

## 가열조건에 따른 유지의 트랜스 지방산 생성과 산패도 측정에 관한 연구

안명수 · 서미숙 · 김현정\*  
성신여자대학교 식품영양학과

### Measurement of Trans Fatty Acid formation and Degree of Rancidity in Fat and Oils According to Heating Conditions

Myung Soo Ahn, Mi Sook Suh, Hyun Jung Kim\*  
*Department of Food and Nutrition, Sungshin Women's University*

#### Abstract

In this study, degree of rancidity and trans fatty acid formation were examined in fat and oils, including soybean oil (SB), canola oil (CA), corn germ oil (CO), olive oil (OL), palm oil (PO), and beef tallow (BT), during heating for 10-130 minutes at 160-200°C. In order to determine the rancidity of the fat and oils, acid values (AV), iodine values (IV), viscosity, and color were measured. Changes in the amounts of fatty acids and the formation of trans fatty acids were measured using GC and HPLC. For all groups, AV increased, IV decreased, and coefficients of viscosity and color increased as the heating temperature and heating time increased, indicating there were positive correlations between the heating temperature and time and AV. In addition, all groups had similar amounts of trans fatty acids, with the exception of the beef tallow; however, its level only slightly increased with heating. The olive oil had the lowest trans fatty acid content and the lowest amount created by heating. The order of trans fatty acid amounts generated while heating was BT > PO > CO > CA > SB > OL. According to the study results, the deep frying temperature during cooking should be 160-180°C in order to reduce AV and the amount of trans fatty acids that are formed. In addition, it is better to remove beef tallow during cooking and avoid heating at high temperatures since it results in high levels of trans fatty acids. The correlation between the amount of trans fatty acids and AV was positive, while the correlation between the amount of trans fatty acids and IV was negative, indicating that AV and trans fatty acid levels increase while IV decreases as the deep frying temperature and time increase. From the results, it was found that reducing the deep frying temperature and time can lessen increases in AV and trans fatty acids, and decrease IV. Accordingly, to reduce AV and trans fatty acid formation, the ideal deep frying conditions would be to use olive oil or soybean oil rather than beef tallow or palm oil at a temperature of 160- 180°C.

**Key Words** : trans fatty acids, oxidation, acid value, iodine value, viscosity

### 1. 서 론

현대인의 식생활패턴은 국민경제의 발전과 사회생활의 다양화에 의해 식품에 대한 기호성도 변화하여 튀김요리의 이용과 그 섭취량이 증가하고 있다(Lee 등 2000). 또한 학교 급식은 물론 산업체나 병원 등의 단체 급식소에서 가장 높은 선호도를 보이는 것 중의 하나이다(Ahn 등 2005). 지질은 에너지원이며 필수지방산의 급원인 동시에 지용성비타민의 체내이용효율을 높이는 것이므로 성장기 아동에게 있어서 적절한 지질 섭취는 필수적이다(Yun 등 2000). 튀김은 산소에 노출된 상태에서 고온 조리되므로 산화, 가수분해, 중합 등의 반응으로 유지의 각종 이화학적 특성치가 변화로 튀김유의 색, 맛, 향기의 변화, 유리지방산과 과산화물가의

증가, 불포화 지방산의 감소 등으로 인하여 유지의 품질이 저하되는 산패현상이 일어난다(Kim 1993).

또한 최근에는 트랜스 지방산의 영양적, 임상적 문제점들이 부각되면서 튀김 시 튀김유에서의 트랜스 지방산의 생성 여부에 대한 관심이 높아지고 있다. 트랜스 지방산의 생성은 첫째, 우유 및 반추 동물의 반추위에서 미생물에 의한 불포화지방산의 탈수소화로 생성되어 소량의 트랜스지방산이 존재한다(Ascherio & Willett 1997). 둘째, 마가린, 쇼트닝 등 부분경화 시 부분반응으로 트랜스지방산이 생성되며 이를 사용한 과자, 빵, 스낵류 등에도 많은 양의 트랜스지방산이 존재한다(Kim 등 2007). 셋째, 식용유 정제 공정 중 230°C 이상의 고온에서 이루어지는 탈취공정에서 불포화지방산의 이성화 반응에 의해 소량의 트랜스지방산이 생성된

\*Corresponding author: Hyunjung Kim, Dept. of food Nutrition, Sungshin Women's University, 249-1 Dongsun-dong 3ga, sungbukgu, 136-742, Korea  
Tel: 82-02-920-7201 Fax: 82-02-920-7201 E-mail: anees71@empal.com

다(Gil & Rho 2007).

Lichtenstein 등(1999)이 트랜스지방산의 섭취량과 혈액 중 LDL-cholesterol 농도 사이에 양의 상관관계가 있다고 밝힘으로써 이후 전 세계적으로 트랜스지방산의 위해정도에 많은 관심을 갖게 되었다(Gill & Roh 2007). 특히 동맥경화와 고혈압, 심근경색 등 심혈관계의 질환을 일으키는 트랜스 지방산의 위해성이 심각하게 대두되면서 트랜스지방산의 섭취량을 줄여야한다는 당위성으로 국제적으로 트랜스지방산에 대한 함유량표시 의무화 및 규제가 강화되고 있다(Kim 등 2007). 우리나라에서는 2007년 12월에 식품 등 표시기준을 개정한 트랜스지방산에 대한 권장 가이드라인에서 패스트푸드에 사용된 유지의 트랜스 지방산 권장 규격을 5% 이하로 정하고 있다. 2007년 6월 고시된 식품공전에서 무트랜스지방(Trans fat free)임을 강조하려면 식품 100 g 당 트랜스지방 0.2 g 미만이어야 한다고 규정하고 있다. 이는 미국이나 캐나다의 0.5 g 미만보다 훨씬 적은 양을 보이고 있다(Gill & Roh 2007). 또한 2008년부터 초등학교 인근지역을 “어린이 식품안전 보호구역(Green Food Zone)”을 정하고 보호구역 내의 식품업소들이 정기적으로 식품위생과 트랜스지방산 함유량에 대한 점검을 받게 되어있다(Kim 등 2007).

