

## 콩기름, 쇼트닝, 올리브유의 감자 스틱 튀김 횟수에 따른 트랜스 지방산 함량의 변화

전미선<sup>1</sup> · 김지영<sup>1</sup> · 이주운<sup>2</sup> · 이기택<sup>1†</sup>

<sup>1</sup>충남대학교 식품공학과, <sup>2</sup>한국원자력연구원 방사선과학연구소 방사선식품생명공학팀

### Changes in Total Trans Fatty Acid Content in Soybean Oil, Shortening, and Olive Oil Used for Frying

Mi-Sun Jeon<sup>1</sup>, Ji-Young Kim<sup>1</sup>, Ju-Woon Lee<sup>2</sup> and Ki-Teak Lee<sup>1†</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Food Science and Technology, Chungnam National University, Deajeon 305-764, Korea

<sup>2</sup>Team for Radiation Food Science & Biotechnology, Advanced Radiation Technology Institute, Korea Atomic Energy Research Institute, Jeongeup 580-185, Korea

#### Abstract

In this study, changes in total trans fatty acid (tFA) and fat contents were determined in soybean oil, shortening, and olive oil after potato sticks were fried 30 consecutive times, respectively. Prior to frying, the potato sticks contained 3.8% fat, with 43.2% tFAs. After the first frying in soybean oil, the total tFA content of the potato sticks sharply decreased to 3.2%, and then it gradually increased to 8.1% after 30 consecutive times of frying. However, the total fat content of the potato sticks, fried in soybean oil increased to 15.2% after the first frying and thereafter it decreased to 9.75% with 30 repeated episodes of frying. When the potato sticks were fried in olive oil, similar changes in tFA and fat contents were shown; while such changes were not observed when shortening was used. After 30 consecutive frying events, the tFA contents in the soybean oil and olive oil increased to 4.15 and 5.75%, respectively; however, such an increase was not observed in the shortening. One can assume that most of the tFAs in the fried oils were from the potato sticks, which contained relatively high tFA content during the repeated deep-frying process.

**Key words :** Deep-frying, trans fatty acid, potato-sticks, soybean oil, shortening, olive oil.

#### 서론

현대인이 선호하는 음식 조리법 중에 하나인 튀김은 식품 표면의 바삭바삭한 조직감, 흡수된 유지의 부드러운 맛과 독특한 향, 그리고 손쉽게 먹을 수 있는 패스트푸드의 발전으로 인해 그 이용과 섭취량이 증가하고 있다. 그러나 고온의 열을 이용하는 튀김 과정 중에 유지의 변질이 발생한다. 즉, 유지를 튀기는 시간, 온도, 산소와의 접촉, 수분 및 각종 첨가제, 반복 사용 횟수 등에 의해 가열 산화, 불포화 지방산의 감소, 가수분해, 중합체 형성이 일어나면서 품질이 저하되는 산패 현상이 일어난다(Chu & Luo 1994, Kitagawa *et al* 1992). Romero *et al* (2000)에 따르면 정제 올리브유로 냉동 튀김식품류를 180°C에서 3~8분 동안 20회 반복하며 재 튀김한 결과, 튀김유와 냉동 튀김식품류의 트랜스 지방산(C<sub>18:1t</sub>, elaidic acid) 함량이 증가되었다고 보고하였다. 유지에 포함된 트랜스 지방산의 섭취는 LDL-cholesterol을 현저하게 증가시키는

반면, HDL-cholesterol은 감소시켜 관상동맥 질병이나 동맥 경화 등의 질환을 더욱 악화시킨다(Ascherio & Willett 1997, Aro *et al* 1997, Shapiro S 1997). 또한, 트랜스 지방산은 뇌신경세포의 발달을 감소시키며, 모유에 존재하는 prostaglandin 생합성을 감소시켜 유아에게도 좋지 못한 영향을 미친다고 보고되고 있다(Emken EA 1984).

이에 본 연구에서는 일반적인 튀김 조리 시 가정용 튀김에 주로 사용되고 있는 대두유와 기름의 열 안정성과 향미 안정성을 위해 수소 첨가 공정을 거친 쇼트닝, 그리고 최근 관심을 받고 있는 올리브유를 이용하여 재료를 튀김하였다. 사용된 올리브유는 엑스트라 버진급이 아닌 정제 올리브유(pure olive oil)를 사용하였는데, 정제 올리브유는 일반적으로 품질이 낮은 버진급 올리브유 등을 정제 공정을 통하여 얻게 된다. 재료로는 외식업체에서 많이 판매되고 있고, 고소한 맛과 바삭한 조직감으로 소비자들의 선호도가 높은 감자 스틱을 이용하였다. 패스트푸드점과 패밀리레스토랑 등 외식업체의 경우 튀김유의 재사용 횟수와 재사용 시 새로운 기름 첨가의 유무는 보고된 바 없다. 따라서 일반 가정 및 단체 급

† Corresponding author : Ki-Teak Lee, Tel : +82-42-821-6729, Fax : +82-42-822-6729, E-mail : ktleee@cnu.ac.kr

식소 보다 튀김 재사용 횟수가 많을 것으로 추정하여 이번 실험에서는 튀김을 최대 30회 반복하였다. 튀김 횟수가 증가함에 따라 대두유, 올리브유, 쇼트닝, 그리고 각각에 튀긴 감자 스틱의 지방산과 트랜스 지방산 함량의 변화를 알아보았고, 유지에 튀긴 감자 스틱의 지질 함량 변화를 알아보았다. 또한, 튀김 유지와 튀긴 감자 스틱에서 추출한 지질의 산가의 변화를 분석 비교하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 재료

본 실험에서 사용한 냉동 감자 스틱(원산지: 미국)과 대두유(D사), 정제 올리브유(D사)는 대전시 유성구 대형 할인점에서 2006년 11월에 구입하였고, 쇼트닝은 P사에서 제조한 대두경화유를 사용하였다.

### 2. 튀김조건

각각의 대두유, 올리브유와 쇼트닝에 100 g의 감자 스틱을 180°C에서 5분간 총 30회 튀겼다. 이때 1 L의 기름으로 시작하여 새로운 기름의 첨가는 없었으며 1회 때 사용한 튀김 기름을 30회까지 그대로 사용하였다. 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30회의 횟수 별로 튀긴 감자 스틱과 튀김 유지를 채취하여 -10°C에서 냉동보관하며 시료로 사용하였다.

### 3. 지방 추출

채취한 튀긴 감자 스틱을 Folch 법(Folch *et al* 1957)을 이용하여 지방을 추출한 후 정량하였다. 시료(25 g)와 folch 용액(chloroform : methanol = 2:1)과의 비율을 1:20(w/v)으로 하여 separate funnel에 넣고 20분간 shaking한 후 증류수를 넣고 다시 5분간 shaking하였다. 두 층으로 분리되면 아래층을 No. 4 Whatman filter paper와 sodium sulfate column을 이용하여 filtering하였다. Filtering된 아래층을 감압 농축기와 질소로 완전히 용매를 제거한 후 추출된 지방의 무게를 측정하였다.

