

## Soxhlet 추출법에 의한 가공 식품의 *Trans* 지방산 정량

노경희<sup>1</sup> · 김소희<sup>2</sup> · 송영선<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>인제대학교 의생명공학대학 식품생명과학부, 식품과학연구소 및 바이오헬스소재센터

<sup>2</sup>동주대학 식품과학계열

### Quantification of *Trans* Fatty Acids in Processed Foods by Soxhlet Extraction Method

Kyung-Hee Noh<sup>1</sup>, So-Hee Kim<sup>2</sup> and Young-Sun Song<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>School of Food and Life Sciences, Food Science Institute, and Biohealth Product Research Center, Inje University, Gimhae 621-749, Korea

<sup>2</sup>School of Food Science, Dongju College, Busan 604-715, Korea

#### Abstract

This study was designed to determine total *trans* fatty acids (tFAs) content of processed foods commonly consumed in the Korean diet and to prepare the database for the estimation of tFAs intake in Koreans. Total fat and tFAs content was determined by Soxhlet extraction method and attenuated total reflection infrared spectroscopy (ATR-IR), respectively. The tFAs positional isomers were analyzed using GC/MS spectrometer. In margarines, the content of tFAs ranged from 8.27% to 28.53%. Shortenings contained higher levels of tFAs (1.98~11.33%) than lards (1.83~1.96%). The content of tFAs in grilled confectioneries was wide (7.37~26.54%). Instant popcorns contained the highest amount of tFAs. Fried chickens had 0.44 to 14.85% of tFAs and french fries had 5.18 to 27.01% of tFAs. In fried snacks (*crispy*) and chocolates, tFAs were not detected. The amount of tFAs per serving size was the highest in instant popcorn, followed by french fries, fried snack (*tortilla*), doughnuts, and grilled confectioneries. tFAs isomer of margarines was mostly C18:1 *Δ*9t. In shortenings and lards, the most abundant positional isomer of tFAs was C18:1 *Δ*9t and C18:2 *Δ*9t *Δ*12t. Correlation coefficient of tFAs content between IR and GC/MS method was  $r^2=0.91$ .

**Key words:** Soxhlet extraction method, ATR-IR, GC/MS, *trans* fatty acids, Korean processed foods

#### 서 론

*Trans*형의 지방산은 *cis*형의 불포화지방산을 가진 천연의 식물성 유지가 금속 촉매제의 존재 하에서 수소가스에 노출되면 마가린이나 쇼트닝과 같은 고체 또는 반고체 상태로 경화될 때 생성되거나 반추동물의 위 장관에서 생합성을 통해 합성되므로 우유 및 유제품과 육류 등의 가공식품에 많이 함유되어 있다(1,2). 식물성 유지가 경화되면 융점과 질감의 변화를 일으키고(3), 식품의 안정성과 유통기간을 연장시킬 수 있는 이유로 가공식품에 널리 이용되고 있다(1,3). 마가린, 쇼트닝과 같은 경화유는 식물성 유지로 만들어졌기 때문에 동물성 지방인 포화 지방산보다 인체에 유용하다고 생각되어 왔고, 따라서 관상동맥 질환이나 동맥경화를 예방하기 위해 버터 대신 많이 이용되고 있는 실정이다. 그러나 최근의 연구결과들은 *trans* 지방산의 섭취가 관상동맥 질환이나 동맥경화 등의 질환을 더욱 악화시키는 결과를 초래한다고 보고하고 있다(1-5). 특히 *trans* 지방산은 Lp(a)(lipoprotein

a)와 LDL(low density lipoprotein)-콜레스테롤을 높이고 HDL(high density lipoprotein)-콜레스테롤을 낮춘다고 보고 되었으며(5-7), 이러한 *trans* 지방산의 효과는 지단백간의 콜레스테롤 에스테르를 교환하는 cholesteryl ester transfer protein 활성의 증진 때문으로 설명되고 있다(8,9). 역학 조사 결과 또한 *trans* 지방산이 관상동맥질환과 밀접한 관계가 있음을 보여주고 있다(1,2). 더욱이 임신부의 *trans* 지방산 섭취증가는 태아의 필수지방산 대사에 영향을 미쳐 태아의 성장을 저해할 수 있으며(10,11), 모유에 존재하는 프로스타글란딘 생합성을 감소시키고 뇌세포의 수초화를 감소시켜 유아에게도 좋지 못한 영향을 미칠 수 있으며(12), 건강한 어린이들에게 있어서 아라키돈산의 생합성을 방해한다고 보고되고 있다(13). 이에 따라 국외에서는 최근 *trans* 지방산의 건강위해 효과에 관한 연구(1-3)와 가공식품의 *trans* 지방산 함량 및 섭취수준에 대한 조사가 활발하게 행해지고 있으며(8,11), 미국의 FDA는 식품 속의 *trans* 지방산 함량을 식품에 표기하는 것을 의무화하기 위해 입법을 추진하여

\*Corresponding author. E-mail: fdsnsong@inje.ac.kr  
Phone: 82-55-320-3235, Fax: 82-55-321-0691

2002년 1월부터 시행한다고 발표(14)하였다. 식품 중의 *trans* 지방산 함량은 사용하는 원료와 제조방법에 따라 매우 다양하다(8-12). 가공식품은 제조 조건에 따라 *trans* 이성체의 종류와 함량이 다르며(11-13), *trans* 지방산의 건강에 대한 유·무해 논란에도 불구하고, conjugated linoleic acid(이하 CLA)는 바람직한 생리 활성을 나타내는 것으로 알려져 있다(15).