이에 따라 본 연구에서는 학교급식과 산업체 등의 단체급식과 패스트푸드 점에서 많이 이용되는 튀김음식에 사용되는 대두유, 올리브유, 채종유, 팜유, 옥배유, 우지를 160, 180, 200°C에서 가열하면서 산패도와 트랜스지방산 생성의 상관관계를 조사하는 한편 트랜스지방산량이 적은 적절한 튀김방법을 모색하고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 재료

본 실험에 사용한 유지는 대두유, 올리브유, 채종유, 팜유, 옥배유, 우지를 롯데삼강에서 기증받아 사용하였다. 본 실험에 사용된 유지들의 지방산 조성은 <Table 1>과 같았다. 유지의 이화학적 실험에 사용된 모든 시약은 각각 특급 시약을 사용하였으며 지방산 조성 및 트랜스 지방산 분석에 사용된 시약은 HPLC용 시약을 사용하였다.

### 2. 유지의 가열처리

각각의 유지들을 200 mL씩 convotherm oven(HRS, Ltd)을 이용하여 160±2, 180±2, 200±2°C에서 130분 동안 가열하며 20분 간격으로 시료를 채취하여 공시하였다.

### 3. 산패도 측정

산가(Acid value, AV), 요오드가(Iodine value, IV)는 A.O.C.S. Official Method(1978)에 의해 Cd 3a-63, Cd1-25으로 각각 측정하였다.

### 4. 점도측정

점도계(Viscometer, LVDV-II<sup>+</sup>, Brookfield, LA, USA)를 이용하여 Mizukoshi (1982)의 방법으로 유지시료 100 mL를 취하여 온도 25°C(우지와 팜유는 40°C), spindle No. 2, 12 rpm으로 30초간 작동시킨 후 점도를 측정하였다.

<Table 1> Fatty acids composition of fat and oils used in raw samples

(%)

Fatty acid	SB	CA	CO	OL	PO	BT
C 8:0	-	-	-	-	0.02	0.01
C10:0	-	-	-	-	0.02	0.04
C12:0	-	-	-	-	0.22	0.08
C13:0	-	-	-	-	-	0.01
C13:1	-	-	-	-	-	0.03
C14:0	0.06	0.04	0.04	0.01	0.91	2.58
C14:1	-	-	-	-	-	0.8
C15:0	-	0.02	-	-	0.04	0.43
C15:1	-	0.01	-	-	-	0.17
C16:0	10.18	3.79	12.09	10.91	40.62	22.67
C16:1	0.06	0.23	0.11	0.79	0.29	3.96
C17:0	0.07	0.04	0.07	0.05	0.27	1.27
C17:1	0.03	0.11	0.03	0.09	0.02	0.92
C18:0	4.26	1.69	1.97	2.95	4.21	16.06
C18:1	22.39	62.99	30.61	76.57	42.11	48.24
C18:2	54.8	19.31	52.58	7.40	10.45	3.01
C18:3	7.37	10.71	1.54	0.76	0.37	0.51
C20:0	0.32	0.56	0.43	0.33	0.35	0.11
C22:0	0.35	0.29	0.16	0.09	0.06	0.02

SB: soybean oil, CA: canola oil, CO: corn germ oil, OL: olive oil, PO: palm oil, BT: beef tallow

&lt;Table 2&gt; Operating conditions for GC analysis of fatty acids composition

Instrument	Gas chromatography GC-14B, Shimadzu
Column	Sp-2560
Carrier gas	N <sub>2</sub> , 300 kpa
Initial temp.	170°C
Initial time	0 min
Initial rate	1°C/min
Final temp.	205°C
Final time	5 min
Split ratio	100:1

### 5. 색도측정

색도는 Fengxia 등(2001)의 방법으로 색차계(Lovibond PFX 950, Tintometer)를 이용하여 R(적색도), Y(황색도) 값을 측정하였다.

### 6. 지방산 조성 및 트랜스 지방산 분석

조성지방산의 함량과 트랜스 지방산의 생성여부를 Gas chromatography(GC-14B, Shimadzu, Japan)에 의해 분리 정량하고 검토하였다. 지방산의 methyl ester화는 Lepage 등(1986)의 방법에 따라 조제 하였으며 GC의 분석 조건은 <Table 2>와 같다. Chromatogram 상에 나타난 각 peak는 표준 지방산의 methyl ester의 retention time과 비교하여 확인되었고 peak면적은 기기에 연결된 적분계에 의하여 구한 다음 이들 합계치에 대한 면적비로부터 각각의 중량 %를 구하였다.

### 7. 통계처리

모든 실험은 3회 이상 반복 실시하여 결과를 SAS(SAS version 9.1)를 이용하여 분산 분석하였다. 시료 평균간의 유의적 차이의 유무는 Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ )에 의해 비교를 하였다. 트랜스지방과 산가, 요오드가의 상관관계는 SPSS(Statistical Package for Social Science(version 13.0))를 사용하여 Pearson correlation으로 구하였으며, regression을 실시하여 산가와 요오드가의 트랜스지방산 함량 변화와의 상관관계를 분석하였다.

## III. 결과 및 고찰

단체급식소, 외식업체 등의 튀김음식 조리 시 많이 사용되고 있는 유지 6종을 선택하여 convotherm oven에서 160, 180, 200°C에서 130분간 가열하면서 20분 간격으로 시료를 채취하고 산가, 요오드가, 점도, 색도, 트랜스지방산 생성량을 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

