

Trans지방산의 함량변화에 관한 연구

안명수[†] · 서미숙 · 김현정
성신여자대학교 식품영양학과

A Study on Various Trans Fatty Acid Contents

Myung Soo Ahn[†], Mi Sook Seo and Hyun Jung Kim

Department of Food and Nutrition, Sungshin Women's University

Abstract

In this study, the degree of rancidity and trans fatty acids formation was assessed in Soybean oil(SBO), Corn germ oil (CGO), Canola oil(CNO) and Olive oil(OLO). All samples treated under various conditions were analyzed in order to determine their physicochemical characteristics(RI: Refractive index, Tocopherol, AV: Acid Value, IV: Iodine Value) and total trans fatty acid contents via GC. The results were as follows: The AV of corn germ oil was the highest (0.49±0.01 and 0.72±0.04 respectively) among the 4 kinds of oils at 170±2°C and 210±2°C. The IV of olive oil was the lowest(88.7±0.6 and 89.2±0.5) among the 4 kinds of oils at 170±2°C and 210±2°C. The trans fatty acid contents of the soybean oil, corn germ oil, canola oil and olive oil, respectively(in g/100) increased from 0.41, 0.60, 0.44 and 0.11 prior to heating to 0.84, 1.36, 0.94 and 0.81 after 7 hours. Catechin and BHT reduced trans fatty acid formation by 0.5-15.5% under all treatment conditions. In particular, Catechin exerted a more profound inhibitory effect on trans fatty acids formation than that did BHT.

Key words: rancidity, trans fatty acids, acid value, iodine value, catechin

1. 서론

Trans지방산은 trans구조를 1개 이상 가지고 있는 불포화지방산을 말하며 이들은 이중결합이 있으나 전체적인 모양은 포화지방산과 유사하다(ASCN 1996).

Trans지방산의 생성은 다음의 세가지 경우에 의한다. 첫째, 우유 및 반추동물의 반추위내에서 미생물에 의한 불포화지방산의 가수소화에 의해 일부 생성되며 소, 양, 염소 등의 유즙 그리고 육류 및 trans지방산이 포함된 사료로 사육된 닭고기 등에 일부 존재하나 총 섭취량에 대한 기여는 높지 않다(Ascherio A 등 1997, Shapiro S 1997). 둘째, 마가린, 쇼트닝 등 부분경화유에 상당량의 trans지방산이 포함되어 있다. 일반적으로 식물성 기름의 수소화 공정에서 반응온도가 높을수록, 수소압력이 적을수록, 촉매량이 많을수록, 교반속도가 적을수록, 많은 양의 trans지방산이 생성되고(Smith LM 등 1978, Calson SE 등 1997) 이를 사용한 과자, 빵, 스낵류 등에도 많은 양의 trans지

방산이 존재한다. 셋째, 식용유를 정제하는 공정의 마지막 단계인 탈취 공정에서 C18:2와 C18:3의 trans형이 주로 생성된다(Koletzko LE 1992와 Bethesda MD 1996). 이러한 trans지방산의 산화생성물은 동맥경화증, cholesterol과의 관계에서 유의하지 못한 생물학적 영향을 주며 이외에도 간암, 유방암, 위암, 대장암, 전립선암 및 당뇨병의 발생과 관련이 있다는 연구 결과도 보고된 바 있다(Lichtenstein AH 1996, Kardinaal AF 등 2000, Singh RB 등 1996).

우리나라에서는 2007년 12월부터 소비자의 알권리를 강화하고 균형 잡힌 식생활 습관을 유도하는 차원에서 영양성분 표시 의무를 확대하는 내용의 “식품 등 표시기준” 개정안을 마련하여 trans지방산등에 대한 표시를 의무화하고 각종 식용유지에 trans지방산에 대한 권장 가이드라인(5% 이하)을 발표했다.

이에 본 연구에서는 일반가정에서 많이 사용하고 있는 식물성 유지인 대두유, 옥배유, 채종유, 올리브유를 대상으로 가열온도, 가열시간 및 항산화제첨가에 따른 가열 조리 시 이화학적 특성과 trans지방산 함량 변화를 비교함으로써 trans지방산 생성 억제 방법을 조사하고자 하였다.