### 4. 지방산 조성 분석

각각의 시료 25 mg을 시험관에 넣고 0.5 N methanolic NaOH를 1.5 mL넣어 100°C에서 5분간 가열한 후 30~40°C water bath에서 1~2분간 방치하였다. 여기에 2 mL의 BF<sub>3</sub>-methanol을 넣고 100°C에서 30분간 가열한 후 30~40°C water bath에서 1~2분간 방치하였다. 그리고 2 mL의 iso-octan과 포화 NaCl 용액을 넣고 30초간 진탕하여 1~2분간 방치한 뒤 상층액을 취하였다. 이 상층액을 sodium sulfate column을 이용하여 수분과 이물질을 제거한 뒤 GC를 이용해 지방산

조성을 분석하였다. GC(Hewlett-Packard 6890 series, Avondale, PA, USA)분석을 위한 column은 SP-2560(100 m × 0.2 μm × 0.25 nm)을 사용하였으며, column oven 온도는 140°C에서 1분간 유지시킨 후 1분당 10°C씩 220°C까지 증가시키고 55분간 유지시켰다. Carrier gas는 N<sub>2</sub>(1 mL/min)를 사용하였고, constant flow와 split(50:1) mode를 사용하였다. Injector 온도는 250°C로 유지하였으며, 시료를 GC에 1 μL를 주입하여 지방산 분석을 실시하였다. 본 실험에서는 각 시료 분석이 두 반복씩 이루어졌으며, 지방산 조성은 area %로 구하였다. 그리고 튀김유와 감자 스틱의 총 트랜스 지방산 함량(total tFA, area %)을 구하였고, 감자 스틱의 경우 식품 100 g에 해당하는 총 트랜스 지방 함량(total tFA fat, g)을 아래와 같은 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{Total tFA fat(g/100 g 식품)} = \text{조지방함량(\%)} \times \text{총 트랜스 지방산 함량(area \%)/100}$$

### 5. 산가 측정

튀김유의 재사용 횟수에 따른 화학적 특성 분석을 위하여 산가(acid value, AV)를 AOCS(1990)에서 제시된 방법에 준하여 분석하였다. 각각 3회 반복 측정으로 획득한 분석치를 평균값으로 나타내었다.

### 6. 통계처리

분석은 각각 2회 수행하였으며, 분석치의 평균값과 SAS program (statistical analysis system, version 8.01)의 Duncan's multiple range test를 통한 유의성(95%,  $p < 0.05$ ) 검정 결과를 제시하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 대두유와 감자 튀김의 튀김 횟수에 따른 지방산 조성 변화

튀김 전의 감자 스틱의 지방산 조성은 Table 1에 나타내었다. 주요 지방산의 평균 조성은 oleic acid(C<sub>18:1</sub>, 36.5 area%)와 palmitic acid(C<sub>16:0</sub>, 10.3 area%), stearic acid(C<sub>18:0</sub>, 7.8 area%) 및 linoleic acid(C<sub>18:2</sub>, 1.4 area%)로 확인되었다. 트랜스 지방산 함량의 경우, 튀기기 전의 감자 스틱에서는 elaidic acid(C<sub>18:1t</sub>)가 42.8 area%로 비교적 많은 양이 검출되었다. 이와 같은 지방산 조성으로 보아 감자 스틱의 전처리에 사용된 유지는 부분 경화 유지일 것으로 추측된다.

튀김 과정에 따른 대두유의 지방산 조성은 Table 2에 나타내었다. 튀기기 전 대두유의 주요 지방산의 평균 조성은 linoleic acid(C<sub>18:2</sub>, 50.55 area%)와 oleic acid(C<sub>18:1</sub>, 26.6 area%), palmitic acid(C<sub>16:0</sub>, 11.4 area%), stearic acid(C<sub>18:0</sub>, 4.9 area%)

**Table 1. Total trans fatty acid(tFAs) and fat contents in potato sticks before frying**

Fatty acid	Area%
14:0	0.1±0.03
16:0	10.3±0.04
16:1	nd <sup>1)</sup>
18:0	7.8±0.08
18:1	36.5±0.18
18:2	1.4±0.2
18:3	0.4±0.02
20:0	0.4±0.00
20:1	nd
18:1t	42.8±0.24
18:2t	0.4±0.01
18:3t	nd
<b>Total tFA<sup>2)</sup></b>	<b>43.2±0.25</b>
<b>Fat contents(%)</b>	<b>3.8±0.25</b>
<b>Total tFA fat(g/100 g food)</b>	<b>1.6±0.09</b>

<sup>1)</sup> Not detected.

<sup>2)</sup> Total trans fatty acid(area %) = C<sub>18:1t</sub>(area %) + C<sub>18:2t</sub>(area %) + C<sub>18:3t</sub>(area %).

및 linolenic acid(C<sub>18:3</sub>, 4.75 area%)로 확인되었고, 튀기기 전의 대두유에서는 트랜스 지방산이 미량 검출되었다. 최종 30회 튀김 후 대두유의 주요 지방산의 평균 조성은 linoleic acid(C<sub>18:2</sub>, 44.4 area%)와 oleic acid(C<sub>18:1</sub>, 28.35 area%), palmitic acid(C<sub>16:0</sub>, 11.3 area%), stearic acid(C<sub>18:0</sub>, 5.5 area%) 및 linolenic acid(C<sub>18:3</sub>, 4.2 area%)이었고, 튀김 횟수가 증가할수록 유의적으로 함량의 차이를 보이는 지방산들이 있었다( $p < 0.05$ ). 특히 linoleic acid(C<sub>18:2</sub>)는 전반적으로 가장 큰 감소를 나타내었는데, 이는 가열로 인한 산화 중합에 의한 것으로 사료되며, 이러한 결과는 Song & Jang(2002)의 보고와 일치하였다. 한편, 트랜스 지방산 함량의 경우, 튀기기 전의 대두유에서 미량의 trans linoleic acid(C<sub>18:2t</sub>, 0.65 area%)와 trans linolenic acid(C<sub>18:3t</sub>, 0.6 area%)를 함유한 것으로 나타났다. 특히 튀기기 전의 대두유에서는 보이지 않던 elaidic acid(C<sub>18:1t</sub>)가 5회 때부터 증가하기 시작하여 최종 30회 튀김 후 4.4 area%로 비교적 크게 증가되는 경향을 나타내었다. 총 트랜스 지방산 함량의 변화는 튀김 횟수가 증가함에 따라 1.25 area%(0회)에서 5.75 area%(30회)로 유의적인 증가 경향을 보였다( $p < 0.05$ ).

대두유에 튀긴 감자 스틱의 지방산 조성을 Table 3에 나타내었다. 대두유에 1회 튀긴 후 감자 스틱의 주요 지방산의 평균 조성은 linoleic acid(C<sub>18:2</sub>, 49.2 area%)와 oleic acid(C<sub>18:1</sub>, 28.1 area%), palmitic acid(C<sub>16:0</sub>, 10.3 area%), stearic acid(C<sub>18:0</sub>,

**Table 2. Fatty acid composition of fried soybean oil by the number of frying times**

(Unit: area%)