### 1. 산가의 변화

각각의 유지들을 160, 180, 200°C에서 130분까지 가열

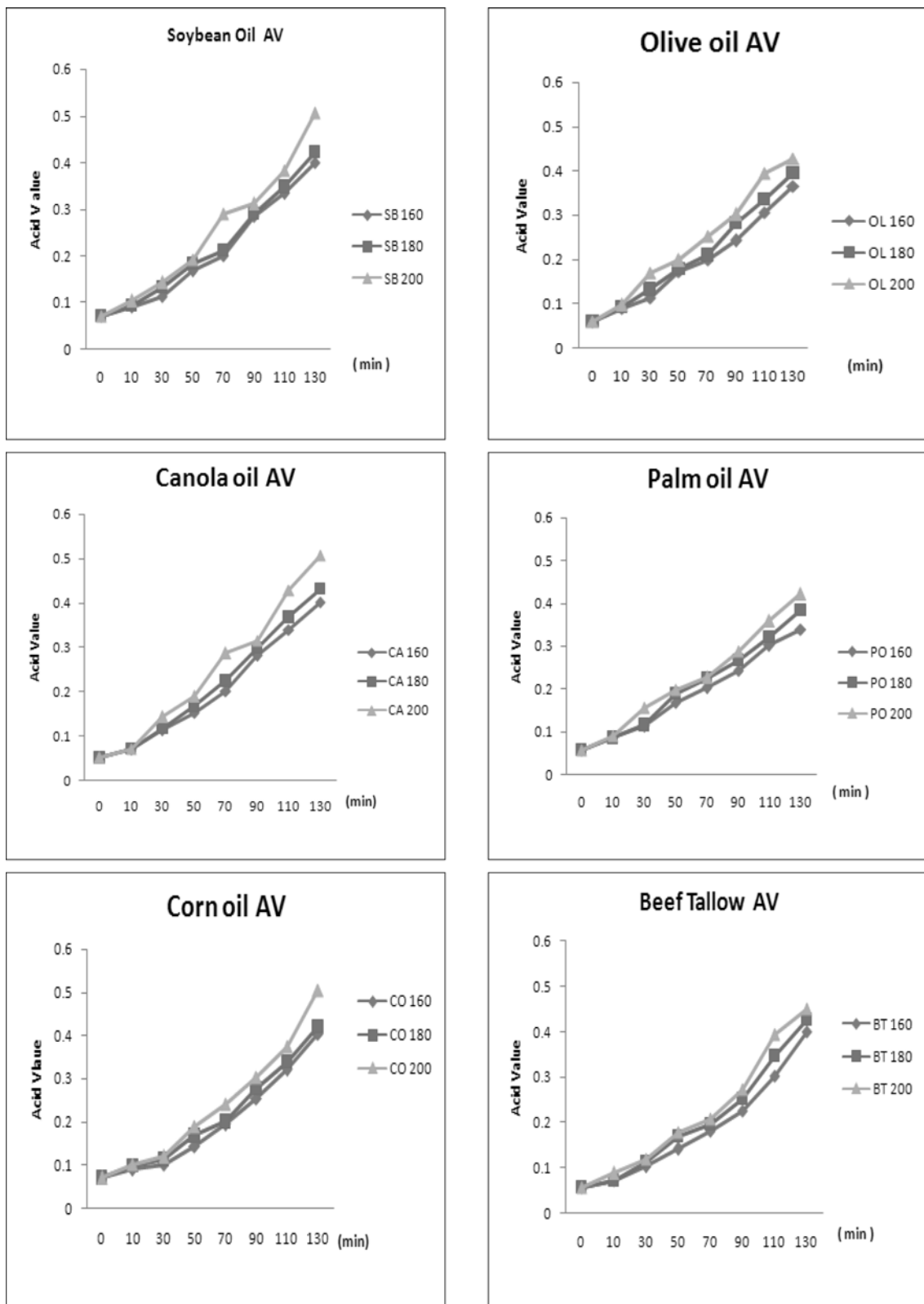
하는 동안의 산가의 변화는 <Figure 1>과 같았다. 모든 유지에서 가열시간이 경과함에 따라 산가의 완만한 증가를 보였으며 130분 가열 후 최대 산가를 나타내었으나 모두 0.5 미만이었다. 이들 시료 중 옥배유, 올리브유와 팜유가 낮은 산가를 보였으며 대두유, 채종유, 옥배유가 조금 높은 값을 보이는 경향을 나타내었다. 이와 같은 결과는 가열온도가 높을수록 유지 중의 triglyceride의 분해가 급격히 진행되어 지방산의 함량이 증가하는 사실을 잘 보여주는 결과이다 (Ahn 2005). 그러나 일반적인 튀김시간은 10분 이내이므로 모든 시료가 160-200°C에서 0.07-0.1 정도의 안전한 산가를 보여주었다. 일반적으로 신선한 유지의 출고 시 산가가 0.6 이하로 규정된 것과 비교하여, 본 연구에서의 최대 산가가 0.5 이하로 나타나 본 연구의 가열 조건에서 사용된 유지는 모두 식용 가능한 것으로 판정 할 수 있다. 또한 160°C와 180°C로 가열한 결과 온도차에 따른 산가의 차이는 거의 없는 것으로 나타나 튀김온도로서 어느 온도로 사용하여도 적합한 것으로 보인다. 이는 Jang과 Yang(2001)의 튀김 시 우지의 산화안정성, Hyun(2002)의 유채유의 가열산화, Lee 등(2000)의 튀김유지의 산화안정성 연구 등의 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

### 2. 요오드가의 변화

6종의 유지들을 160, 180, 200°C에서 130분까지 가열하는 동안 요오드가의 변화는 <Table 3>에서 보는 것과 같았다. 대두유는 요오드가 135.0으로 건성유, 채종유와 옥배유는 118.0, 120.0으로 반건성유 그리고 팜유와 우지는 54.2, 49.5로 불건성유임을 알 수 있었다. 6종의 유지 모두 가열온도가 높을수록, 가열시간이 길수록 요오드가는 역비례적으로 근소하게 감소하는 현상을 보였다. 유지 중 가열온도와 시간의 증가에 따라 요오드가가 감소되는 폭이 가장 큰 것은 팜유이고 그 다음이 채종유이며 가장 적은 것은 우지였다. 즉 팜유는 요오드가의 감소 폭이 0.37-9.82%이었고 채종유는 0.1-6.76% 감소되었다. 이에 비하여 우지는 요오드가의 감소 폭이 0-3.56%로 가장 적었고 대두유의 경우 0-3.7%가 감소되어 요오드가의 감소 폭이 적은 편이었다. 이는 Jang과 Yang(2001)의 튀김조건에 따른 가열 우지의 산화안정성 연구에서 발표된 요오드가 변화와 유사한 경향을 보였다. 이와 같이 가열온도가 높고 시간이 길수록 요오드가가 점차 감소하는 경향을 보이는 것은 각각의 유지들이 가열온도가 높아지고 가열시간이 길어질수록 산패가 진행되어 불포화지방산이 가열산화로 인해 열중합이 진행되어 고분자물을 형성하는 것에 기인하는 것이다(Yun 2000).