*Trans* 지방산의 함량 및 이성체 확인 방법으로는 IR(16, 17), HPLC(18), GC(16,17), NMR(18), GC/MS(19,20), TLC(21) 등의 여러 분석 방법이 알려져 있으나 분석법에 따라 편차가 심한 것으로 알려져 있다. 유지 중의 *trans* 지방산 함량이 미량이고 추출 유지 중에 *trans* 지방산의 분리, 정량을 방해하는 물질들이 존재하는 경우에는 기술적인 어려움이 많다. IR에 의한 총 *trans* 지방산의 측정은 수십 년 동안 사용되어 왔으며 지방산 이성체에서 이중결합의 위치를 확인하는 방법으로는 GC/MS가 많이 사용되고 있다.

국내에서의 식품 속의 *trans* 지방산 함량에 관한 연구는 아직 미비한 실정이며, 식품성분표(22)와 한국인 상용 식품의 지방산 조성표(23)에는 한국인 상용 가공식품의 *trans* 지방산 함량에 관한 자료가 없어 한국인이 어느 정도 *trans* 지방산을 섭취하고 있는지 분석할 수가 없다. 국외 상용 가공식품의 *trans* 지방산 함량에 대한 기초 자료는 있지만(24,25) 생산자에 따라 다양한 *trans* 지방산 분포를 보이는 가공식품의 특성상 한국인의 *trans* 지방산 섭취량에 이용하는 것은 적절하지 않다고 생각한다. 본 연구팀은 선행연구로 전보(26,27)에서 Bligh and Dyer(이하 BD) 방법으로 식품 속의 지방을 추출하여 *trans* 지방산 함량 및 이성체에 관하여 발표한 바 있다. 따라서 본 연구는 한국인 상용 가공식품을 Soxhlet 추출방법으로 총 지방 함량 분석 후 IR과 GC/MS 방법을 사용하여 *trans* 지방산 함량 및 *trans* 지방산 이성체를 분석하여 1회 분량 당 *trans* 지방산 함량을 결정하고 food labeling과 *trans* 지방산 섭취량 조사를 위한 기초 자료를 마련하고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 시료 선정

한국인의 상용 가공식품 중 마가린 6종, 쇼트닝 2종, 라드 2종, 햄버거 4종, 도너츠 4종, 식빵 2종, 구운 과자 4종, 유당스낵 10종, 초코렛 6종, 땅콩제품 4종, 전자렌지용 팝콘 2종, 닭튀김 4종, 감자튀김 4종, 치즈 2종 등 총 56종을 2000년 3월부터 2000년 9월 사이에 부산과 김해에서 구입하여 실험에 사용하였다.

### 총 지방 함량

건조가 용이한 식품은 마쇄하여 분석하였으며, 수분과 단백질 함량이 높은 닭튀김, 햄버거, 치즈 등의 식품은 균질화

시킨 후 시료를 취하여 무수황산나트륨을 넣어 건조시켜 분석하였다. 마가린은 일정량의 시료를 취하여 무수황산나트륨을 넣어 건조시킨 후 분석하였다. 지방 추출은 개량형 Soxhlet 기기(PL-200c type, 육연식, Poongil Physics & Chemistry Co., Korea)를 사용하여 Soxhlet 방법(28)으로 ethyl ether를 사용하여 지방을 추출한 후 총 지방 함량을 측정하였다.

### *Trans* 지방산 정량 및 이성체 확인

**IR 분석:** 본 실험에서는 Adams 등(16)의 방법에 따라 추출한 지방을 메틸화과정을 거치지 않고 triacylglycerol 형태로 infrared spectroscopy(Bruker IFS 66/FRA 106, France)를 사용하여 attenuated total reflection(ATR) 방법으로  $991\sim 941\text{ cm}^{-1}$ 에서 64 scan으로 흡광도를 측정하고 면적을 % *trans* 지방산 값으로 계산하였다(Fig. 1). ATR cell(Ge crystal cell, 수직형)에 20  $\mu\text{L}$ 의 시료를 취하여 분석하였으며, 이때 표준물질로는 triolein에 triolein 0.5~50%를 첨가하여 검량선을 만들었다. 분석 결과는 지방 100 g 당 *trans* 지방산 함량, 시료 100 g 당 *trans* 지방산 함량 그리고 1회 분량에 함유된 *trans* 지방산 함량으로 표시하였다.