Fatty acid	No. of deep-frying								
	0	1	5	10	15	20	25	30	
C <sub>14:0</sub>	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001
C <sub>16:0</sub>	11.4 ±0.14	11.45±0.07	11.45±0.07	11.5 ±0.001	11.4 ±0.14	11.35±0.07	11.4 ±0.14	11.3 ±0.001	11.3 ±0.001
C <sub>16:1</sub>	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001
C <sub>18:0</sub>	4.9 ±0.001 <sup>f</sup>	4.9 ±0.001 <sup>f</sup>	5.0 ±0.001 <sup>e</sup>	5.1 ±0.001 <sup>d</sup>	5.1 ±0.001 <sup>d</sup>	5.2 ±0.001 <sup>c</sup>	5.35±0.07 <sup>b</sup>	5.5 ±0.001 <sup>a</sup>	5.5 ±0.001 <sup>a</sup>
C <sub>18:1</sub>	26.6 ±0.14 <sup>f</sup>	26.55±0.07 <sup>f</sup>	27.0 ±0.001 <sup>e</sup>	27.35±0.07 <sup>d</sup>	27.6 ±0.14 <sup>c</sup>	28.0 ±0.001 <sup>b</sup>	28.25±0.07 <sup>a</sup>	28.35±0.07 <sup>a</sup>	28.35±0.07 <sup>a</sup>
C <sub>18:2</sub>	50.55±0.21 <sup>a</sup>	50.6 ±0.14 <sup>a</sup>	49.5 ±0.001 <sup>b</sup>	48.35±0.07 <sup>c</sup>	47.35±0.21 <sup>d</sup>	46.0 ±0.14 <sup>e</sup>	45.1 ±0.001 <sup>f</sup>	44.4 ±0.14 <sup>g</sup>	44.4 ±0.14 <sup>g</sup>
C <sub>18:3</sub>	4.75±0.07 <sup>a</sup>	4.75±0.07 <sup>a</sup>	4.6 ±0.001 <sup>b</sup>	4.5 ±0.001 <sup>c</sup>	4.45±0.07 <sup>c</sup>	4.30±0.001 <sup>d</sup>	4.2 ±0.001 <sup>d</sup>	4.2 ±0.001 <sup>d</sup>	4.2 ±0.001 <sup>d</sup>
C <sub>20:0</sub>	0.4 ±0.001	0.4 ±0.001	0.4 ±0.001	0.4 ±0.001	0.4 ±0.001	0.4 ±0.001	0.4 ±0.001	0.4 ±0.001	0.4 ±0.001
C <sub>20:1</sub>	nd <sup>1)</sup>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
C <sub>18:1t</sub>	nd	nd	0.7 ±0.001 <sup>f</sup>	1.5 ±0.001 <sup>e</sup>	2.3 ±0.001 <sup>d</sup>	3.15±0.07 <sup>c</sup>	3.75±0.07 <sup>b</sup>	4.4 ±0.14 <sup>a</sup>	4.4 ±0.14 <sup>a</sup>
C <sub>18:2t</sub>	0.65±0.07 <sup>b</sup>	0.65±0.07 <sup>b</sup>	0.6 ±0.001 <sup>b</sup>	0.65±0.07 <sup>b</sup>	0.7 ±0.001 <sup>ab</sup>	0.7 ±0.001 <sup>ab</sup>	0.8 ±0.001 <sup>a</sup>	0.8 ±0.001 <sup>a</sup>	0.8 ±0.001 <sup>a</sup>
C <sub>18:3t</sub>	0.6 ±0.001	0.6 ±0.001	0.6 ±0.001	0.6 ±0.001	0.6 ±0.001	0.6 ±0.001	0.65±0.07	0.6 ±0.001	0.6 ±0.001
<b>Total tFA<sup>2)</sup></b>	<b>1.25±0.07<sup>g</sup></b>	<b>1.3 ±0.001<sup>g</sup></b>	<b>2.0 ±0.001<sup>f</sup></b>	<b>2.8 ±0.001<sup>e</sup></b>	<b>3.5 ±0.001<sup>d</sup></b>	<b>4.5 ±0.001<sup>c</sup></b>	<b>5.15±0.21<sup>b</sup></b>	<b>5.75±0.07<sup>a</sup></b>	<b>5.75±0.07<sup>a</sup></b>

<sup>a-g</sup> Values with different superscript letters within the same row are significantly different by Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ )

<sup>1)</sup> Not detected.

<sup>2)</sup> Total trans fatty acid(area %) = C<sub>18:1t</sub>(area %) + C<sub>18:2t</sub>(area %) + C<sub>18:3t</sub>(area %).

**Table 3. Total trans fatty acid(tFAs) and fat contents in potato sticks fried with soybean oil** (Unit: area%)

Fatty acid	No. of deep-frying						
	1	5	10	15	20	25	30
C <sub>14:0</sub>	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001
C <sub>16:0</sub>	10.3 ±0.001 <sup>b</sup>	10.4 ±0.001 <sup>a</sup>	10.3 ±0.001 <sup>b</sup>	10.3 ±0.001 <sup>b</sup>	10.3 ±0.001 <sup>b</sup>	10.3 ±0.001 <sup>b</sup>	10.35±0.07 <sup>ab</sup>
C <sub>16:1</sub>	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001
C <sub>18:0</sub>	4.6 ±0.001 <sup>f</sup>	4.7 ±0.001 <sup>e</sup>	4.7 ±0.001 <sup>e</sup>	4.8 ±0.001 <sup>d</sup>	4.9 ±0.001 <sup>c</sup>	5.2 ±0.001 <sup>b</sup>	5.3 ±0.001 <sup>a</sup>
C <sub>18:1</sub>	28.1 ±0.001 <sup>g</sup>	28.4 ±0.001 <sup>f</sup>	28.9 ±0.001 <sup>e</sup>	29.1 ±0.001 <sup>d</sup>	29.9 ±0.001 <sup>a</sup>	29.3±0.001 <sup>c</sup>	29.45±0.07 <sup>b</sup>
C <sub>18:2</sub>	49.2 ±0.001 <sup>a</sup>	48.15±0.07 <sup>b</sup>	46.5 ±0.001 <sup>c</sup>	45.85±0.07 <sup>d</sup>	43.2 ±0.001 <sup>f</sup>	43.85±0.07 <sup>e</sup>	42.75±0.07 <sup>g</sup>
C <sub>18:3</sub>	4.1 ±0.001 <sup>a</sup>	4.0 ±0.001 <sup>b</sup>	3.9 ±0.001 <sup>c</sup>	3.8 ±0.001 <sup>d</sup>	3.6 ±0.001 <sup>e</sup>	3.65±0.07 <sup>e</sup>	3.6 ±0.001 <sup>e</sup>
C <sub>20:0</sub>	0.4 ±0.001	0.4 ±0.001	0.4 ±0.001	0.4 ±0.001	0.4 ±0.001	0.4 ±0.001	0.4 ±0.001
C <sub>20:1</sub>	nd <sup>1)</sup>	nd	nd	nd	nd	nd	nd
C <sub>18:1t</sub>	1.9 ±0.001 <sup>g</sup>	2.55±0.07 <sup>f</sup>	3.8 ±0.001 <sup>e</sup>	4.2 ±0.001 <sup>d</sup>	6.05±0.07 <sup>b</sup>	5.9 ±0.001 <sup>c</sup>	6.8 ±0.001 <sup>a</sup>
C <sub>18:2t</sub>	0.65±0.07 <sup>b</sup>	0.70±0.001 <sup>b</sup>	0.70±0.001 <sup>b</sup>	0.70±0.001 <sup>b</sup>	0.80±0.001 <sup>a</sup>	0.70±0.001 <sup>b</sup>	0.70±0.001 <sup>b</sup>
C <sub>18:3t</sub>	0.7 ±0.001 <sup>a</sup>	0.7 ±0.001 <sup>a</sup>	0.7 ±0.001 <sup>a</sup>	0.65±0.07 <sup>ab</sup>	0.6 ±0.001 <sup>b</sup>	0.6 ±0.001 <sup>b</sup>	0.6 ±0.001 <sup>b</sup>
Total tFA <sup>2)</sup>	3.2 ±0.001 <sup>g</sup>	3.85±0.07 <sup>f</sup>	5.15±0.07 <sup>e</sup>	5.5 ±0.001 <sup>d</sup>	7.5 ±0.001 <sup>b</sup>	7.25±0.07 <sup>c</sup>	8.1 ±0.001 <sup>a</sup>
Fat contents(%)	15.2 ±0.14 <sup>a</sup>	13.3 ±0.28 <sup>b</sup>	12.7 ±0.28 <sup>b</sup>	13.8 ±0.14 <sup>b</sup>	12.7 ±0.001 <sup>b</sup>	10.55±1.06 <sup>c</sup>	9.75±0.78 <sup>c</sup>
Total tFA fat (g/100 g food)	0.5 ±0.001 <sup>d</sup>	0.5 ±0.001 <sup>d</sup>	0.65±0.07 <sup>c</sup>	0.8 ±0.001 <sup>b</sup>	1.0 ±0.001 <sup>a</sup>	0.75±0.07 <sup>bc</sup>	0.75±0.07 <sup>bc</sup>

<sup>a-g</sup> Values with different superscript letters within the same row are significantly different by Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

<sup>1)</sup> Not detected.