### 3. 점도의 변화

각각의 유지들을 160, 180, 200°C에서 130분간 가열하는 동안 점도의 변화는 <Table 4>에서 보는 것과 같았다. 200°C에서 130분 가열한 후 대두유의 점도는 49.3에서



<Figure 1>The changes of acid values of 6 kinds of fat and oils during heated at 160, 180, 200±2°C for 130 min  
 SB: soybean oil, CA: canola oil, CO: corn germ oil, OL: olive oil, PO: palm oil, BT: beef tallow  
 160: heated at 160°C, 180: heated at 180°C, 200: heated at 200°C

52.7 g/cm · s, 채종유는 55.3에서 59.2 g/cm · s, 옥배유는 55.3에서 60.9 g/cm · s, 올리브유는 60.0에서 62.8 g/cm · s,

팜유는 42.2에서 44.6 g/cm · s 그리고 우지는 43.4에서 47.9 g/cm · s로 점차 증가하였으며 온도가 높고 가열 시간

&lt;Table 3&gt; Iodine values of 6 kinds of fat and oils during heated at 160, 180, 200±2°C for 130 min

Samples & Heating Temp.(°C)	Heating time (min)				
	0	10	30	70	130
SB 160		135.00±0.9 (0)	134.20±0.6 (-0.60)	133.10±0.2 (-1.40)	132.60±0.6 (-1.78)
180	135.00±1.2	134.80±0.8 (-0.15)	134.02±0.7 (-0.74)	132.88±1.3 (-1.57)	132.00±0.7 (-2.22)
200		134.00±0.6 (-0.45)	133.57±0.8 (-1.06)	132.00±0.7 (-2.22)	130.00±0.7 (-3.70)
CA 160		117.88±0.7 (-0.10)	117.00±0.7 (-0.85)	116.00±0.4 (-1.69)	111.60±0.4 (-5.42)
180	118.00±1.7	117.66±0.5 (-0.29)	117.02±0.5 (-0.83)	115.70±0.8 (-1.95)	110.80±0.7 (-6.10)
200		117.60±0.9 (-0.80)	116.98±0.9 (-0.86)	115.05±0.6 (-2.50)	110.02±0.7 (-6.76)
CO 160		119.00±1.2 (-0.83)	118.50±0.3 (-1.25)	117.00±0.7 (-1.830)	115.20±0.4 (-4.00)
180	120.00±1.1	118.80±0.3 (-1.00)	118.20±0.6 (-1.50)	116.80±0.3 (-2.67)	114.60±0.9 (-4.50)
200		118.00±1.7 (-1.67)	117.80±0.4 (-1.83)	116.20±1.2 (-3.17)	112.00±1.0 (-6.67)
OL 160		89.88±0.5 (-0.10)	89.40±0.7 (-0.67)	88.04±0.5 (-2.18)	87.00±0.8 (-3.33)
180	90.00±0.7	90.02±0.6 (0)	89.20±0.9 (-0.89)	87.78±0.6 (-2.47)	86.02±1.2 (-4.42)
200		89.20±0.9 (-0.89)	88.57±0.8 (-1.59)	87.00±0.6 (-3.33)	85.88±0.9 (-4.58)
PO 160		54.00±1.2 <sup>a</sup> (-0.37)	53.60±1.2 (-1.11)	52.50±0.9 (-3.14)	50.02±0.7 (-7.71)
180	54.20±0.6	54.00±0.9 <sup>a</sup> (-0.37)	53.06±0.9 (-2.10)	52.02±0.7 (-4.02)	49.66±1.2 (-8.38)
200		53.88±0.6 (-0.59)	53.00±0.3 (-2.21)	51.04±0.8 (-5.83)	48.88±0.4 (-9.82)
BT 160		49.60±0.4 (0)	49.40±0.9 (-0.20)	49.02±1.1 <sup>a</sup> (-0.99)	48.80±0.8 (-1.41)
180	49.50±0.4	49.05±0.3 (-0.91)	49.00±1.1 (-1.01)	49.02±0.9 <sup>a</sup> (-0.99)	48.02±1.1 (-2.99)
200		49.00±0.7 (-1.01)	48.92±0.8 (-1.17)	48.11±0.7 (-2.81)	47.74±0.9 (-3.56)

SB: soybean oil, CA: canola oil, CO: corn germ oil, OL: olive oil, PO: palm oil, BT: beef tallow

160: heated at 160°C, 180: heated at 180°C, 200: heated at 200°C

numbers of ( ) are presented decreasing ratio (%)

Means of three replications.

Same letters in a column are not significantly different each other (p<0.05)

이 길어짐에 따라 점도는 비례 상승하였다. 그 상승폭은 옥배유가 가장 큰 반면(5.6 g/cm·s) 올리브유는 가장 적었다(4.5 g/cm·s). 이와 같이 가열 온도가 높을수록, 또 가열시간이 길수록 점도를 크게 상승시키는 것은 Jang과 Yang(2001)의 130, 150°C에서 가열한 우지의 점도와 180°C에서 가열한 우지의 점도 측정에서 보인 결과와 유사한 경향이 있었다. 점도의 변화는 가열산패가 진행되는 동안 이중결합의 공액화, 지방산의 이중결합이 시스형에서 트랜스형으로 이성화하는 것, 그리고 중합체의 형성 등에 의한 현상이다(Sin & Kim 1982).

#### 4. 색도의 변화

각각의 유지들을 160, 180, 200°C에서 130분간 가열하는 동안 색도의 변화는 <Table 5>에서 보는 것과 같았다. 모든 유지에서 가열온도가 높을수록, 가열 시간이 길어질수록 적색도(R)와 황색도(Y)의 증가가 현저하게 나타났으며 특히 옥배유는 200°C에서 130분 가열한 후 적색도가 초기 1.0에서 3.5로 황색도는 16.0에서 39.0으로 가장 크게 증가하여 산패과정에서 색도변화가 큰 것으로 나타났다. 반면 우지는 적색도가 0.1에서 0.5까지 상승한 것을 보이고 황색도도 1.8에서 2.9로 상승하여 가장 색도 변화가 적은 것으

<Table 4> Viscosity of 6 kinds of fat and oils during heated at 160, 180, 200±2°C for 130 min (g/cm·s)