**GC/MS 분석:** 마가린 6종, 쇼트닝 2종 및 라드 2종을 Soxhlet 방법으로 지방을 추출하여 Chin 등(29)의 방법에 따라 4% HCl-메탄올을 사용하여  $60^\circ\text{C}$ 에서 20분간 메틸화하여 건조시킨 후 헥산 2 mL를 가하여 용해하였다. High Res-

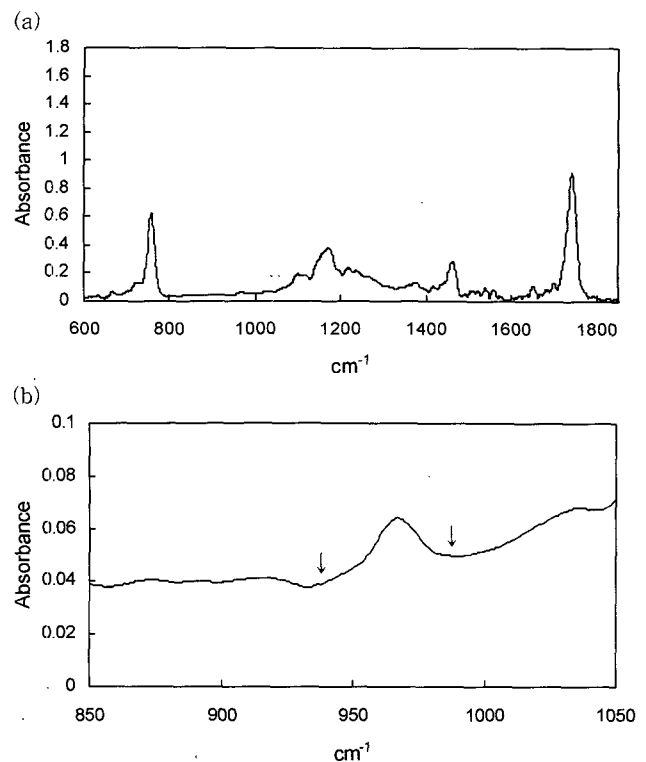


Fig. 1. ATR-IR absorbance spectrum of a food sample (a). Baseline for calculation of area of *trans* absorbance band start at  $991\text{ cm}^{-1}$  and at  $941\text{ cm}^{-1}$  (b).

olution GC/MS Spectrometer(Autospec, Ultima, Micro-mass, UK)로 분리·정량하였으며, 칼럼은 HP-23(*cis/trans* FAME, Hewlett-Packard, 50 m, film thickness 0.2  $\mu$ m, ID 0.20 mm)을 사용하였다. GC/MS의 분석 조건은 시료용액 2  $\mu$ L 취하여 운반체로 헬륨 가스를 사용하였고 칼럼 온도 135°C, 4분→10°C/180°C, 8분→4°C/220°C, 15분으로 하였으며, detector 온도는 250°C로 하였다. 검출된 peak의 동정은 GC/MS의 spectrum을 검색하여 동일 분자량 여부로 확인하였다. 이성체 확인시 C18:1( $\Delta$ 9c,  $\Delta$ 9t), C18:2( $\Delta$ 9c $\Delta$ 12c,  $\Delta$ 9t $\Delta$ 12c,  $\Delta$ 9c $\Delta$ 12t,  $\Delta$ 9t $\Delta$ 12t), reference oil No. 1(Sigma Chemical Co.)을 표준물질로 사용하고, 각 peak는 표준물질의 머무름 시간과 비교, 확인하여 편적을 적분기에 의해 구하고, 총 지방산에 대한 백분율로 나타내었다.

*Trans* 지방산 이성체로는 식품 속에 많이 존재하는 16:1 *trans*( $\Delta$ 9t), C18:1*trans*( $\Delta$ 9t), C18:2*trans*( $\Delta$ 9t $\Delta$ 12c,  $\Delta$ 9c $\Delta$ 12t,  $\Delta$ 9t $\Delta$ 12t)와 CLA인  $\Delta$ 9t $\Delta$ 11t), C18:3*trans*( $\Delta$ 9t $\Delta$ 12t $\Delta$ 15t)를 확인하였으며, C18:2*trans*( $\Delta$ 9t $\Delta$ 11t)의 함량은 CLA 함량으로 별도 표기하였다. 총 *trans* 지방산 함량과 다가불포화지방산/단일불포화지방산/포화지방산(이하 P/M/S)의 비를 표시하였고 serving size 당 *trans* 지방산 함량(g)을 표시하였다.