[†]Corresponding author: Myung-Soo Ahn, Department of Food Nutrition, Sungshin Women's University
Tel: 02-920-7201
Fax: 02-920-7201
E-mail: msahn@sungshin.ac.kr

II. 재료 및 방법

1. 재료 및 시료검체

본 실험에 사용한 튀김용 유지인 대두유, 옥배유, 채종유(RBD: refined, bleached and deodorized)와 올리브유(pure type)는 롯데삼강(주)에서 기증받아 사용하였으며, 대조구는 각 시료 200 mL씩을, 항산화제 첨가시료군은 Catechin과 BHT를 각각 에탄올에 sonication한 후 0.02% 농도로 기질유지 4종에 첨가 후 convotherm oven(HRS, Germany)에서 7시간 동안 170±2°C와 210±2°C로 가열하면서 1시간 간격으로 시료를 채취하여 공시하였다.

2. 항산화제 및 시약

유지의 화학적 실험에 사용된 모든 시약은 특급시약을 사용하였으며 항산화제로 사용된 BHT(Dibutylated hydroxytoluene)와 catechin은 SIGMA사(U.S.A.) 제품 그리고 trans지방산 분석에는 HPLC용(Philipsburg, NJ, U.S.A.) 시약을 사용하였다.

3. 이화학적 특성

검체시료의 이화학적 특성을 측정하기 위하여 산가(AV: Acid value)와 요오드가(IV: Iodine Value)는 A.O.C.S. Official Method(A.O.C.S. 1990)에 의해 cd 3a-63 및 cd 1-25에 의하여 측정하였다.

4. 굴절율

굴절율(RI, Refractive Index)은 A.O.C.S. Cc 7-25(1990)법에 의하여 Abbe refractometer 1T 1211(ATAGO, Japan)을 사용하여 25°C에서 측정하였다.

5. 토코페롤

Syvaaja E 등의 방법(1986)에 따라 검취한 시료를 0.45 μ membrane filter(Millipore, Molsheim, France)로 여과한 후 일정량의 n-hexane에 녹여 HPLC(JASCO, Japan)에 의하여 분리 분석하였다.

이 때 사용한 칼럼은 Alltima Si-5u(Alltech Co., Ltd, U.S.A.), 용출액은 n-hexane:ethylacetate(99.5 : 0.5, v/v)이었으며, 칼럼온도는 30°C, flow rate 1.0 mL/min, 검출기는 형광검출기(Ex: 298 nm, Em: 325 nm)를 사용하여 측정하였다.

6. Trans지방산 분석

Trans지방산은 Gas chromatography(GC-14B, Shimadzu, Japan)에 의해 분리 정량하여 생성여부를 검토하였다. 지방산의 methyl ester화는 Lepage G와 Roy CC(1986)의 방법에 따라 조제 하였으며 trans지방산의 함량은 피크 면적을 적분기에 의해 구한 후 총 지방산에 대한 중량 백분율로 나타내었다. GC의 분석조건은 Table 1과 같았다.

Table 1. Operating conditions for GC analysis of trans fatty acids

Instrument	Gas chromatography GC-14B, Shimadzu
Column	SP-2560(0.25 mm Fused silica, 0.2 μm×100 m)
Carrier gas	N ₂ , 30 mL/min
Column temp.	160°C
Initial temp.	170°C
Program rate	1°C/min
Final temp.	205°C
Final time	5 min
Split ratio	100 : 1

III. 결과 및 고찰

1. 유지의 이화학적 특성

본 실험에 기질유지로 사용한 4가지의 유지, 즉 대두유, 옥배유, 채종유와 올리브유의 기본적인 성질로서 산가, 요오드가, 굴절율, 토코페롤 함량 및 trans지방산 함량을 측정된 결과는 Table 2와 같았다. 시료유지 중의 토코페롤 함량은 대두유와 옥배유에서 월등히 높아 각각 459와 470 mg/kg을 보인 반면 채종유와 올리브유는 249와 292 mg/kg으로 낮게 측정되었으며 이와 같이 채종유와 올리브유의 토코페롤 함량이 낮은 것은 다른 유지들이 배아부분에서 유지를 채취한 것과는 달리 과육부분에서 채취되었기 때문인 것으로 사료된다.

굴절율은 온도에 따라 크게 좌우되며 유지 혼합물의 성분결정, 분산, 가열산화의 척도로써 이용되는 중요한 함수로 이는 특히 요오드가와 비례적 관계에 있으며 본 실험의 모든 유지시료의 굴절율은 1.4722~1.4727의 범위로 비교적 안정한 유지로 나타났다.