Heating temp. (°C)	Heating time (min)	SB	CA	CO	OL	PO	BT
	0	49.3±0.1	55.3±0.1	55.3±0.4	60.0±0.2	42.2±0.1	43.4±0.5
160°C	30	49.5±0.2	55.4±0.2	55.4±0.3	60.3±0.1	42.5±0.3	43.8±0.2
	70	50.3±0.1	55.6±0.4 <sup>a</sup>	60.4±0.2	60.6±0.3	42.7±0.1	45.2±0.3
	130	51.0±0.2	55.9±0.5	57.2±0.3	61.7±0.6 <sup>a</sup>	44.5±0.3	46.1±0.5
180°C	30	50.1±0.6	55.2±0.5	57.6±0.1	60.1±0.3	42.9±0.2	43.9±0.2
	70	50.6±0.2	55.6±0.8 <sup>a</sup>	58.4±0.2	61.3±0.1	43.4±0.2	45.9±0.7
	130	51.4±0.3	56.3±0.3	60.0±0.5	62.3±0.4	43.7±0.5	46.7±0.1
200°C	30	50.7±0.3	55.6±0.2 <sup>a</sup>	56.4±0.4	61.2±0.5	42.6±0.2	45.0±0.5
	70	51.6±0.2	56.2±0.1	59.0±0.5	61.7±0.2 <sup>a</sup>	413.2±0.2	45.8±0.2
	130	52.7±0.1	59.2±0.4	60.9±0.1	62.8±0.1	44.6±0.1	47.9±0.3

SB: soybean oil, CA: canola oil, CO: corn germ oil, OL: olive oil, PO: palm oil, BT: beef tallow  
 Means of three replications.  
 Same letters in a column are not significantly different each other (p<0.05)

<Table 5> Color (Y/R) of 6 kinds of fat and oils during heated at 160, 180, 200±2°C for 130 min

Samples & Heating temp.(°C)	Heating time (min)							
	0		30		70		130	
	R	Y	R	Y	R	Y	R	Y
SB 160	0.1±0.03	3.5±0.12	0.4±0.06	6.8±0.80	1.0±0.04	12.0±0.12	1.2±0.12	14.0±0.29
	0.1±0.03	3.5±0.12	0.4±0.04	7.1±0.31	1.0±0.02	14.0±0.27	1.3±0.08	15.1±0.34
	0.1±0.03	3.5±0.12	0.4±0.01	7.4±0.11	1.1±0.17	11.0±0.31	1.4±0.13	16.0±0.26
CA 160	0.1±0.01	6.3±0.75	1.4±0.03	11.0±0.34	1.5±0.01	13.0±0.45	1.7±0.02	14.0±0.45
	0.1±0.01	6.3±0.75	1.5±0.18	11.0±0.28	1.5±0.03	14.0±0.78	1.7±0.06	14.7±0.37
	0.1±0.01	6.3±0.75	1.5±0.04	11.1±0.24	1.6±0.18	14.0±0.75	1.8±0.11	14.8±0.65
CO 160	1.0±0.09	16.0±0.34	2.6±0.05	22.0±0.41	3.0±0.12	30.0±0.90	3.5±0.05	35.0±0.88
	1.0±0.09	16.0±0.34	3.2±0.76	24.0±0.46	3.4±0.41	33.0±0.59	3.5±0.11	38.0±0.78
	1.0±0.09	16.0±0.34	3.3±0.53	28.0±0.52	3.4±0.05	36.0±0.54	3.5±0.03	39.0±0.66
OL 160	0.1±0.03	0.6±0.05	0.6±0.01	2.3±0.24	0.7±0.03	3.2±0.56	0.8±0.03	3.4±0.34
	0.1±0.03	0.6±0.05	0.5±0.08	2.7±0.35	0.6±0.02	3.2±0.78	0.7±0.05	3.3±0.45
	0.1±0.03	0.6±0.05	0.6±0.03	3.3±0.33	0.7±0.01	3.5±0.28	0.8±0.08	4.3±0.72
PO 160	1.2±0.04	11.5±0.40	2.5±0.32	15.0±0.49	2.8±0.01	19.1±0.9	2.9±0.02	24.0±0.98
	1.2±0.04	11.5±0.40	2.4±0.33	22.0±0.18	2.9±0.03	24.1±0.87	3.0±0.00	26.0±1.02
	1.2±0.04	11.5±0.40	2.5±0.12	22.0±0.78	2.7±0.07	24.0±0.88	2.9±0.01	27.0±0.87
BT 160	0.1±0.01	1.8±0.15	0.1±0.33	1.9±0.54	0.2±0.01	2.0±0.30	0.3±0.06	2.2±0.37
	0.1±0.01	1.8±0.15	0.1±0.39	1.8±0.55	0.3±0.01	2.4±0.38	0.4±0.08	2.7±0.32
	0.1±0.01	1.8±0.15	0.2±0.05	1.9±0.46	0.4±0.03	2.4±0.74	0.5±0.08	2.9±0.24

SB: soybean oil, CA: canola oil, CO: corn germ oil, OL: olive oil, PO: palm oil, BT: beef tallow  
 160: heated at 160°C, 180: heated at 180°C, 200: heated at 200°C  
 R: degree readness Y: degree yellowness

로 나타났다. Lee 등(1978)이 색도와 기름의 산패는 양의 상관관계가 있다고 한 것과 같은 효과를 볼 수 있었으며 이것은 기름의 품질을 육안으로도 쉽게 판단 할 수 있는 가능성을 보여주는 것이다.