**IR과 GC/MS 분석에 의한 *trans* 지방산 함량 비교 :** *Trans* 지방산의 정량 방법 중 IR 방법은 간단하고 빠르게 측정할 수 있으며, ATR-IR 방법의 장점은 *trans* 민감도가 증가하여 최소 *trans* 지방산 수준 0.2%까지 확인 가능하므로 상업적으로 생산되는 식품에서의 *trans* 지방산 측정에 효과적인 방법이다. 그러나, IR 방법은 각 지방산의 이성체 구조에 관한 자세한 정보를 얻을 수 없는 단점이 있다(16). 따라서 *trans* 지방산의 다양한 이성체를 확인하기 위해서는 GC/MS와 같은 방법을 병행하여야 한다. 식품 속의 *trans* 지방산 함량 분석시 간편하면서도 정확한 방법을 찾는 것은 매우 중요한 일이라 사료된다. 따라서 본 실험에서는 마가린 6종, 쇼트닝 2종 및 라드 2종을 ATR-IR과 GC/MS 방법으로 분석한 총 *trans* 지방산 함량을 비교하였다.

**1회 분량 당 *trans* 지방산 함량 :** 1회 분량 당 *trans* 지방산 함량을 결정하기 위해 1회 분량은 직접 중량을 측정하거나 한국 영양학회 부설 한국 영양 정보센터에서 발간한 한국인 상용 식품의 음식 영양소 함량 자료집(30)을 참고로 하여 결정하였다.

## 결과 및 고찰

### IR 분석에 의한 *trans* 지방산 함량

한국인이 상용하는 식품의 *trans* 지방산 함량은 Table 1에 지방 100 g 당 *trans* 지방산 함량, 식품 100 g 당 *trans* 지방산 함량 및 1회 분량 당 *trans* 지방산 함량 단위로 제시되어 있다. *Trans* 지방산을 가장 많이 함유하고 있는 대표적

인 식품으로 알려진 마가린(margarine)의 경우 *trans* 지방산의 함량은 지방 100 g 당 5.07~32.73%로 다양한 범위를 보였으며 평균 15.84%이었다. 마가린의 1회 분량 당 *trans* 지방산 함량을 환산하면 마가린의 1회 분량은 6 g으로 마가린 6종의 *trans* 지방산 1회 섭취량은 0.25~1.60 g으로 다양한 범위를 보였다. 전보(26)에서 BD법으로 추출한 마가린의 지방 100 g 당 *trans* 지방산 함량은 4.64~25.24 g의 범위로 Soxhlet법보다는 상대적으로 낮은 수준을 보였다. Slover 등(31)이 1985년 미국에서 상업적으로 생산되는 90여 종의 마가린 생산품의 *trans* 지방산 함량을 측정된 결과 10~30%를 함유하고 있었으며, Reek과 Clark(32)이 1986년에 보고한 마가린의 *trans* 지방산 함량은 10~40%로 더욱 다양했다. Innis와 King(12)의 1999년 보고에서는 마가린과 쇼트닝의 *trans* 지방산 함량이 11%정도였고, 호주산 마가린은 *trans* 지방산의 함량이 1% 이상으로 성상에 따라 tube형은 15.7%, stick형은 21.3%로 마가린의 굳기가 딱딱할수록 *trans* 지방산의 함량이 상대적으로 높았다고 보고(25)하였다. Greyt 등(33)은 1995년 7종의 헝가리산 마가린과 3종의 영국산 마가린의 *trans* 지방산의 함량이 0~4.6%라고 보고하였다. Pfalzgraf 등(24)이 보고한 오스트리아 마가린의 *trans* 지방산의 함량은 0.6~23.5%로 다양했다. 마가린의 다양한 *trans* 지방산 함량의 차이는 마가린의 제조시 제품 성상과 제조회사에 따른 차이로 사료된다(1,25).

쇼트닝(shortening)의 *trans* 지방산 함량은 지방 100 g 당 *trans* 지방산 함량이 1.98~11.33%의 범위로 평균 6.66 g이었고 라드(lard)는 1.70~1.96%의 *trans* 지방산 함량으로 평균 1.83 g 수준으로 쇼트닝에 비해 상대적으로 낮은 함량을 보였다. 쇼트닝과 라드의 1회 분량 당 *trans* 지방산 섭취량은 각각 0.31~0.57 g, 0.09~0.10 g이었다.

햄버거(hamburger)의 지방 100 g 당 *trans* 지방산 함량이 0~5.43%로 제조회사와 제품에 따라 차이가 있었다. 햄버거의 1회 분량 당 *trans* 지방산 함량은 0~0.77 g으로 평균 0.54 g이었다. BD법으로 추출한 *trans* 지방산 함량은 0.82~8.42 g의 범위(26)로 Soxhlet법보다는 높은 수준을 보였다. Innis와 King(12)은 미국에서 생산되는 fast food의 *trans* 지방산 함량이 평균 11%라고 보고하였다.