Table 2. Physicochemical characteristics of Soybean oil, Canola oil, Corn germ oil and Olive oil used as substrate

Characteristics	SBO	CGO	CNO	OLO
Acid value ¹⁾	0.07±0.01 ⁴⁾	0.07±0.01	0.05±0.02	0.06±0.01
Iodine value ²⁾	135±0.9	120±0.5	118±0.6	90±1.2
Tocopherol(mg/kg)	459	470	249	292
Refractive index(259°C) ³⁾	1.4725	1.4727	1.4722	1.4723
Trans fatty acid(%)	0.41	0.60	0.11	0.44

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

²⁾ Iodine Value(IV) were determined by the A.O.C.S. official method (Wijs method)

³⁾ Refractive Index(RI) were determined by the A.O.C.S. official method(Detection temp. : 25°C)

⁴⁾ Means of three replications, Mean±SD(standard deviation)

*Abbreviations : Soybean oil(SBO), Corn germ oil(CGO), Canola oil(CNO), Olive oil(OLO)

2. 유지의 산패도 변화

기질유지를 170±2℃와 210±2℃에서 7시간 가열하면서 1시간 간격으로 시료를 채취하여 가열온도, 시간변화 및 항산화제 첨가에 따른 4종 기질유지의 산가를 측정할 결과는 Fig. 1과 2에 나타내었다.

본 실험에 사용한 대두유, 옥배유, 채종유와 올리브유 대조구의 초기 산가는 0.07±0.01, 0.07±0.02, 0.05±0.01 및 0.06±0.01 mg KOH/g oil이었으며 이를 170±2℃에서 가열하여 7시간이 되었을 때 0.52±0.03, 0.50±0.02, 0.55±0.02 및 0.49±0.01로 증가하였으며 210±2℃에서 7시간 가열시 각각 0.71±0.02, 0.73±0.05, 0.66±0.02 및 0.65±0.03으로 최고값을 보였으며 유지 중 옥배유의 증가폭이 가장 컸다. 반면 동일한 조건에서 항산화제를 첨가한 후 가열하여 측정된 결과 산가의 증가폭이 극히 완만했으며 큰 효과는 보이지 않았지만 항산화제 무첨가구 보다는 그 산가의 증가폭이 적었으며 기질유지에 따라 3.65~31.14% 정도의 억제 효과를 확인할 수 있었다. 이 결과는 Jung MY 등(1997)의 유지 불검화물과 식물체 추출물이 식용유의 가열산화에 미치는 효과에서의 결과와 같이 매우 강력하지는 않지만 양호한 억제력을 나타내었다.

요오드가의 측정 결과는 Table 3과 Table 4에 나타내었으며 대두유, 옥배유, 채종유 및 올리브유 대조구의 초기 요오드가는 각각 135±0.9, 120±0.5, 118±0.6 및 90±1.2 이었으며 170±2℃에서 가열 7시간 경과시 각각 130.9±0.5, 116.4±1.0, 112.9±0.2 및 88.7±0.6, 210±2℃에서는 127.3±0.9, 112.5±0.8, 109.4±0.9 및 88.3±0.3으로 4종의 유지 모두 요오드가가 상당히 감소되었다. 유지 중에서 올리브유의 요오드가가 비교적 안정적이었고, 그 외 모든 시료에서 가열시간이 경과함에 따라 요오드가가 유의적으로 감소하는 경향을 보였다(p < 0.05).

4종의 유지 모두 가열시간이 길어질수록 요오드가가 감소하였으며 170±2℃에서는 210±2℃에서보다 요오드가의 감소폭이 적었으며, 항산화제를 첨가한 경우에도 요오드가의 감소가 비교적 적었으며 Catechin첨가군의 경우 유의적으로 가장 낮은 감소효과를 나타냈다(p < 0.05).

이는 가열온도가 낮을수록 가열시간이 짧을수록 또는 항산화제의 첨가로 낮은 산가와 요오드가를 보여 안정성을 나타내었다. 따라서 유지를 이용한 조리 시 가능한 낮은 온도, 짧은 조리시간 그리고 항산화제 첨가는 가열산화를 억제할 수 있을 것으로 사료된다.