5. 주요 조성지방산 함량의 변화

각각의 유지를 160, 180, 200°C에서 130분간 가열하는 동안 주요 조성지방산의 함량 변화는 <Table 6>에서 보는 것과 같았다. Palmitic acid(C16:1)의 경우 올리브유는 가열온도에 따라 함량이 증가하는 것으로 나타난 반면 팜유와

우지는 모든 가열 온도에서 조금 증가하였으며 나머지 대두유, 채종유, 옥배유는 거의 변하지 않았다. Oleic acid(C18:1)와 linoleic acid(C18:2)는 모든 유지에서 가열온도에 따른 변화를 거의 보이지 않았으나 linolenic acid(C18:3)는 옥배유에서 모든 가열온도에서 조금 증가하였는데 이는 올리브유에서는 가열온도가 160, 180°C인 때에는 약 4% 증가하다가 200°C에서는 2.6% 정도 감소하는 것으로 나타났으며 우지의 경우는 160°C 가열시 39%정도 증가하였으나 180, 200°C에서는 14-19% 정도 감소하였다. 유지 중 가열 중에 linolenic acid가 가장 큰 감소현상을 보인 것은 팜유

<Table 6> Changes of main fatty acids amounts of 6 kinds of fat and oils during heated at 160, 180, 200°C for 130 min

Samples	Heating temp. (°C)	Main fatty acids			
		C16:1	C18:1	C18:2	C18:3
SB	0	0.06±0.00	22.39±0.90	54.80±1.07	7.37±0.78
	160	0.06±0.00 (0.00)	22.36±0.75 (-0.13)	54.70±1.00 (-0.18)	7.19±0.33 (-2.50)
	180	0.06±0.00 (0.00)	22.54±0.55 (0.67)	54.30±1.03 (-0.91)	7.27±0.56 (-1.36)
	200	0.06±0.00 (0.00)	22.59±0.57 (0.89)	54.14±1.01 (-1.20)	7.16±0.32 (-2.85)
CA	0	0.23±0.03	62.99±1.33	19.31±0.99	10.71±0.67
	160	0.22±0.02 (-4.35)	63.43±2.07 (0.70)	19.23±1.01 (-0.41)	10.48±0.71 (-2.15)
	180	0.22±0.00 (-4.35)	63.25±2.01 (0.41)	19.30±0.39 (-0.05)	10.86±1.03 (+1.40)
	200	0.24±0.01 (4.35)	63.49±1.23 (0.80)	19.06±1.07 (-1.30)	10.30±0.21 (-3.83)
CO	0	0.11±0.01	30.61±1.03	52.58±1.58	1.54±0.10
	160	0.13±0.07 (18.18)	30.62±1.78 (0.03)	52.19±1.78 (-0.74)	1.66±0.01 (+7.79)
	180	0.11±0.00 (0.00)	30.73±2.02 (0.39)	52.29±2.02 (-0.55)	1.64±0.78 (+6.49)
	200	0.11±0.00 (0.00)	30.88±1.11 (0.88)	51.91±2.45 (-1.27)	1.67±0.03 (+8.44)
OL	0	0.79±0.01	76.57±1.31	7.40±1.00	0.76±0.01
	160	0.90±0.00 (13.92)	76.35±2.44 (-0.42)	7.33±0.98 (-0.95)	0.79±0.04 (+3.95)
	180	0.83±0.03 (5.06)	76.52±3.03 (-0.07)	7.18±1.04 (-2.97)	0.79±0.01 (+3.95)
	200	0.86±0.07 (8.86)	76.18±2.45 (-0.51)	7.05±0.56 (-4.73)	0.74±0.03 (-2.63)
PO	0	0.29±0.00	42.11±0.35	10.45±0.50	0.37±0.01
	160	0.15±0.02 (-48.28)	41.83±2.04 (-0.67)	10.06±1.01 (-3.73)	0.30±0.03 (-19.02)
	180	0.26±0.01 (-10.34)	42.44±1.26 (0.78)	10.35±1.00 (-0.96)	0.32±0.07 (-13.51)
	200	0.21±0.01 (-27.59)	42.73±2.18 (1.47)	10.14±1.41 (-2.97)	0.23±0.01 (-37.84)
BT	0	3.96±0.58	48.24±1.03	3.01±0.02	0.51±0.07
	160	4.17±0.55 (5.30)	47.35±1.04 (-1.84)	2.66±0.18 (-11.63)	0.71±0.30 (+39.22)
	180	3.81±0.34 (-3.79)	47.97±2.27 (-0.56)	2.78±0.27 (-7.64)	0.44±0.55 (-13.73)
	200	4.03±0.89 (1.77)	47.32±1.78 (-1.91)	2.57±0.56 (-14.62)	0.41±0.67 (-19.61)

SB: soybean oil, CA: canola oil, CO: corn germ oil, OL: olive oil, PO: palm oil, BT: beef tallow numbers of ( ) are presented variation ratio (%)

이였으며(37.8%) 대두유는 약 1.4-2.8% 감소한 것으로 나타났다. 따라서 이중결합이 3개인 linolenic acid가 가열온도에 따른 변화가 가장 큰 것으로 나타났다. 이는 Kim 등 (1990)이 식물성 유지들을 24시간 동안 가열하면서 트랜스 지방산 생성을 확인한 연구에서 대두유와 옥배유의 가열시 변화와 유사한 경향을 나타내었다.

6. 트랜스 지방산의 생성

각각의 유지를 160, 180, 200°C에서 130분간 가열 트랜

스 지방산의 생성량을 측정한 결과는 <Table 7>에서 보는 것과 같았다. <Table 7>에서 각각 유지들의 초기 트랜스 지방산 함량을 비교하면 올리브유에 비하여 대두유, 채종유, 옥배유의 함량이 높은 것은 식용유지의 정제 공정 중 탈취 공정이 올리브유 보다 고온에서 이루어져서 초기 트랜스 지방산 함량이 높은 것이다(Ackman & Mag 1998). 올리브유와 우지를 제외한 4가지 유지들은 초기 트랜스 지방산 함량이 0.4-0.52%이던 것이 200°C에서 130분 가열 후 0.55-0.72%로 증가하였다. 전반적으로 160°C에서는 가열

<Table 7> Changes of trans fatty acids of 6 kind of fat and oils during heated at 160, 180, 200±2°C for 130 min (%)