<sup>2)</sup> Total trans fatty acid(area %) = C<sub>18:1t</sub>(area %) + C<sub>18:2t</sub>(area %) + C<sub>18:3t</sub>(area %).

4.6% area%) 및 linolenic acid(C<sub>18:3</sub>, 4.1 area%)로 확인되었다. Linoleic acid(C<sub>18:2</sub>)는 튀기기 전 감자 스틱보다 1회 튀긴 후에 약 47.8 area% 증가(0회, 1.4 area%; 1회, 49.2 area%)하였고, 반면 oleic acid(C<sub>18:1</sub>)는 약 8.4 area% 감소(0회, 36.5 area %; 1회, 28.1 area%)하였다. 총 트랜스 지방산 함량은 1회 튀겼을 경우 3.2 area%로, 튀기기 전의 감자 스틱(43.2 area%)에 비하여 크게 감소였는데, 이는 감자 스틱 속으로 총 트랜스 지방산(1.25 area%) 함량이 낮은 대두유가 스며들었기 때문일 것으로 사료된다. 한편, 튀기기 전 감자 스틱의 elaidic acid (C<sub>18:1t</sub>)함량이 42.8 area%이었으나, 1회 튀긴 후의 감자 스틱에서는 1.9 area%로 감소하였고, 튀김유에서는 검출되지 않았다. 그 이유는 지방 함량이 1.6%인 감자 스틱을 전체 튀김유의 10% 중량으로 튀겼기 때문에, 감자 스틱이 함유한 elaidic acid(C<sub>18:1t</sub>)가 튀김 과정 중에 튀김유로 용출되었다고 하더라도 튀김유에서의 elaidic acid(C<sub>18:1t</sub>)함량은 분석 한계 미만이었을 것으로 추측된다.

최종 30회 튀김 후 대두유 튀김 감자 스틱의 주요 지방산의 평균 조성은 linoleic acid(C<sub>18:2</sub>, 42.75 area%)와 oleic acid

(C<sub>18:1</sub>, 29.45 area%), palmitic acid(C<sub>16:0</sub>, 10.35% area%), stearic acid(C<sub>18:0</sub>, 5.3% area%) 및 linolenic acid(C<sub>18:3</sub>, 3.6 area%)와 같았다. 트랜스 지방산 함량의 경우, 1회 튀긴 후의 대두유 튀김 감자 스틱에서 elaidic acid(C<sub>18:1t</sub> 1.9 area%)와 미량의 trans linoleic acid(C<sub>18:2t</sub> 0.65 area%)와 trans linolenic acid (C<sub>18:3t</sub> 0.7 area%)를 함유한 것으로 나타났다. 특히 elaidic acid (C<sub>18:1t</sub>)가 최종 30회 튀김 후 6.8 area%로 이외의 트랜스 지방산에 비하여 비교적 크게 증가되는 경향을 나타내었다. 총 트랜스 지방산 함량의 변화는 튀김 횟수가 증가함에 따라 3.2 area% (1회)에서 8.1 area%(30회)로 유의적인 증가 경향을 보였다 ( $p < 0.05$ ).

## 2. 올리브유와 감자튀김의 튀김 횟수에 따른 지방산 조성 변화

튀김 과정에 따른 올리브유의 지방산 조성은 Table 4에 나타내었다. 튀기기 전의 올리브유의 주요 지방산의 평균 조성은 oleic acid(C<sub>18:1</sub>, 72.7 area%)와 palmitic acid(C<sub>16:0</sub>, 12.4% area%), linoleic acid(C<sub>18:2</sub>, 9.75 area%) 및 stearic acid(C<sub>18:0</sub>,



Table 4. Fatty acid composition of fried olive oil by the number of frying times

(Unit: area%)

Fatty acid	No. of deep-frying								
	0	1	5	10	15	20	25	30	
C <sub>14:0</sub>	nd <sup>1)</sup>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
C <sub>16:0</sub>	12.4 ±0.001 <sup>b</sup>	12.5±0.001 <sup>a</sup>	12.5 ±0.001 <sup>a</sup>	12.4 ±0.001 <sup>b</sup>	12.45±0.07 <sup>ab</sup>	12.5±0.001 <sup>a</sup>	12.5±0.001 <sup>a</sup>	12.4 ±0.001 <sup>b</sup>	
C <sub>16:1</sub>	0.6 ±0.001	0.6±0.001	0.6 ±0.001	0.6 ±0.001	0.6 ±0.001	0.6±0.001	0.6±0.001	0.6 ±0.001	
C <sub>18:0</sub>	3.1 ±0.001 <sup>f</sup>	3.1±0.001 <sup>f</sup>	3.25±0.07 <sup>c</sup>	3.3 ±0.001 <sup>c</sup>	3.4 ±0.001 <sup>d</sup>	3.6±0.001 <sup>c</sup>	3.7±0.001 <sup>b</sup>	3.95±0.07 <sup>a</sup>	
C <sub>18:1</sub>	72.7 ±0.001 <sup>a</sup>	72.7±0.001 <sup>a</sup>	72.35±0.07 <sup>b</sup>	71.55±0.07 <sup>c</sup>	71.05±0.07 <sup>d</sup>	70.6±0.001 <sup>e</sup>	70.2±0.001 <sup>f</sup>	69.3 ±0.001 <sup>g</sup>	
C <sub>18:2</sub>	9.75±0.07 <sup>a</sup>	9.7±0.001 <sup>a</sup>	9.3 ±0.14 <sup>b</sup>	9.4 ±0.001 <sup>b</sup>	9.05±0.07 <sup>c</sup>	8.8±0.001 <sup>d</sup>	8.6±0.001 <sup>c</sup>	8.45±0.07 <sup>c</sup>	
C <sub>18:3</sub>	0.9 ±0.001 <sup>a</sup>	0.9±0.001 <sup>a</sup>	0.9 ±0.001 <sup>a</sup>	0.9 ±0.001 <sup>a</sup>	0.9 ±0.001 <sup>a</sup>	0.8±0.001 <sup>b</sup>	0.8±0.001 <sup>b</sup>	0.8 ±0.001 <sup>b</sup>	
C <sub>20:0</sub>	0.5 ±0.001	0.5±0.001	0.5 ±0.001	0.5 ±0.001	0.5 ±0.001	0.5±0.001	0.5±0.001	0.5 ±0.001	
C <sub>20:1</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
C <sub>18:1t</sub>	nd	nd	0.6±0.001 <sup>f</sup>	1.25±0.07 <sup>e</sup>	2.0±0.001 <sup>d</sup>	2.6±0.001 <sup>c</sup>	3.1±0.001 <sup>b</sup>	4.15±0.07 <sup>a</sup>	
C <sub>18:2t</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
C <sub>18:3t</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Total tFA <sup>2)</sup>	nd	nd	0.6±0.001 <sup>f</sup>	1.25±0.07 <sup>e</sup>	2.0±0.001 <sup>d</sup>	2.6±0.001 <sup>c</sup>	3.1±0.001 <sup>b</sup>	4.15±0.07 <sup>a</sup>	

<sup>a-g</sup> Values with different superscript letters within the same row are significantly different by Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

<sup>1)</sup> Not detected.

<sup>2)</sup> Total trans fatty acid(area %) = C<sub>18:1t</sub>(area %) + C<sub>18:2t</sub>(area %) + C<sub>18:3t</sub>(area %).