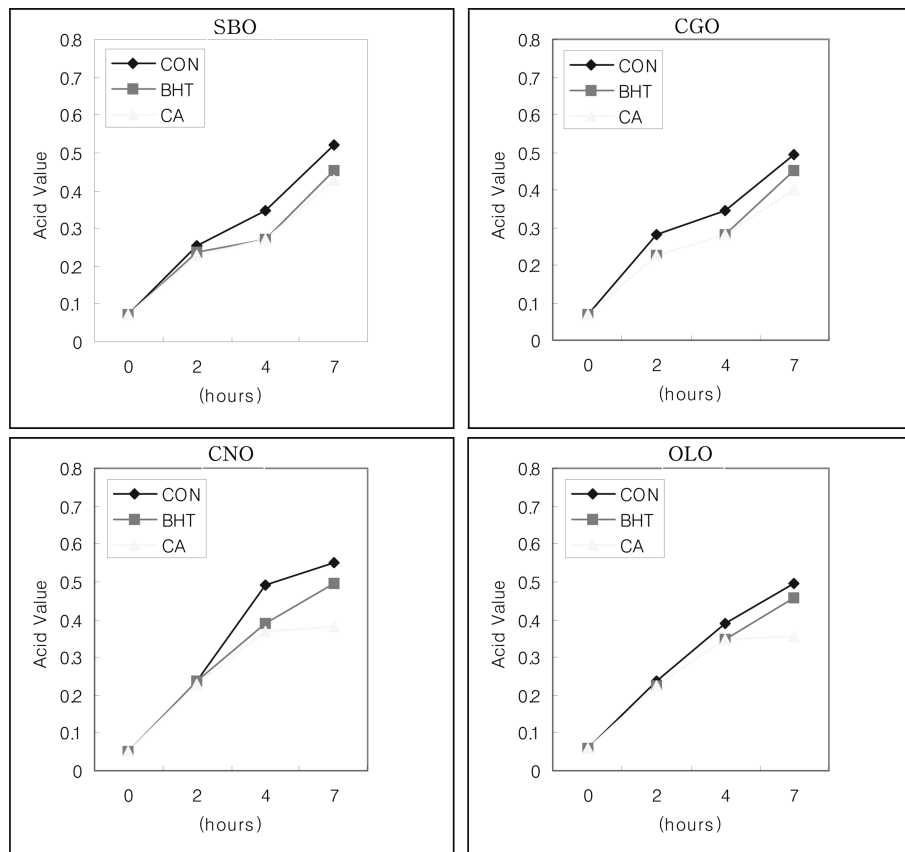


Fig. 1. The changes of Acid values of 4 kinds of oils heated at 170±2℃ for 7 hours.

*Abbreviations : Soybean oil(SBO), Corn germ oil(CGO), Canola oil(CNO), Olive oil(OLO)

CON; Control, CA; Catechin 0.02%, BHT; Dibutylated hydroxytoluene 0.02%

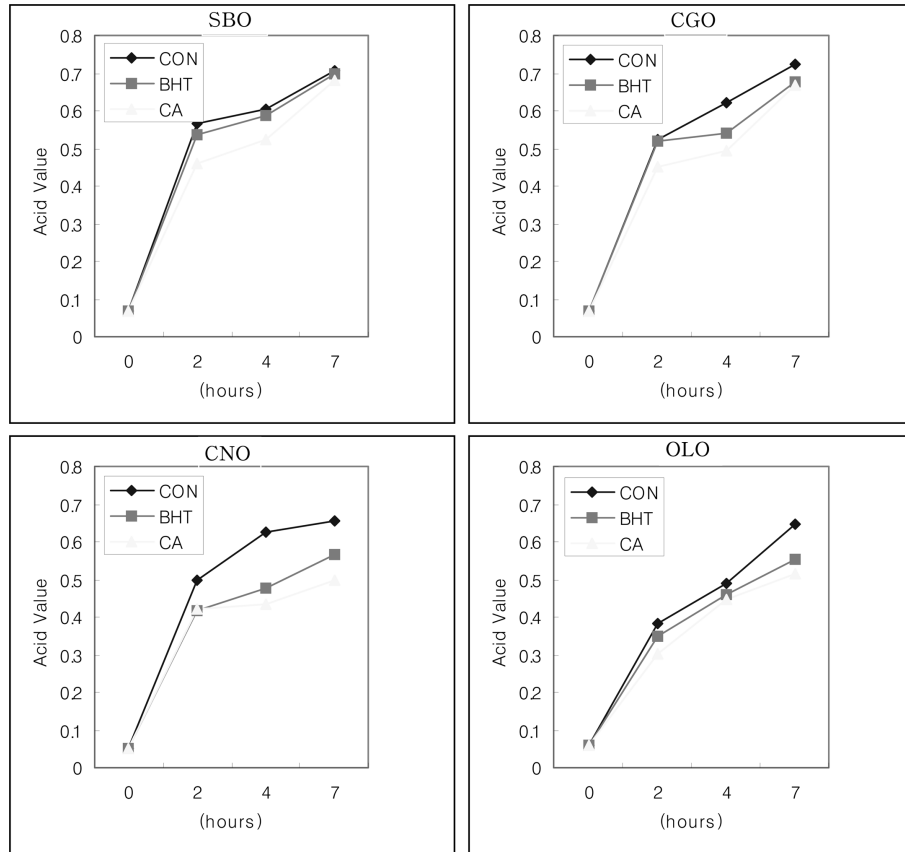


Fig. 2. The changes of Acid values of 4 kinds of oils heated at 210±2°C for 7 hours.
 *Abbreviations : Soybean oil(SBO), Corn germ oil(CGO), Canola oil(CNO), Olive oil(OLO)
 CON; Control, CA; Catechin 0.02%, BHT; Dibutylated hydroxytoluene 0.02%