Deep frying류인 도너츠(doughnuts)는 *trans* 지방산 함량이 0.74~11.10%로 높은 수준이었으며, 4종류의 도너츠는 *trans* 지방산 함량이 평균 6.51%로 도너츠의 1회 분량 당 *trans* 지방산 함량은 0.08~2.57 g으로 다양한 범위를 보였다. Fernandez(34)는 스페인에서 상업적으로 생산되는 도너츠의 *trans* 지방산 함량은 지방 100 g 당 평균 4.6%의 수준이라는 보고는 본 연구의 평균 6.51%보다 낮은 수준을 보였다.

식빵(loaf bread)의 *trans* 지방산 함량은 0~14.79%로 다양한 범위를 보였으며 1회 분량 당 *trans* 지방산 함량은 0~0.41 g이었다. Allison 등(35)은 빵의 제조공정에서 사용하는 재료 성분의 차이로 인해 아주 다양한 *trans* 지방산 수준을

Table 1. Content of total fat and *trans* fatty acids in foods by IR method

| Food item               | N <sup>1)</sup> | Total fat (%)                        | TFAs <sup>2)</sup> /total fat (%) | TFAs/sample (%)        | Serving size (g) | TFAs (g)/serving size |
|-------------------------|-----------------|--------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|------------------|-----------------------|
| Margarine               | 6               | 81.50~86.90<br>(84.46) <sup>3)</sup> | 5.07~32.73<br>(18.84)             | 4.23~26.67<br>(15.84)  | 6                | 0.25~1.60<br>(0.95)   |
| Shortening              | 2               | 100                                  | 1.98~11.33<br>(6.66)              | 1.98~11.33<br>(6.66)   | 5                | 0.57~0.10<br>(0.34)   |
| Lard                    | 2               | 100                                  | 1.70~1.96<br>(1.83)               | 1.70~1.96<br>(1.83)    | 5                | 0.09~0.10<br>(0.10)   |
| Hamburger               | 4               | 9.20~12.50<br>(11.03)                | 0~5.43<br>(3.25)                  | 0~0.50<br>(0.36)       | 150              | 0~0.77<br>(0.54)      |
| Doughnuts               | 4               | 13.80~28.90<br>(20.79)               | 0.74~11.10<br>(6.51)              | 0.94~3.21<br>(1.56)    | 80               | 0.08~2.57<br>(1.25)   |
| Loaf bread              | 2               | 4.60~9.50<br>(7.05)                  | 0~14.79<br>(7.40)                 | 0~1.41<br>(0.71)       | 100              | 0~0.41<br>(0.71)      |
| Grilled confectioneries | 4               | 7.70~32.10<br>(19.64)                | 7.37~26.54<br>(16.57)             | 1.18~8.52<br>(3.37)    | 30               | 0.35~2.56<br>(1.01)   |
| Fried snack (crispy)    | 8               | 23.50~38.80<br>(26.72)               | - <sup>4)</sup>                   | -                      | 28               | -                     |
| Fried snack (tortilla)  | 2               | 21.60~26.70<br>(24.15)               | 26.10~31.62<br>(28.86)            | 5.64~8.44<br>(7.04)    | 28               | 1.58~2.36<br>(1.97)   |
| Chocolate               | 6               | 32.00~34.90<br>(33.30)               | -                                 | -                      | 25               | -                     |
| Spicy peanuts           | 4               | 22.72~37.08<br>(29.72)               | -                                 | -                      | 13               | -                     |
| Instant popcorn         | 2               | 31.32~46.73<br>(39.03)               | 37.05~41.85<br>(39.45)            | 13.11~17.31<br>(15.21) | 20               | 2.62~3.46<br>(3.04)   |
| Fried chicken           | 4               | 16.30~20.10<br>(18.95)               | 0.44~14.85<br>(7.06)              | 0.09~2.98<br>(1.37)    | 60               | 0.05~1.79<br>(0.82)   |
| French fries            | 4               | 14.91~19.10<br>(16.91)               | 5.18~27.01<br>(11.70)             | 0.99~4.03<br>(1.86)    | 138              | 1.37~5.56<br>(2.57)   |
| Cheese                  | 2               | 8.33~9.33<br>(8.83)                  | 11.34~12.88<br>(11.76)            | 1.01~1.06<br>(1.04)    | 20               | 0.20~0.21<br>(0.21)   |

<sup>1)</sup>Number of independent samples. <sup>2)</sup>*Trans* fatty acids. <sup>3)</sup>Range (mean). <sup>4)</sup>Not detected.

보인다고 보고하였다. Henninger와 Ulberth(25)도 버터나 마가린과 밀가루를 거의 절반으로 섞어서 만든 반죽이나 그 반죽으로 만든 빵의 *trans* 지방산 함량이 11~12.8%로 상대적으로 높게 나타났다고 보고하였다.