3.1 area%)로 확인되었다. 최종 30회 튀김 후 올리브유의 주요 지방산의 평균 조성은 oleic acid(C<sub>18:1</sub>, 69.3 area%)와 palmitic acid(C<sub>16:0</sub>, 12.4 area%), linoleic acid(C<sub>18:2</sub>, 8.45 area%) 및 stearic acid(C<sub>18:0</sub>, 3.95 area%)이었고, 각각의 지방산 조성비는 튀김 횟수가 증가할수록 유의적으로 증가 혹은 감소하는 차이를 보이는 것으로 확인되었다( $p < 0.05$ ). 특히 oleic acid(C<sub>18:1</sub>)의 함량이 전반적으로 가장 크게 줄어들면서, 약 3.4 area% 감소를 나타내었다. 한편, 트랜스 지방산 함량의 경우, 초기 올리브유에서는 검출되지 않았으나, 5회 때부터 elaidic acid(C<sub>18:1t</sub>)가 증가하기 시작하여 30회 튀김 후 4.15 area%로 유의적인 증가 경향을 보였다( $p < 0.05$ ).

한편, 올리브유에 튀긴 감자 스틱의 지방산 조성을 Table 5에 나타내었다. 올리브유에 1회 튀긴 후의 감자 스틱의 주요 지방산의 평균 조성은 oleic acid(C<sub>18:1</sub>, 71.35 area%)와 palmitic acid(C<sub>16:0</sub>, 11.7 area%), linoleic acid(C<sub>18:2</sub>, 10.1 area%) 및 stearic acid(C<sub>18:0</sub>, 3.1 area%)로 확인되었다. 튀기기 전 감자 스틱 보다 1회 튀긴 후 oleic acid(C<sub>18:1</sub>)는 약 34.85 area% 증가(0회, 36.5 area%; 1회, 71.35 area%)하였고, linoleic acid(C<sub>18:2</sub>)도 약 8.7 area% 증가(0회, 1.4 area%; 1회, 10.1 area%)하였다. 또한, 총 트랜스 지방산 함량의 경우 2.0 area%로 튀기기 전의 감자 스틱(43.2 area%)에 비하여 크게 감소하였다.

최종 30회 튀김 후 올리브유 튀김 감자 스틱의 주요 지방산의 평균 조성은 oleic acid(C<sub>18:1</sub>, 68.6 area%)와 palmitic acid(C<sub>16:0</sub>, 11.2 area%), linoleic acid(C<sub>18:2</sub>, 8.5% area%) 및 stearic acid(C<sub>18:0</sub>, 3.9 area%)로 확인되었다. 트랜스 지방산 함량의 경우, 올리브유에 1회 튀긴 후의 감자 스틱에서 elaidic acid(C<sub>18:1t</sub>, 1.95 area%)와 미량의 trans linoleic acid(C<sub>18:2t</sub>, 0.1 area%)를 함유한 것으로 나타났다. 특히 elaidic acid(C<sub>18:1t</sub>)가 최종 30회 튀김 후 6.0 area%로 증가되는 경향을 보였다. 총 트랜스 지방산 함량의 변화는 튀김 횟수가 증가함에 따라 2.0 area%(1회)에서 6.15 area%(30회)로 유의적인 증가 경향을 보였다( $p < 0.05$ ).

### 3. 쇼트닝과 감자튀김의 튀김 횟수에 따른 지방산 조성 변화

튀김 과정에 따른 쇼트닝의 지방산 조성은 Table 6에 나타내었다. 튀기기 전 쇼트닝의 주요 지방산의 평균 조성은 oleic acid(C<sub>18:1</sub>, 31.7 area%)와 palmitic acid(C<sub>16:0</sub>, 12.3 area%), stearic acid(C<sub>18:0</sub>, 11.05 area%) 및 linoleic acid(C<sub>18:2</sub>, 4.1 area%)로 확인되었고, 최종 30회 튀김 후 쇼트닝의 주요 지방산의 평균 조성은 oleic acid(C<sub>18:1</sub>, 33.05 area%)와 palmitic acid(C<sub>16:0</sub>, 12.0 area%), stearic acid(C<sub>18:0</sub>, 10.5 area%) 및 linoleic acid(C<sub>18:2</sub>,

Table 5. Total trans fatty acid(tFAs) and fat contents in potato sticks fried with olive oil

(Unit: area%)

Fatty acid	No. of deep-frying						
	1	5	10	15	20	25	30
C <sub>14:0</sub>	nd <sup>1)</sup>	nd	nd	nd	nd	nd	nd
C <sub>16:0</sub>	11.7 ±0.001 <sup>a</sup>	11.3 ±0.001 <sup>b</sup>	11.3±0.001 <sup>b</sup>	11.25±0.07 <sup>b</sup>	11.25±0.07 <sup>b</sup>	11.25±0.07 <sup>b</sup>	11.2 ±0.001 <sup>b</sup>
C <sub>16:1</sub>	0.6 ±0.001 <sup>a</sup>	0.6 ±0.001 <sup>a</sup>	0.6±0.001 <sup>a</sup>	0.6 ±0.001 <sup>a</sup>	0.55±0.07 <sup>ab</sup>	0.5 ±0.001 <sup>b</sup>	0.5 ±0.001 <sup>b</sup>
C <sub>18:0</sub>	3.1 ±0.001 <sup>e</sup>	3.1 ±0.001 <sup>e</sup>	3.2±0.001 <sup>d</sup>	3.4 ±0.001 <sup>c</sup>	3.7 ±0.001 <sup>b</sup>	3.9 ±0.001 <sup>a</sup>	3.9 ±0.001 <sup>a</sup>
C <sub>18:1</sub>	71.35±0.07 <sup>b</sup>	71.8 ±0.001 <sup>a</sup>	71.2±0.001 <sup>c</sup>	70.25±0.07 <sup>d</sup>	69.2 ±0.001 <sup>e</sup>	69.05±0.07 <sup>f</sup>	68.6 ±0.001 <sup>g</sup>
C <sub>18:2</sub>	10.1 ±0.001 <sup>a</sup>	9.55±0.07 <sup>b</sup>	9.3±0.001 <sup>c</sup>	9.0 ±0.001 <sup>d</sup>	8.9 ±0.001 <sup>e</sup>	8.5 ±0.001 <sup>f</sup>	8.5 ±0.001 <sup>f</sup>
C <sub>18:3</sub>	0.6 ±0.07	0.6 ±0.001	0.6±0.001	0.6 ±0.001	0.6 ±0.01	0.6 ±0.001	0.6 ±0.001
C <sub>20:0</sub>	0.5 ±0.001	0.5 ±0.001	0.5±0.001	0.5 ±0.001	0.5 ±0.001	0.5 ±0.001	0.5 ±0.001
C <sub>20:1</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
C <sub>18:1t</sub>	1.95±0.07 <sup>g</sup>	2.5 ±0.001 <sup>f</sup>	3.3±0.001 <sup>e</sup>	4.4 ±0.001 <sup>d</sup>	5.15±0.07 <sup>c</sup>	5.6 ±0.001 <sup>b</sup>	6.0 ±0.001 <sup>a</sup>
C <sub>18:2t</sub>	0.1 ±0.001 <sup>b</sup>	0.1 ±0.001 <sup>b</sup>	0.1±0.001 <sup>b</sup>	0.2 ±0.001 <sup>a</sup>	0.15±0.07 <sup>ab</sup>	0.1 ±0.001 <sup>b</sup>	0.1 ±0.001 <sup>b</sup>
C <sub>18:3t</sub>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Total tFA <sup>2)</sup>	2.0 ±0.001 <sup>g</sup>	2.55±0.07 <sup>f</sup>	3.4±0.001 <sup>e</sup>	4.55±0.07 <sup>d</sup>	5.35±0.07 <sup>c</sup>	5.7 ±0.001 <sup>b</sup>	6.15±0.07 <sup>a</sup>
Fat contents(%)	14.7 ±0.001 <sup>b</sup>	15.55±0.21 <sup>a</sup>	13.5±0.28 <sup>c</sup>	13.2 ±0.14 <sup>cd</sup>	10.05±0.21 <sup>e</sup>	12.9 ±0.001 <sup>d</sup>	14.4 ±0.14 <sup>b</sup>
Total tFA fat (g/100 g food)	0.2 ±0.001 <sup>f</sup>	0.4 ±0.001 <sup>e</sup>	0.5±0.001 <sup>d</sup>	0.6 ±0.001 <sup>c</sup>	0.5 ±0.001 <sup>d</sup>	0.7 ±0.001 <sup>b</sup>	0.9 ±0.001 <sup>a</sup>

<sup>a~g</sup> Values with different superscript letters within the same row are significantly different by Duncan's multiple range test( $p < 0.05$ ).