Table 3. The changes of Iodine values of 4 kinds of oils heated at 170±2°C for 7 hours

Heating time(hr)		0	1	3	5	7
SBO	CON	135±0.9 ^{a)A)1)}	133.8±0.1 ^{b)B)}	132.1±0.6 ^{c)C)}	130.5±0.7 ^{c)D)}	130.9±0.5 ^{b)D)}
	BHT	135±0.9 ^{a)A)}	133.9±0.1 ^{b)B)}	132.9±0.6 ^{b)C)}	131.6±0.5 ^{b)D)}	131.5±0.5 ^{a)D)}
	CA	135±0.9 ^{a)A)}	134.1±0.4 ^{a)B)}	133.1±0.2 ^{a)C)}	132.5±1.5 ^{a)D)}	131.0±0.7 ^{b)E)}
CGO	CON	120±0.5 ^{a)A)}	119.6±0.2 ^{b)B)}	118.1±0.7 ^{b)C)}	116.9±0.2 ^{c)D)}	116.4±1.0 ^{b)E)}
	BHT	120±0.5 ^{a)B)}	120.8±0.2 ^{a)A)}	119.7±0.4 ^{a)B)}	117.8±1.0 ^{b)C)}	116.3±0.5 ^{b)D)}
	CA	120±0.5 ^{a)A)}	119.5±0.9 ^{b)B)}	119.8±0.4 ^{a)B)}	118.9±0.6 ^{a)C)}	117.8±0.1 ^{a)D)}
CLO	CON	118±0.6 ^{a)A)}	117.6±0.6 ^{b)B)}	116.5±0.3 ^{b)C)}	115.3±0.6 ^{b)D)}	112.9±0.2 ^{b)E)}
	BHT	118±0.6 ^{a)A)}	118.2±0.9 ^{a)A)}	117.5±0.5 ^{a)B)}	116.7±0.2 ^{a)C)}	113.3±0.8 ^{a)D)}
	CA	118±0.6 ^{a)A)}	117.9±0.1 ^{b)A)}	117.3±0.9 ^{a)B)}	116.3±0.1 ^{a)C)}	113.9±0.3 ^{a)D)}
OLO	CON	90±1.2 ^{a)A)}	89.7±0.2 ^{b)B)}	88.3±0.2 ^{b)E)}	89.2±0.8 ^{a)C)}	88.7±0.6 ^{b)D)}
	BHT	90±1.2 ^{a)A)}	90.1±0.2 ^{a)A)}	89.6±0.3 ^{a)B)}	89.3±0.2 ^{a)C)}	89.0±0.1 ^{a)D)}
	CA	90±1.2 ^{a)A)}	89.8±0.9 ^{b)A)}	89.0±0.2 ^{a)B)}	88.7±0.1 ^{b)C)}	88.9±0.2 ^{b)BC)}

¹⁾ Values are means±SD

*Means with different letters within a column(a-c) are significantly different from each other at α=0.05 as determined by Duncan's multiple range test

*Means with different letters within a row(A-E) are significantly different from each other at α=0.05 as determined by Duncan's multiple range test

*Abbreviations : Soybean oil(SBO), Corn germ oil(CGO), Canola oil(CNO), Olive oil(OLO)
 CON; Control, CA; Catechin 0.02%, BHT; Dibutylated hydroxytoluene 0.02%

Table 4. The changes of Iodine values of 4 kinds of oils heated at 210±2°C for 7 hours