구운 과자류(grilled confectioneries)에서는 지방 100 g 당 *trans* 지방산 함량은 7.37~26.54%로 현저하게 높은 수준을 보였고, 1회 분량 당 *trans* 지방산 함량은 평균 1.01 g으로 높은 수준이었다. Pfalzgraf 등(24)은 오스트리아에서 생산되는 구워서 만든 과자류 18종을 실험한 결과 1종은 *trans* 지방산이 검출되지 않은 반면, 17종이 0.4~27.9%의 *trans* 지방산을 함유하고 있었으며, 구워서 만든 과자류가 누가 등이 첨가된 달콤한 과자류(0.5~15.2%)보다 함유량이 높았다고 보고하였다. Henninger 등(25)의 보고에 의하면 비스킷 6종류 중 2종에서는 *trans* 지방산이 검출되지 않았고, 나머지는 4종은 1.5~12.2%로 다양했으며, 3종의 크래커에서는 1종은

*trans* 지방산이 검출되지 않은 반면 피자 크래커는 6.3%였고, 또 다른 1종은 4.0%였다. 스페인의 비스킷에서는 평균 1.8%의 *trans* 지방산 함량을 나타냈다(34).

유탕스낵(fried snack) 10종 중 지방 100 g 당 *trans* 지방산 함량은 바삭한 유탕스낵(*crispy*) 8종에서 검출되지 않은 반면 유탕스낵(*tortilla*) 2종에서는 26.10~31.62%로 현저하게 높은 수준을 보였다. 스페인에서 생산되는 스낵 20종에서 지방 100 g 당 *trans* 지방산 함량은 평균 0.1%로 비교적 낮은 수준을 보였다는 Fernandez(34)의 결과와 본 연구의 결과는 유사하였다. 오스트리아에서 생산된 스낵과 감자 칩의 *trans* 지방산 함량은 0.2~14.8%(25), 미국에서 생산되는 스낵의 *trans* 지방산 함량은 약 14%라고 보고(12)되었다.

본 실험에서 분석한 우리나라에서 생산되는 초코렛(chocolate) 6종과 땅콩제품(peanuts) 4종에서는 *trans* 지방산이 검출되지 않았다. 그러나 오스트리아에서 생산되는 초코렛에

서는 *trans* 지방산 함량이 0.2~15.7%라고 보고(24)되었다.

전자렌지용 즉석팝콘(instant popcorn)은 지방 100 g 당 37.05~41.85%로 가장 높은 *trans* 지방산을 함유하고 있었다. 같은 제품일지라도 국내산보다는 수입품에서 *trans* 지방산 함량이 더 높게 나타났다. 스페인에서 생산되는 전자렌지용 팝콘의 경우 평균 46.0%의 *trans* 지방산을 함유한다는 보고(34)와 비교하면 본 연구의 결과가 상대적으로 낮은 수준을 보였다.

닭튀김(fried chicken)의 경우 지방 100 g 당 0.44~14.85%의 다양한 범위의 평균 *trans* 지방산 함량은 0.44~14.85 g으로 평균 7.06%이었다. BD법으로 추출한 닭튀김의 *trans* 지방산 함량은 0.56~14.60 g의 범위(26)로 본 실험의 방법과 유사한 수준을 보였다.

감자튀김(french fries) 4종의 경우 5.18~27.01%로 범위가 아주 다양하였으며 평균 11.70%로 상대적으로 높은 함량을 보였다. Fast food점의 경우 같은 상호일지라도 지역에 따른 차이를 보였는데, 이것은 기름의 가열 온도, 가열의 회수 등에 따라 차이가 나타나는 것으로 사료된다. 튀김류의 *trans* 지방산 함량은 다른 식품류에 비해 비교적 높은 함량을 보였으나, 외국의 보고(12,24,25)와 비교해 볼 때 상대적으로 낮은 *trans* 지방산 함량을 보였다.

치즈(cheese)의 *trans* 지방산 함량은 지방 100 g 당 11.34~12.88%로 평균 11.76%로 1회 분량 당 평균 0.21 g이었다. BD법으로 추출한 지방 100 g 당 *trans* 지방산 함량은 6.73~10.10%로 Soxhlet법보다 낮은 수준을 보였다.

이상의 결과를 통해서 보면 지방 100 g 당 *trans* 지방산 함량이 높은 식품은 전자렌지용 팝콘과 유탄스낵(*tortilla*), 마가린 및 구운 과자류였으며, 식품 100 g 당 *trans* 지방산 함량이 높은 식품은 전자렌지용 팝콘과 마가린이었다. 그러나 식품으로 섭취하는 마가린의 1회 분량은 6 g으로 우리의 일상생활에서 마가린으로 인한 *trans* 지방산 섭취량은 그다지 많지 않을 것으로 사료된다. 1회 섭취 분량 중에 *trans* 지방산을 2 g 정도를 함유하고 있는 식품에는 도너츠, 유탄스낵(*tortilla*), 전자렌지용 팝콘, 감자튀김 등이 있다. 따라서 한국인의 식사에서 주요한 *trans* 지방산 공급원이 되며, 특히 청소년들이 즐겨먹는 이들 가공식품에 대한 *trans* 지방산 함량 labelling과 한국인의 *trans* 지방산 섭취수준 평가에 관한 연구가 더욱 더 필요하다고 하겠다.