<sup>1)</sup> Not detected.

<sup>2)</sup> Total trans fatty acid(area %) = C<sub>18:1t</sub>(area %) + C<sub>18:2t</sub>(area %) + C<sub>18:3t</sub>(area %).

Table 6. Fatty acid composition of fried shortening by the number of frying times

(Unit: area%)

Fatty acid	No. of deep-frying							
	0	1	5	10	15	20	25	30
C <sub>14:0</sub>	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001
C <sub>16:0</sub>	12.3 ±0.14	12.3 ±0.001	12.3 ±0.14	12.2 ±0.001	12.15±0.07	12.1 ±0.14	11.8 ±0.42	12.0 ±0.14
C <sub>16:1</sub>	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001
C <sub>18:0</sub>	11.05±0.07	10.9 ±0.14	11.05±0.07	10.95±0.07	10.9 ±0.14	10.9 ±0.14	10.55±0.35	10.5 ±0.28
C <sub>18:1</sub>	31.7 ±0.001 <sup>d</sup>	31.8 ±0.001 <sup>d</sup>	31.85±0.21 <sup>d</sup>	32.2 ±0.14 <sup>c</sup>	32.35±0.07 <sup>bc</sup>	32.5 ±0.001 <sup>b</sup>	33.1 ±0.14 <sup>a</sup>	33.05±0.07 <sup>a</sup>
C <sub>18:2</sub>	4.1 ±0.14 <sup>a</sup>	4.15±0.07 <sup>a</sup>	4.1 ±0.14 <sup>a</sup>	3.85±0.07 <sup>b</sup>	3.8 ±0.001 <sup>b</sup>	3.85±0.07 <sup>b</sup>	3.65±0.07 <sup>b</sup>	3.8 ±0.14 <sup>b</sup>
C <sub>18:3</sub>	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001
C <sub>20:0</sub>	0.45±0.07	0.5 ±0.001	0.5 ±0.001	0.5 ±0.001	0.5 ±0.001	0.45±0.07	0.45±0.07	0.45±0.07
C <sub>20:1</sub>	nd <sup>1)</sup>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
C <sub>18:1t</sub>	27.2 ±0.14 <sup>e</sup>	27.4 ±0.001 <sup>de</sup>	27.7 ±0.28 <sup>cd</sup>	27.8 ±0.001 <sup>cd</sup>	27.85±0.07 <sup>cd</sup>	28.15±0.07 <sup>bc</sup>	28.6 ±0.28 <sup>a</sup>	28.4 ±0.28 <sup>ab</sup>
C <sub>18:2t</sub>	12.65±0.21	12.45±0.07	12.35±0.21	11.9 ±0.001	11.9 ±0.14	11.7 ±0.28	12.12±1.44	11.3 ±0.57
C <sub>18:3t</sub>	0.4 ±0.001	0.4 ±0.001	0.4 ±0.001	0.35±0.07	0.4 ±0.001	0.3 ±0.14	0.3 ±0.001	0.35±0.07
Total tFA <sup>2)</sup>	40.25±0.07	40.25±0.07	40.45±0.49	40.1 ±0.001	40.15±0.07	40.15±0.07	40.35±0.64	40.0 ±0.14

<sup>a~e</sup> Values with different superscript letters within the same row are significantly different by Duncan's multiple range test( $p < 0.05$ ).

<sup>1)</sup> Not detected.

<sup>2)</sup> Total trans fatty acid(area %) = C<sub>18:1t</sub>(area %) + C<sub>18:2t</sub>(area %) + C<sub>18:3t</sub>(area %).

Table 7. Total trans fatty acid(tFAs) and fat contents in potato stick fried with shortening

(Unit: area%)

Fatty acid	No. of deep-frying						
	1	5	10	15	20	25	30
C <sub>14:0</sub>	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001
C <sub>16:0</sub>	11.0 ±0.001	11.0 ±0.001	11.0 ±0.001	11.0 ±0.001	11.0 ±0.001	11.0 ±0.001	11.0 ±0.001
C <sub>16:1</sub>	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001
C <sub>18:0</sub>	9.8 ±0.001 <sup>a</sup>	9.8 ±0.001 <sup>a</sup>	9.55±0.07 <sup>b</sup>	9.55±0.07 <sup>b</sup>	9.5 ±0.001 <sup>b</sup>	9.4 ±0.001 <sup>c</sup>	9.4 ±0.001 <sup>c</sup>
C <sub>18:1</sub>	33.0 ±0.001 <sup>d</sup>	33.0 ±0.001 <sup>d</sup>	33.75±0.07 <sup>c</sup>	33.95±0.07 <sup>b</sup>	34.1 ±0.001 <sup>b</sup>	34.5 ±0.14 <sup>a</sup>	34.55±0.07 <sup>a</sup>
C <sub>18:2</sub>	4.8 ±0.001 <sup>a</sup>	4.75±0.07 <sup>a</sup>	4.5 ±0.001 <sup>b</sup>	4.4 ±0.001 <sup>bc</sup>	4.35 ±0.07 <sup>c</sup>	4.2 ±0.001 <sup>d</sup>	4.15±0.07 <sup>d</sup>
C <sub>18:3</sub>	0.2 ±0.001 <sup>a</sup>	0.2 ±0.001 <sup>a</sup>	0.2 ±0.001 <sup>a</sup>	0.1 ±0.001 <sup>b</sup>	0.2 ±0.001 <sup>a</sup>	0.1 ±0.001 <sup>b</sup>	0.1 ±0.001 <sup>b</sup>
C <sub>20:0</sub>	0.05±0.07	0.1 ±0.001	0.1 ±0.001	0.05±0.07	0.05±0.07	0.05±0.07	0.00±0.001
C <sub>20:1</sub>	nd <sup>1)</sup>	nd	nd	nd	nd	nd	nd
C <sub>18:1t</sub>	28.1 ±0.001 <sup>g</sup>	28.35±0.07 <sup>f</sup>	28.65±0.07 <sup>e</sup>	28.8 ±0.001 <sup>d</sup>	28.95±0.07 <sup>c</sup>	29.1 ±0.001 <sup>b</sup>	29.35±0.07 <sup>a</sup>
C <sub>18:2t</sub>	12.15±0.07 <sup>a</sup>	11.9 ±0.001 <sup>b</sup>	11.4 ±0.001 <sup>c</sup>	11.2 ±0.001 <sup>d</sup>	11.00±0.001 <sup>e</sup>	10.85±0.07 <sup>f</sup>	10.55±0.07 <sup>g</sup>
C <sub>18:3t</sub>	0.75±0.07	0.7 ±0.001	0.7 ±0.001	0.7 ±0.001	0.7 ±0.001	0.7 ±0.001	0.7 ±0.001
Total tFA <sup>2)</sup>	41.0 ±0.001 <sup>a</sup>	41.0 ±0.001 <sup>a</sup>	40.8 ±0.14 <sup>ab</sup>	40.75±0.07 <sup>b</sup>	40.65±0.07 <sup>b</sup>	40.6 ±0.14 <sup>b</sup>	40.6 ±0.001 <sup>b</sup>
Fat contents(%)	11.45±0.49	11.9 ±1.7	11.0 ±0.14	12.0 ±0.42	11.25±0.07	11.25±0.21	12.0 ±0.14
Total tFA fat (g/100 g food)	4.7 ±0.14	4.9 ±0.71	4.45±0.07	4.9 ±0.14	4.6 ±0.001	4.55±0.07	4.85±0.07

<sup>a-g</sup> Values with different superscript letters within the same row are significantly different by Duncan's multiple range test( $p < 0.05$ ).