Heating time(hr)		0	1	3	5	7
SBO	CON	135.0±0.9 ^{a)A)1)}	132.6±0.7 ^{b)B)}	132.6±0.2 ^{b)B)}	127.9±0.3 ^{c)C)}	127.3±0.9 ^{b)C)}
	BHT	135.0±0.9 ^{a)A)}	134.8±0.9 ^{a)A)}	132.5±0.1 ^{b)AB)}	129.9±0.2 ^{b)BC)}	129.1±0.4 ^{a)C)}
	CA	135.0±0.9 ^{a)A)}	133.5±1.2 ^{b)B)}	133.2±1.1 ^{a)C)}	130.7±0.7 ^{a)D)}	129.9±0.1 ^{a)E)}
CGO	CON	120.0±0.5 ^{a)A)}	117.7±0.0 ^{b)B)}	115.6±0.3 ^{b)C)}	115.7±0.8 ^{a)C)}	112.5±0.8 ^{c)D)}
	BHT	120.0±0.5 ^{a)A)}	118.0±0.3 ^{a)B)}	115.6±0.8 ^{b)C)}	114.5±0.2 ^{b)D)}	113.8±0.2 ^{a)E)}
	CA	120.0±0.5 ^{a)A)}	118.7±0.1 ^{a)B)}	117.3±0.1 ^{a)C)}	115.5±0.9 ^{a)D)}	113.3±0.5 ^{b)E)}
CLO	CON	118.0±0.6 ^{a)A)}	116.1±0.9 ^{b)B)}	110.5±0.1 ^{b)C)}	110.2±0.5 ^{b)C)}	109.4±0.9 ^{b)D)}
	BHT	118.0±0.6 ^{a)A)}	117.3±0.4 ^{a)B)}	111.6±0.3 ^{b)D)}	114.9±0.5 ^{a)C)}	110.0±1.3 ^{b)E)}
	CA	118.0±0.6 ^{a)A)}	116.0±1.1 ^{b)B)}	112.4±0.1 ^{a)D)}	110.8±0.7 ^{b)E)}	113.4±0.5 ^{a)C)}
OLO	CON	90.0±1.2 ^{a)A)}	89.2±0.2 ^{b)D)}	90.35±0.5 ^{a)B)}	90.65±0.7 ^{b)C)}	88.30±0.3 ^{c)E)}
	BHT	90.0±1.2 ^{a)B)}	89.1±0.9 ^{b)C)}	86.80±0.0 ^{b)E)}	91.29±0.6 ^{a)A)}	88.90±0.0 ^{b)D)}
	CA	90.0±1.2 ^{a)B)}	89.6±0.9 ^{a)C)}	90.38±0.4 ^{a)A)}	88.86±0.6 ^{c)E)}	89.10±0.8 ^{a)D)}

¹⁾ Values are means±SD

*Means with different letters within a column(a-c) are significantly different from each other at α=0.05 as determined by Duncan's multiple range test

*Means with different letters within a row(A-E) are significantly different from each other at α=0.05 as determined by Duncan's multiple range test

*Abbreviations : Soybean oil(SBO), Corn germ oil(CGO), Canola oil(CNO), Olive oil(OLO)

CON; Control, CA; Catechin 0.02%, BHT; Dibutylated hydroxytoluene 0.02%

3. Trans지방산 함량의 변화

170±2°C 및 210±2°C에서의 가열시간 및 항산화제 첨가에 따른 기질유지 중의 trans지방산 함량의 변화를 측정 한 결과는 Fig. 3과 같았다.

대두유의 경우 170±2°C에서 시간별 trans지방산 함량은 초기 0.41%에서 1시간, 3시간 및 7시간 가열 후 각각 0.43, 0.58 및 0.61%이었으며 210±2°C에서는 각 시간별로 0.55, 0.84 및 1.01%을 나타내어 210±2°C에서 7시간 가열시 trans지방산 함량이 1%을 초과하였다. 특히 옥배유의 경우는 초기 trans지방산 함량이 0.60%로 유지 중 가장 높았으며 210±2°C에서 7시간 가열시 1.71%로 1.11% 증가된 것으로 나타났다.

반면 올리브유의 경우는 trans지방산의 함량이 실험 전 기간 동안 유지 중 가장 낮았으며 초기 값은 0.11%이었고 210±2°C에서 7시간 가열 후 0.86%으로 0.75% 증가된 것에 불과하였다.

또한 항산화제인 Catechin과 BHT를 첨가한 기질유지 4종의 가열온도 및 시간변화에 따른 trans지방산 함량 측정 결과 Catechin첨가구는 170±2°C에서 7시간 가열시 대조구에 비해 8.2~15.4%의 감소 효과를 나타내었으며, 동일 온도에서 BHT첨가구는 0.5~11.8% trans지방산의 감소를 보여 Catechin이 BHT보다 trans지방산 감소 효과가 약간 더 높은 것을 보였다. 또한 모든 시료 유지 중 채종유와 올리브유는 trans지방산 생성이 비교적 낮은 유지인 것을 알 수 있었다.

