans 지방산 함량에 관한 연구, *한국조리과학회지*, **5**(1), 69 (1989)
- 41) 원종숙, 안명수: 대학 기숙사 식당의 식품중 Trans 지방산의 함량 및 섭취량에 관한 연구, *한국영양학회지*, **23**(1), 19 (1990)
- 42) A.O.C.S.: Official and Tentative Methods, 3rd ed., American Oil Chemists Society, Illinois (1978)
- 43) Morrison, W.R. and Smith L.M.: Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipids with boron fluoride-methanol, *J. Lipid Res.*, **5**, 600 (1964)
- 44) Lawrence Gildenberg and David Firestone: Gas chromatographic determination of trans unsaturation in margarine; collaborative study, *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, **68**, 46 (1985)
- 45) Madison, B.L., Depalma, R.A. and D'Alonzo, R.P.: Accurate Determination of trans isomers in shortening and edible oils by infraed spectrophotometry, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **59**, 178 (1982)
- 46) Battaglia, R. and Fröblich, D.: HPLC-separation of cis and trans monounsaturated fatty acids, *Chromatographis*, **13**, 428 (1980)
- 47) 幸孝善: 食品分析(理論과 實驗), 新光出版社, pp. 179-180 (1983)