<sup>1)</sup> Not detected.

<sup>2)</sup> Total trans fatty acid(area %) = C<sub>18:1t</sub>(area %) + C<sub>18:2t</sub>(area %) + C<sub>18:3t</sub>(area %).

3.8 area%)와 같았다. 한편, 트랜스 지방산 함량의 경우, 튀기기 전의 쇼트닝에서 elaidic acid(C<sub>18:1t</sub>, 27.2 area%)와 trans linolenic acid(C<sub>18:3t</sub>, 0.4 area%)를 함유한 것으로 나타났다. 30회 튀김 과정 중의 트랜스 지방산 조성 및 대부분의 주요 지방산 조성은 유의적으로 비슷하였으나( $p < 0.05$ ), 튀기기 전의 쇼트닝 지방산 조성 30회 튀김 후의 지방산 조성을 비교하였을 때 oleic acid (C<sub>18:1</sub>)가 약 1.35 area% 증가(0회, 31.7 area%; 30회, 33.05 area%) 하였다. 한편, elaidic acid(C<sub>18:1t</sub>)는 약 1.2 area% 증가(0회, 27.2 area%; 30회, 28.4 area%)한 것을 확인할 수 있었다.

쇼트닝에 튀긴 감자 스틱의 지방산 조성을 Table 7에 나타내었다. 쇼트닝에 1회 튀긴 후의 감자 스틱의 주요 지방산의 평균 조성은 oleic acid(C<sub>18:1</sub>, 33.0 area%)와 palmitic acid(C<sub>16:0</sub>, 11.1 area%), stearic acid(C<sub>18:0</sub>, 9.8 area%) 및 linoleic acid(C<sub>18:2</sub>, 4.8 area%)로 나타났다. 트랜스 지방산 함량의 경우, 튀기기 전 감자 스틱보다 elaidic acid(C<sub>18:1t</sub>)가 14.7 area% 감소(0회, 42.8 area%; 1회, 28.1 area%)하였으며, 반면 trans linoleic acid

(C<sub>18:2t</sub>)는 11.75 area% 증가(0회, 0.4 area%; 1회, 12.15 area%) 하였다. 최종적으로 쇼트닝을 사용하여 30회 튀긴 후에 감자 스틱의 주요 지방산 평균 조성은 oleic acid(C<sub>18:1</sub>, 34.55 area%)와 palmitic acid(C<sub>16:0</sub>, 11.0 area%), stearic acid(C<sub>18:0</sub>, 9.4 area%) 및 linoleic acid(C<sub>18:2</sub>, 4.15 area%)로 나타났으며, elaidic acid(C<sub>18:1t</sub>)함량은 1회에 비해 1.25 area% 증가하였고, 반면 trans linoleic acid(C<sub>18:2t</sub>)함량은 1.6 area% 감소하였다.

#### 4. 감자튀김의 튀김 횟수에 따른 지방함량 변화

총 지방 함량의 경우, 튀기기 전에 감자 스틱은 3.8(g/100 g)이었으나(Table 1) 각각의 대두유 또는 올리브유로 튀김 하였을 때 감자 스틱의 지방 함량은 증가하여, 30회 튀김 후에는 9.75~14.4(g/100 g)을 보였다(Table 3, 5). 또한, 튀기기 전에 감자 스틱의 총 트랜스 지방산 함량은 1.6(g/100 g)이었으나(Table 1), 대두유 및 올리브유에 1회 튀긴 후의 감자 스틱에서는 0.2~0.5(g/100 g)로 크게 감소하였고, 이후 30회를 튀겨가면서 감자 스틱의 총 트랜스 지방산 함량은 대두유에 튀긴 경우 0.25 g/100 g(1회, 0.5 g; 30회, 0.75g), 올리브유에 튀

긴 경우 0.7 g/100 g(1회, 0.2 g: 30회, 0.9 g) 정도 증가하는 경향을 보였다(Table 3, 5). 이러한 결과는 가열된 튀김유는 감자 스틱으로 열을 전달해 주는 열 전달 매체로 작용하게 되는데, 이때 감자 스틱에 전달된 열에 의해 감자 스틱 속의 수분은 수증기로 변하고, 이렇게 생긴 빈 공간을 외부의 튀김유가 들어와 채우게 되는 동시에, 감자 스틱의 지방은 용출되어 외부의 튀김유 증으로 빠져 나가게 되기 때문이다. 한편, 튀김 횟수가 증가함에 따라 튀김에 사용된 대두유와 올리브유뿐 아니라, 각각의 유지로 튀긴 감자 스틱의 총 트랜스 지방산 함량도 증가하였다.

### 5. 튀김 횟수에 따른 튀김유의 산가 변화

본 실험에서 측정된 산가의 결과는 Fig. 1과 같으며, 튀김 횟수가 증가할수록 대두유, 올리브유, 쇼트닝 모두 산가가 증가하는 경향을 보였고, 대두유, 올리브유, 쇼트닝의 산가를 비교할 때 쇼트닝과 대두유의 산가보다 올리브유의 산가가 높았다. 이러한 결과는 대두유와 쇼트닝의 산가 변화에서 튀김 횟수를 증가시키면 따라 산가가 증가한다는 Lee *et al.*(2000)의 결과와 일치하였다. 특히 올리브유의 경우 10회 튀김 후부터 큰 폭으로 증가하여 0회보다 1.4배 증가하였다.

### 요약 및 결론

본 실험에서 감자 튀김시 튀김유를 재사용하였을 때 지방산과 트랜스 지방산의 변화를 알아보았다. 총 트랜스 지방산 함량은 튀김 횟수가 증가할수록 대두유의 경우, 1.25 area%(0회)에서 5.75 area%(30회)로 유의적인 증가 경향을 보였으며, 올리브유 또한 5회 때부터 elaidic acid( $C_{18:1t}$ )가 증가하기 시작하여 30회 튀김 후 4.15 area%로 유의적인 증가 경향을 보였다. 반면 쇼트닝의 경우, 30회 튀김하는 과정 중 트랜스