본 연구 결과 기질유지 모두 가열온도와 가열시간이 증가함에 따라 trans지방산의 생성량의 증가를 보여 Kim DS 등(1990)의 유지의 가열 및 저장에 따른 trans지방산 생성에 관한 연구 결과와 일치하였으며 이의 결과로서 trans지방산의 생성을 줄이기 위해서는 가열 조리 시 가능한 한 200°C 부근의 온도를 피하고, 신선한 유지를 이용하도록 하는 것이 바람직할 것으로 사료된다. 더 나아가 유지 가열시 생성되는 중합체 및 trans지방산의 생성을 억제하는데 효과가 있는 항산화제로 Catechin과 같은 천연물에서 추출한 항산화제를 찾아내고 그들의 유지에 대한 항산화제로서 또한 trans지방산의 생성 억제제로서의 사용가능성을 확인할 수 있었다.

IV. 요약

기질유지 4종을 170±2°C와 210±2°C에서 가열하면서 산가, 요오드가 및 trans지방산 함량의 변화를 살펴본 결과 산가는 4종 기질유지 모두 가열시간과 가열온도의 증가에 따라 증가하였으며 항산화제를 첨가함으로써 그 증가폭은 감소되었다. 요오드는 가열하는 시간의 증가에 따라 감소하였지만 항산화제 첨가로 감소폭이 감소하였다. 시료유지 중 올리브유의 경우 170±2°C와 210±2°C에서 7시간 가열 시 각각 88.7±0.6 및 89.2±0.5로 큰 차이를 보이지 않아 안정적인 것으로 나타났다.