Heating temp. (°C)	Heating time (min)	SB	CA	CO	OL	PO	BT
	0	0.41±0.01 <sup>a</sup>	0.40±0.00	0.50±0.01 <sup>a</sup>	0.11±0.00	0.52±0.01	6.03±0.00
160	30	0.41±0.00 <sup>a</sup>	0.43±0.01 <sup>a</sup>	0.50±0.02 <sup>a</sup>	0.12±0.00 <sup>a</sup>	0.59±0.00 <sup>a</sup>	6.45±0.01
	70	0.45±0.01	0.44±0.03	0.53±0.01	0.12±0.01 <sup>a</sup>	0.62±0.02	6.46±0.02
	130	0.46±0.03	0.45±0.02 <sup>b</sup>	0.55±0.01	0.13±0.00	0.70±0.01	6.75±0.02
180	30	0.47±0.00	0.42±0.01	0.51±0.00	0.12±0.00 <sup>a</sup>	0.55±0.00	6.34±0.01 <sup>a</sup>
	70	0.49±0.01 <sup>b</sup>	0.45±0.00 <sup>b</sup>	0.59±0.05	0.15±0.01 <sup>b</sup>	0.67±0.03	6.56±0.02
	130	0.53±0.01	0.57±0.02	0.61±0.03	0.26±0.02 <sup>c</sup>	0.69±0.02	7.04±0.00
200	30	0.49±0.02 <sup>b</sup>	0.43±0.01 <sup>a</sup>	0.58±0.02	0.15±0.01 <sup>b</sup>	0.59±0.01 <sup>a</sup>	6.34±0.01 <sup>a</sup>
	70	0.54±0.01	0.45±0.01 <sup>b</sup>	0.62±0.01	0.16±0.00	0.65±0.01	6.50±0.01
	130	0.55±0.01	0.62±0.04	0.68±0.05	0.26±0.01 <sup>c</sup>	0.72±0.04	6.98±0.03

SB: soybean oil, CA: canola oil, CO: corn germ oil, OL: olive oil, PO: palm oil, BT: beef tallow

Means of three replications.

Same letters in a column are not significantly different each other (p<0.05)

<Table 8> The ratio\* of trans fatty acids formation upon heating temperature and time

Heating temp. (°C)	Heating time (min)	SB	CA	CO	OL	PO	BT
	0	0.082	0.080	0.100	0.0	0.104	1.206
160	30	0.082	0.086	0.100	0.024	0.118	1.290
	70	0.090	0.088	0.106	0.024	0.124	1.292
	130	0.092	0.090	0.110	0.026	0.140	1.350
180	30	0.094	0.084	0.102	0.024	0.110	1.268
	70	0.098	0.090	0.118	0.030	0.134	1.312
	130	0.106	0.114	0.122	0.052	0.138	1.408
200	30	0.098	0.086	0.116	0.030	0.118	1.268
	70	0.108	0.090	0.124	0.032	0.130	1.300
	130	0.110	0.124	0.136	0.052	0.144	1.396

\*the ratio was calculated by guideline presented as food standard (5%) of recommended trans fatty acid amount

ratio=trans fatty acid amounts(%) / 5(%)

SB: soybean oil, CA: canola oil, CO: corn germ oil, OL: olive oil, PO: palm oil, BT: beef tallow

160: heated at 160°C, 180: heated at 180°C, 200: heated at 200°C

시간이 길어도 트랜스 지방산 함량에 큰 변화가 없었지만 200°C에서는 30분 가열과 130분 가열시 트랜스 지방산 함량 변화의 증가량이 컸으며 온도가 높아질수록 트랜스 지방산 함량의 증가도 높아졌다.

그러나 200°C, 130분 가열한 때 트랜스 지방산 함량이 <Table 8>에서와 같이 ‘식품 등 표시기준’에 제시된 트랜스 지방산 권장 가이드라인인 5%에 비교해 보면 우지를 제외하고 모두 1.0 이하로 나타나 튀김 조리 시 섭취되는 트랜스 지방산의 함량은 인체에 큰 영향을 주지 않을 것으로 생각된다. 이것은 Moreno 등(1999)이 올리브유, 해바라기씨유, 옥배유 등의 정제 식물성 식용유를 가열했을 때 가열 온도와 시간이 증가함에 따라 트랜스 지방산 함량이 증가하지만 150-200°C에서는 유의적 증가가 없다는 결과와 유사하다. 한편 Moreno 등(1999)은 250°C 이상의 고온에서 가열할 때는 4-6%의 트랜스 지방산이 생성되었다는 결과보다 낮은 것은 200°C까지 가열하였기 때문으로 보인다. <Table 8>에서 보는 것과 같이 올리브유에서는 트랜스 지방산의 형

성이 매우 미약하며 6종의 유지 중에서 트랜스 지방산의 생성량이 큰 순서는 유지>팜유>옥배유>채종유>대두유>올리브유의 순이었다.

7. 트랜스 지방산의 생성과 산가 및 요오드가와의 상관관계  
 각각의 유지를 160, 180, 200°C에서 130분간 가열하면서 트랜스 지방산의 생성량을 측정하여 산가, 요오드가의 상관관계의 결과는 <Table 9>에서 보는 것과 같았다. <Table 9>에서 산가와 트랜스 지방산 함량과의 상관관계는 유지들 중 대두유와 옥배유가 0.798, 0.799로 비교적 낮은 상관관계를 나타냈으며 팜유와 우지는 0.959, 0.946으로 다른 유지들 보다 높은 상관관계를 나타내었으며 산가의 증가와 트랜스지방산 함량 증가가 1.0에 가까운 양의 상관관계를 나타내어 튀김온도와 시간에 비례하여 산가와 트랜스지방산 함량이 증가하는 상관관계를 알 수 있었다. 이 결과로 특히 우지와 팜유는 튀김 시 조리 온도를 낮추고 시간을 짧게 잡는 것이 바람직함을 알 수 있었다. 한편 요오드가와 트랜스



<Table 9> Correlation with acid value, iodine value, and trans fatty acids

		AV	IV	TA
AV	SB	1.000**		
	CA	1.000**		
	CO	1.000**		
	OL	1.000**		
	PO	1.000**		
	BT	1.000**		
IV	SB	-0.938**	1.000**	
	CA	-0.987**	1.000**	
	CO	-0.962**	1.000**	
	OL	-0.976**	1.000**	
	PO	-0.987**	1.000**	
	BT	-0.841**	1.000**	
TA	SB	0.798*	-0.898**	1.000**
	CA	0.885**	-0.894**	1.000**
	CO	0.799*	-0.883**	1.000**
	OL	0.828**	-0.839**	1.000**
	PO	0.959**	-0.946**	1.000**
	BT	0.946**	-0.850**	1.000**

\*p<0.01 \*\*p<0.001

SB: soybean oil, CA: canola oil, CO: corn germ oil, OL: olive oil, PO: palm oil, BT: beef tallow, AV: acid value, IV: iodine value, TA: trans fatty acids amounts

지방산 함량과의 상관관계는 -0.841에서 -0.987로 음의 상관관계를 나타내었다. 우지를 제외한 나머지 유지들은 -0.9를 넘는 높은 음의 상관관계를 나타내고 있으며 이는 요오드가가 감소할수록 트랜스 지방산 함량이 증가하는 상관관계를 보여주고 있는 것이다.