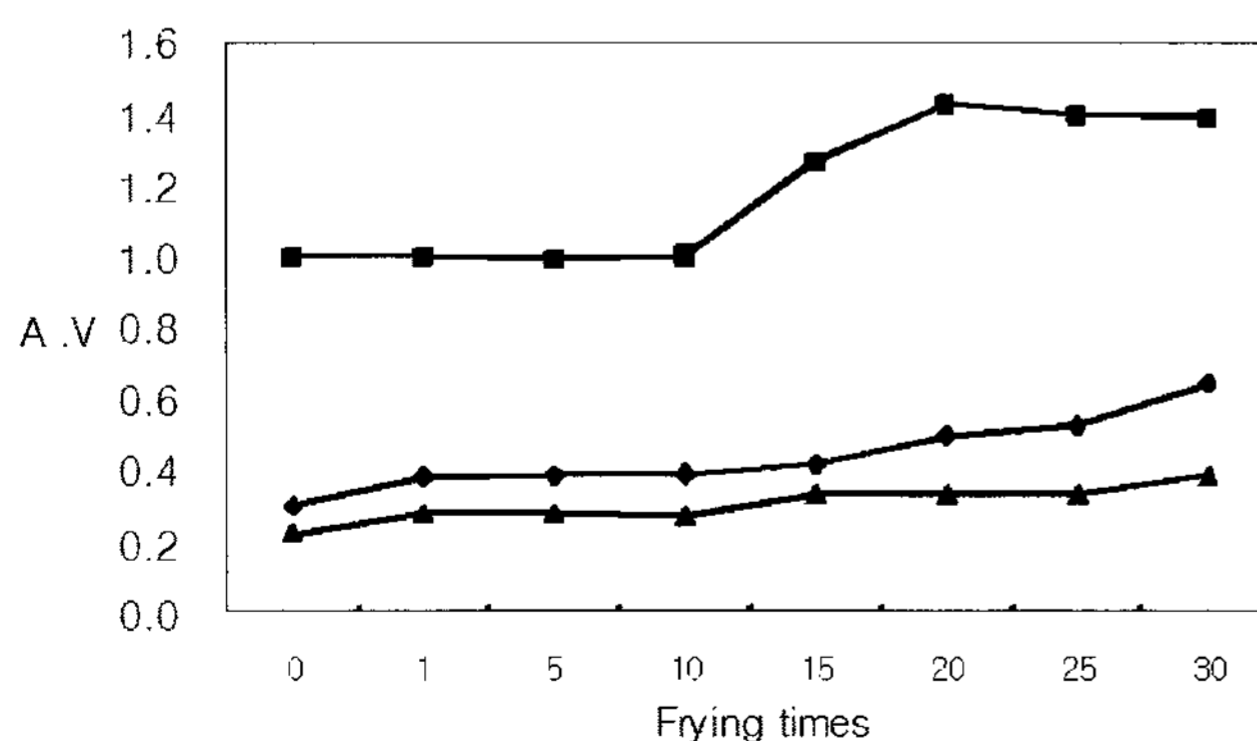


Fig. 1. Changes in acid values of fried soybean oil, olive oil and shortening for potato sticks by the numbers of frying times.

(◆: Soybean oil, ■: Olive oil, ▲: Shortening)

지방산 조성은 유의적으로 비슷하였다( $p < 0.05$ ). 튀김 횟수가 증가함에 따라 감자 스틱의 총 트랜스 지방산 함량 변화는 대두유에 튀겼을 경우, 3.2 area%(1회)에서 8.1 area%(30회)로 유의적인 증가 경향을 보였으며, 또한 올리브유에 튀겼을 경우, 2.0 area%(1회)에서 6.15 area%(30회)로 유의적인 증가 경향을 보였다( $p < 0.05$ ). 반면 쇼트닝으로 튀겼을 경우, 유의적인 함량 차이를 보이지 않았다( $p < 0.05$ ). 따라서 대두유와 올리브유 그리고 그에 튀긴 감자 스틱은 튀김 횟수가 증가할수록 총 트랜스 지방산 함량은 증가하는 경향을 보였다.

한편, 대두유에 1회 튀긴 감자 스틱의 linoleic acid( $C_{18:2}$ )는 튀기기 전 감자 스틱보다 약 47.8 area% 증가하였고, 총 트랜스 지방산은 40.0 area% 감소하였는데, 이는 감자 스틱 속으로 Linoleic acid( $C_{18:2}$ , 50.55 area%)의 함량이 높고 총 트랜스 지방산(1.25 area%) 함량이 낮은 대두유가 스며 들었기 때문일 것으로 사료된다. 올리브유에 1회 튀긴 후의 감자 스틱이 튀기기 전 감자 스틱보다 oleic acid( $C_{18:1}$ )는 약 34.85 area% 증가하는 반면, 총 트랜스 지방산 함량의 경우 2.0 area%로 튀기기 전의 감자 스틱(43.2 area%)에 비하여 크게 감소하였다. 이 또한 oleic acid( $C_{18:1}$ , 72.7 area%)의 함량이 높고 트랜스 지방산(0.0 area%) 함량이 낮은 올리브유가 스며 들었기 때문일 것으로 사료된다. 총 지방 함량의 경우, 튀기기 전에 감자 스틱은 3.8(g/100g)이었으나 각각의 대두유 또는 올리브유로 튀김하였을 때 감자 스틱의 지방 함량은 증가하여, 30회 튀김 후에는 9.75~14.4(g/100g)을 보였다. 이는 감자 속의 수분과 지방이 빠져나온 대신 튀김 기름이 스며드는 현상에 기인된 것으로 생각된다. 따라서 트랜스 지방산의 함량이 높은 재료를 튀긴 후 같은 기름으로 다른 재료를 튀길 경우, 그 식품에 트랜스 지방산이 스며들 가능성이 있을 것으로 예측된다. 따라서 유지의 품질을 결정하는 요소 중 튀김 횟수, 온도, 보관 상태도 중요하지만 어떤 재료를 이용 하느냐도 중요한 요소로 작용할 것으로 생각된다.

튀김 횟수가 증가함에 따라 튀김에 사용된 대두유와 올리브유뿐 아니라, 각각의 유지로 튀긴 감자 스틱의 총 트랜스 지방산 함량도 증가하였는데, 이는 튀김 초기에 감자 스틱 내의 트랜스 지방산을 함유한 유지가 빠져나오기 때문에 트랜스 지방산의 함량이 높게 나타났으며, 이 후 튀김 횟수가 증가할수록 트랜스 지방산의 생성이 추가되어 함량이 증가되었을 것으로 사료된다. 따라서 건강한 식생활을 위하여 튀김 시에는 적절한 튀김횟수로 튀김하고, 트랜스 지방산 함량이 낮은 재료를 사용할 것을 권장한다.

산가의 경우, 튀김 횟수가 증가할수록 대두유, 올리브유, 쇼트닝 모두 산가가 증가하는 경향을 보였고, 대두유, 올리브유, 쇼트닝의 산가를 비교할 때 쇼트닝과 대두유의 산가보다 올리브유의 산가가 높았다.



## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 현장협력기술개발사업(200704010 80019)의 지원에 의하여 수행된 연구 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

## 문헌

- AOCS (1990) Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society 4th ed. American Oil Chemists' Society, Chicago IL USA. Ca 3a-63, Cd 8-53, Cd-3-25, Cd 1-25.
- Aro A, Jauhiainen M, Partanen R, Salminen I, Mutanen M (1997) Stearic acid, trans fatty acids, and dairy fat: effects on serum and lipoprotein lipids, apolipoproteins, lipoprotein(a), and lipid transfer proteins in healthy subjects. *Am J Clin Nutr* 65: 1419-1426.
- Ascherio A, Willett W (1997) Health effects of trans fatty acids. *Am J Clin Nutr* 66: 1006-1010.
- Chu YH, Luo S (1994) Effects of sugar, salt and water on soybean oil quality during deep-frying. *J Am Oil Chem Soc* 71: 897-900.
- Emken EA (1984) Nutrition and biochemistry of trans and positional fatty acid isomers in hydrogenated oils. *Annu Rev Nutr* 4: 339-343.
- Folch J, Lees M, Stanley GHS (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J Biol Chem* 226: 497-509.
- Kitagawa K, Ohta S, Okuda H (1992) Influences of heating methods of fryer on the deterioration of frying oil. *J Jap Oil Chem Soc* 41: 1071-1076.
- Lee JY, Lee HG, Song ES (2000) Effect of reusing times on the oxidative stability of frying fat for frozen battered pork. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 231-234.
- Romero A, Cuesta C, Sanchez-Muniz FJ (2000) Trans fatty acid production in deep fat frying of frozen foods with different oils and frying modalities. *Nutrition Research* 20: 599-608.
- SAS (2000) *SAS/STAT user's guide*. Release 8.01. Statistical analysis systems institute Inc. Cary NC USA.
- Shapiro S (1997) Do trans fatty acids increase the risk of coronary artery disease? A critique of the epidemiologic evidence. *Am J Clin Nutr* 66: 1011-1017.
- Song YS, Jang MS (2002) Physicochemical properties of used frying oil in food service establishments. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 18: 345-347.

(2007년 10월 16일 접수, 2008년 2월 5일 채택)