Trans지방산 생성량은 가열온도 및 시간에 따라 증가하였으며 옥배유에서 trans지방산 생성량이 가장 크게 증

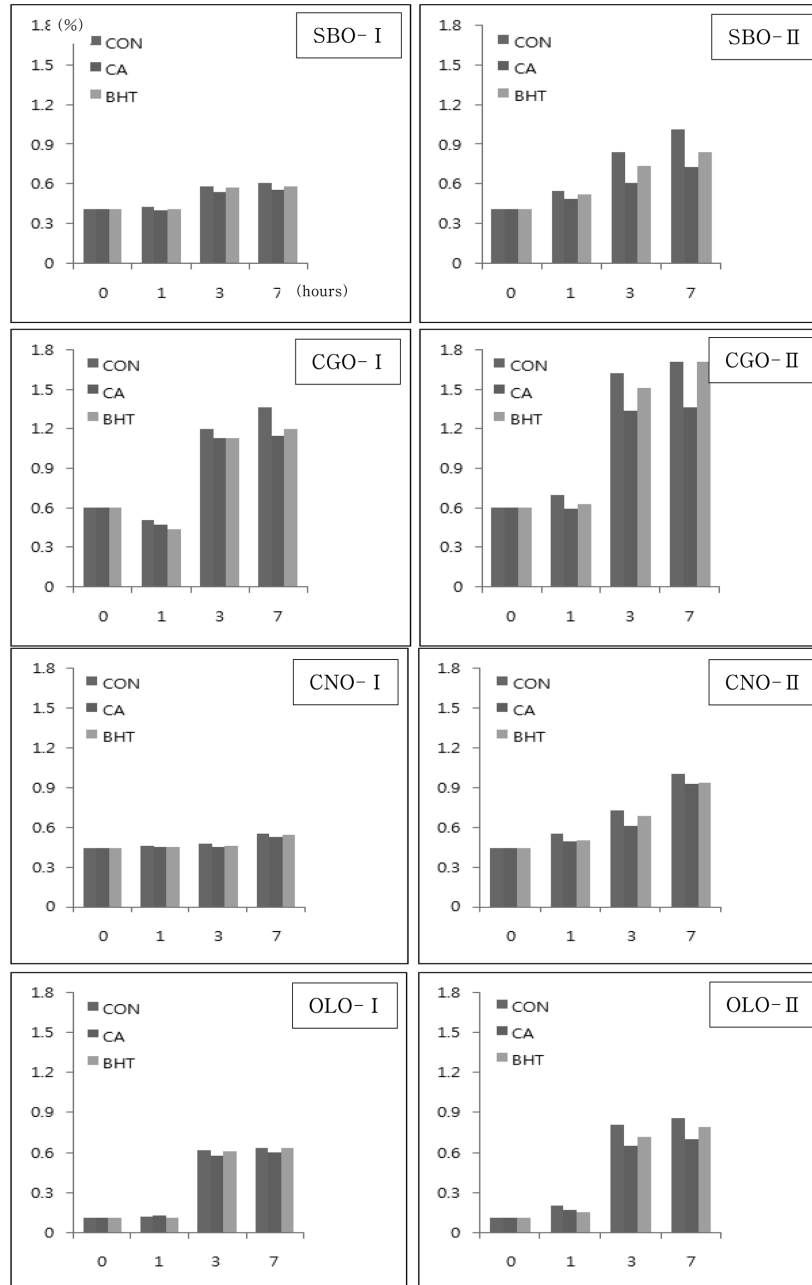


Fig. 3. Changes of trans fatty acids contents of each oil heated at 170±2°C and 210±2°C for 7 hours.
 *Abbreviations : Soybean oil(SBO), Corn germ oil(CGO), Canola oil(CNO), Olive oil(OLO), I; 170±2°C, II; 210±2°C, CON; Control, CA; Catechin 0.02%, BHT; Dibutylated hydroxytoluene 0.02%

가되었으며, 올리브유에서 trans지방산 생성량이 가장 적어 안정된 유지인 것이 확인되었다. Catechin과 BHT의 항산화제를 첨가함으로써 0.5~15.4%의 trans지방산의 생성량이 감소되는 것을 확인할 수 있었으며, Catechin이 BHT보다 trans지방산 생성량을 감소시키는데 좀 더 효과적인 것을 알 수 있었다.

위의 결과에서 trans지방산 생성량은 옥배유>대두유, 채종유>올리브유의 순으로 높았으며 항산화제를 사용함으로써 trans지방산의 생성을 줄일 수가 있는 것으로 확인되었다.

V. 감사의 글

본 연구는 성신여자대학교 2007년 학술연구조성비 사업지원에 의해 수행된 것으로 이에 감사드립니다.

참고문헌

AOCS. 1990. Official methods and recommended practice of AOCS. 4th ed. AOCS, Champaign, USA

- ASCN/AIN. 1996. Task Force on Trans Fatty Acids. Position paper on trans fatty acids. *Am J Clin Nutr* 63(2):663-670
- Ascherio A, Willett WC. 1997. Health effects of trans fatty acids. *Am J Clin Nutr* 66(1):1006-1010
- Bethesda MD. 1996. Position paper on trans fatty acid. *Am J Clin Nutr* 63(2):663-670
- Calson SE, Clandinin MT, Cook HW, Emken EA, Filter LT. 1997. Trans fatty acids infant development. *Am J Clin Nutr* 66(1):717-736
- Jung MY, Yoon SH, Kim SY, Lee JH. 1997. Effect of Oil Unsaponifiables and Plant Extracts on the Thermal Oxidation of Oils at 180°C. *Korean J Food Sci Technol* 29(5):860-868
- Kardinaal AF, Couet C. 2000. Association between trans fatty acids intake and cardiovascular risk factors in Europe: the TRANSFAIR study. *Eur J Clin Nutr* 54:126-135
- Kim DS, Koo BS, Ahn MS. 1990. A Study on the Formation of Trans Fatty Acids with Heating and Storage of Fats and Oils(I). *Korea J Soc Food Sci* 6(2):37-49
- Koletzko LE. 1992. Trans fatty acids may impair biosynthesis of long chain polyunsaturates and growth in man. *Acta Paediatr* 81(1):302-306
- Lepage G, Roy CC. 1986. Direct transesterification of classes of lipids in a one-step reaction. *J Lipid Res* 27(4):114-117
- Lichtenstein AH. 1996. Trans fatty acids and cardiovascular disease risk. *Cur-r Opin Lipidol* 11(2):37-42
- Shapiro S. 1997. Do trans fatty acids increase the risk of coronary heart disease A critique of the epidemiologic evidence. *Am J Clin Nutr* 66(suppl):1011s-1017s
- Singh RB, Niaz MA, Ghosh S, Beegom R, Rastogi V, Sharma JP, Dube GK. 1996. Association of trans fatty acids(vegetable ghee) and clarified butter(indian ghee) intake with higher risk of coronary artery disease in rural and urban populations with low fat consumption. *Int J Cardiol* 56(1):289-298
- Smith LM, Dunkley WL, Franke A, Dairiki T. 1978. Measurement of trans and other isomeric unsaturated fatty acids in butter and margarine. *J Am Oil Chem Soc* 55(4):257-261
- Syvaoja EL, Pironen V, Varo P, Koivistoinen P, Salminen K. 1986. Tocopherols and tocotrienols in finnish foods: oils and fats. *J Am Oil Chem Soc* 62(1):328-329

2008년 7월 16일 접수; 2008년 8월 7일 심사(수정); 2008년 8월 7일 채택