#### GC/MS 분석에 의한 *trans* 지방산 함량 및 이성체

마가린 6종, 쇼트닝 2종 및 라드 2종의 지방산 조성과 이성체 함량은 Table 2에서 보는 바와 같다. 마가린(margarine)의 지방산 조성에서 포화지방산은 C12:0과 C14:0이 각각 0.34~1.29%와 0.34~1.49%의 범위였으며, C16:0이 11.38~22.71%로 평균 18.02%이었고 C18:0은 평균 6.47%이었다. 불포화지방산으로는 C16:1*cis*(이하 C16:1)가 평균 0.47%이었고 C18:1*cis*(이하 C18:1)는 15.68~28.71%의 범위로 평균 24.55%이었고, C18:2*cis*(이하 C18:2)는 평균 24.86%로 가

장 높은 수준이었다. Cho와 Sugano(36)는 1983년부터 1984년까지 우리나라에서 생산된 마가린의 C18:2의 함량이 평균 7.3%로 낮았다고 하였으나 본 연구의 결과는 평균 24.86%로 이들의 연구와 비교했을 때 C18:2의 함량이 현저하게 높은 수준을 보였다. 마가린 6종의 *trans* 지방산 이성체는 C16:1 9*trans*(이하 C16:1*t*)의 경우 0~0.27%의 범위로 검출된 반면, C18:1*t*의 경우  $\Delta$ 9*trans*(이하  $\Delta$ 9*t*)가 4.10~20.73%의 범위로 평균 11.87%로 확인되었다. C18:2*trans*(이하 C18:2*t*) 이성체로는  $\Delta$ 9*cis*,  $\Delta$ 12*trans*(이하  $\Delta$ 9*c*  $\Delta$ 12*t*),  $\Delta$ 9*trans*,  $\Delta$ 12*cis*(이하  $\Delta$ 9*t*  $\Delta$ 12*c*),  $\Delta$ 9*trans*,  $\Delta$ 12*trans*(이하  $\Delta$ 9*t*  $\Delta$ 12*t*), CLA인  $\Delta$ 9*trans*,  $\Delta$ 11*trans*(이하  $\Delta$ 9*t*  $\Delta$ 11*t*)의 함량은 평균 4.26%였고 C18:3*t*는 0.25~0.81%로 평균 0.59% 수준을 보였다. 지방 100 g 당 *trans* 지방산 함량은 8.27~28.53%로 범위가 다양하였으며, 평균 16.95%이었다. 따라서 마가린의 1회 분량 당 *trans* 지방산 함량 또한 0.41~1.40 g으로 다양한 범위를 보였다. C18:2  $\Delta$ 9*t*  $\Delta$ 11*t*의 CLA의 함량은 0.29~0.91%의 범위로 검출되었다. 마가린의 P/M/S는 제품에 따라 다양한 분포를 보였으며 1.13/1.30/1이었다. Lake 등(37)은 호주산 마가린의 *trans* 지방산 이성체 함량을 C18:1*t*가 10.9~17.2%, C18:2 *trans-trans*, *trans-cis*, *cis-trans*(이하 C18:2*t*)가 0.2~2.4%, C18:3*t*가 0~0.8% 범위로 보고하였으며, 평균값으로 보면 C18:1*t*가 14.6%, C18:2*t*가 1.4%, C18:3*t*가 0.5%이었으며, C16:1*t*는 검출되지 않았다고 하였다. 본 연구에서는 C16:1*t*가 4종의 마가린에서 0.23~1.16% 범위로 다양하게 검출되었으나, 마가린 2종에서는 확인되지 않았다. C18:2*t*의 함량은 Lake 등(37)의 결과보다 조금 낮은 수준으로 확인되었다. 본 연구에서 조사된 마가린의 *trans* 지방산 함량은 8.27~28.53%로 평균 17.20%이었다. 오스트리아에서 생산되는 마가린의 *trans* 지방산 함량은 0.6%에서 23.4%로 본 연구의 결과보다는 낮은 수준이었다(24). 이러한 결과는 마가린의 제조 시 사용하는 원료유지, 제조회사와 공정기술 등의 차이로 인해 기인되는 것이라 사료된다. 국외에서는 상업적으로 식물성유를 경화시킬 때 *trans* 지방산의 생성을 감소시키거나 생성되지 않는 기술이 다방면으로 연구가 진행되어 왔다. 상업적으로 경화시킨 생산품에서 *trans* 지방산 함량을 감소시키는 하나의 방법은 경화되지 않은 유지와 경화유의 혼합물을 완전하게 에스테르화 하는 것이며 Hecker와 Melcher(38) 및 List 등(39)은 이 방법을 이용하여 마가린 등의 경화유를 생산했을 때 생산품에는 *trans* 지방산이 함유되지 않았다고 보고하였다.