<Table 9>에서 보는 것과 같이 산가와 트랜스 지방산의 함량은 양의 상관관계, 요오드가와 트랜스 지방산의 함량은 음의 상관관계를 나타내어 튀김 조리 시 튀김온도와 시간의 증가는 산가와 트랜스 지방산 함량은 증가시키고 요오드가는 감소시키는 경향을 유의적으로 보여주었다.

#### IV. 요약 및 결론

본 연구에서 급식시설과 외식업체에서 많이 사용하고 있는 대두유, 채종유, 옥배유, 올리브유, 팜유, 우지를 160, 180, 200°C에서 130분 동안 가열하면서 산가, 요오드가, 점도, 색도를 이용하여 유지의 산패도 변화를 측정하고 주요조성지방산 함량과 트랜스 지방산 함량 변화를 측정하였다.

6종의 유지 모두 가열온도가 높아지고 가열 시간이 길어질수록 산가는 상승하고 요오드가는 감소하였으며 점도와 색도는 증가하여 가열 온도와 시간의 증가에 대하여 유지의 산패가 양의 상관관계를 보여주었다. 또 트랜스 지방산의 함량도 우지를 제외한 모든 유지에서 유사한 경향을 보여주었지만 그 증가량은 미미하였다. 트랜스 지방산의 함량이 가장 낮은 것은 올리브유이었으며 생성량도 가장 낮았다. 6종

유지의 가열과정 중 생성되는 트랜스 지방산량의 많은 순서는 유지>팜유>옥배유>채종유>대두유>올리브유 순이었다. 이와 같은 결과에서 산패도를 낮추고 트랜스 지방산의 생성을 줄이기 위하여 기름을 이용하는 조리 시 온도를 160-180°C를 이용하는 것이 바람직한 것으로 알 수 있다.

또한 우지는 트랜스 지방산 함량이 높으므로 쇠고기 이용 시 되도록이면 기름을 제거하는 것이 좋으며 높은 온도를 사용하지 않는 것이 좋다. 트랜스 지방산과 산가의 상관관계는 0.798-0.959의 양의 상관관계, 트랜스 지방산과 요오드가의 상관관계는 0.841-0.987 정도의 음의 상관관계로 나타났으며, 이는 튀김 온도와 시간이 증가할수록 산가와 트랜스 지방산 함량은 증가하고 요오드가는 감소한다는 상관관계를 나타낸 것이다. 이와 같은 결과에서 튀김 조리 시 튀김온도와 시간을 감소시키는 것이 산가와 트랜스 지방산 함량 증가와 요오드가 감소의 변화를 적게 할 수 있음을 알 수 있다. 따라서 튀김 조리 시 우지나 팜유 보다는 올리브유, 대두유를 튀김유지로 이용하고 튀김 온도는 160-180°C를 이용하는 것이 산패도와 트랜스 지방산 생성을 적게 하는 바람직한 튀김 조건으로 사료된다.

#### 감사의 글

본 연구는 2007 성신여자대학교 학술연구구성비 사업지원에 의해 수행된 결과로 이에 감사드립니다.

#### ■ 참고문헌

김동훈. 1993. 식품화학. 탐구당. 서울. pp 566-573  
 안명수. 2005. 올리브유의 닭튀김 적성에 관한 연구. 성신여자대학교 산학협력단 보고서. pp 3-4  
 Ackman RG, Mag TK. 1998. Trans fatty acids and the potential for less in technical products. In: Sebedio APCS: Official and Tentative Method. 3rd ed, Am Oil Chem Soc, Chicago  
 Ascherio A, Willett WC. 1997. Health effects of trans fatty acids. Am J Clin Nutr, 63:663-670  
 Fengxia S, Dishum Z, Zhanming Z. 2001. Determination of oil color by image analysis. J Am Oil Chem Soc, 78:749-752  
 Gil BG, Rho JH. 2007. Hazardous effect of dietary trans fats on human health and regulations. Korean J Food Cookery Sci, 23(6):1015-1024  
 Hyun YH. 2002. The study on the thermal oxidation of mixed rapeseed oil with coconut and palm oil. Korean J Food & Nutr, 4(3):342-349  
 Jang YS, Yang JH. 2001. Oxidative Stability of tallow heated by different frying conditions. Korean J Postharvest Sci Technol, 8(3):331-337  
 Kim MG, Kim JC, KO HU, Lee JB, Kim YS, Park YB, Lee MJ, Lim JK, Kim KA, Park EM. 2007. A study on variation of trans

- fatty acid with heat treatment of corn oils. *J Fd Hyg Safety*, 22(4):311-316
- Lee JY, Lee HG, Song ES. 2000. Effects of reusing times on the oxidative stability of frying fat for frozen battered pork. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 29(2):231-234
- Lepage G, Pironen L, Varo V, Koivistoinen P, Salminen K. 1986. Tocopherols and tocotrienols in finnish foods: oils and fats. *J Am Oil Chem Soc*, 62:328-329
- Lichtenstein AH, Ausman LM, Jalbert SM, Schaefer IJ. 1999. Effects of different forms of dietary hydrogenated fats on serum lipoprotein cholesterol levels. *N Engl J Med*, 340(10):1933-1940
- Mizukoshi M. 1982. Model studies of cake baking. Foam drainage in cake batter. *Cereal Chem*, 60(1):62
- Shin AJ, Kim DH. 1982. Studies on thermal oxidation of soybean oil. *Korean J Food Chem*, 14(3): 257-264
- Moreno MCMM, Olivares DM, Lopez FJA, Adelantado JVG, Reig FB. 1999. Determination of unsaturation grade and trans isomers generated during thermal oxidation of edible oils and fats by FTIR. *J Molecular Structure*, 48(4):551-556
- Yun GS, Kim NY, Jang MS. 2000. Effect of application methods of frying oil on the physicochemical properties of frying oil in the school foodservice. *Korean J Soc Food Sci*, 16(4):328-335
- 
- (2008년 7월 17일 신규논문접수, 7월 28일 수정논문접수, 7월 30일 채택)