쇼트닝(shortening)의 지방산 조성은 포화지방산인 C14:0의 함량이 3.50~5.43%의 범위였으며, C16:0은 22.26~22.90%의 범위로 평균 22.58% 검출되었다. C18:0은 평균 9.95%로 8.64~11.27% 범위로 다양하였다. 불포화지방산으로 C18:1의 함량은 26.24~28.86%의 수준이었으나, C18:2는 12.06~12.41%수준이었고 C18:3의 함량은 0.87~0.92%로 낮았다. 쇼트닝의 *trans* 지방산 이성체는 C16:1*t*와 C18:1*t*의

Table 2. Composition of fatty acids in margarine, shortening and lard by GC/MS method

| Fatty acid  | Margarine n=6                  | Shortening n=2      | Lard n=2            |
|---|--------------------------------|---------------------|---------------------|
| 8:0   | 0.17~0.68 (0.38) <sup>1)</sup> | 0.66~1.76 (1.21)    | 0.67~0.72 (0.69)    |
| 10:0  | 0.00~0.66 (0.36)               | 0.74~1.19 (1.33)    | 0.63~0.66 (0.65)    |
| 12:0  | 0.34~1.29 (0.85)               | 2.46~8.09 (5.71)    | 0.67~1.24 (0.96)    |
| 14:0  | 0.34~1.49 (1.02)               | 3.50~5.43 (4.47)    | 2.37~2.48 (2.43)    |
| 15:0  | 0.00~0.57 (0.15)               | 0.23~0.79 (0.51)    | 0.51~0.71 (0.61)    |
| 16:0  | 11.38~22.71 (18.02)            | 22.26~22.90 (22.58) | 18.25~24.11 (21.18) |
| 16:1 9c   | 0.00~0.73 (0.47)               | 0.71~3.34 (2.02)    | 2.80~3.29 (3.04)    |
| 16:1 9t   | 0.00~0.27 (0.23)               | 0.31~0.80 (0.55)    | 0.76~0.87 (0.82)    |
| 17:0  | 0.00~0.32 (0.18)               | 0.36~1.57 (0.96)    | 0.54~0.84 (0.69)    |
| 18:0  | 2.45~9.87 (6.47)               | 8.64~11.27 (9.95)   | 12.13~14.46 (13.30) |
| 18:1 9c   | 15.68~28.71 (24.55)            | 26.24~28.86 (27.55) | 33.66~36.67 (35.16) |
| 18:1 9t   | 4.10~20.73 (11.87)             | 3.87~5.20 (4.53)    | 2.18~2.37 (2.28)    |
| 18:2 9c12c  | 19.53~35.12 (24.86)            | 12.06~12.41 (12.24) | 8.89~11.59 (10.24)  |
| 18:2c isomer                                      | 0.28~0.88 (0.55)               | 0.00~0.30 (0.15)    | 0.00~0.86 (0.43)    |
| 18:2 9t12c  | 0.00~1.27 (0.51)               | 0.00~0.53 (0.26)    | 0.60~0.76 (0.69)    |
| 18:2 9c12t  | 0.00~2.10 (0.93)               | 0.78~1.04 (0.91)    | 0.61~0.80 (0.71)    |
| 18:2 9t12t  | 0.51~4.55 (1.39)               | 0.94~1.04 (0.99)    | 0.78~0.98 (0.88)    |
| 18:2 9t11t (CLA) <sup>2)</sup>                    | 0.29~0.91 (0.58)               | 0.32~0.74 (0.53)    | 0.58~0.72 (0.65)    |
| 18:2t isomer                                      | 0.29~1.42 (0.85)               | 0.37~1.00 (0.69)    | 0.00~0.80 (0.40)    |
| 18:3 9c12c15c                                     | 0.77~4.80 (2.72)               | 0.87~0.92 (0.90)    | 0.81~1.04 (0.92)    |
| 18:3 9t12t15t                                     | 0.25~0.81 (0.59)               | 0.36~0.68 (0.52)    | 0.52~0.69 (0.60)    |
| 19:1 10c  | - <sup>3)</sup>                | -                   | 0.00~0.68 (0.34)    |
| 20:0  | 0.69~1.53 (1.07)               | 0.87~1.02 (0.94)    | 0.72~0.78 (0.75)    |
| 20:1 11c  | 0.32~0.91 (0.65)               | 0.52~0.88 (0.70)    | 0.96~1.07 (1.02)    |
| 20:2 11c 13c                                      | 0.00~0.90 (0.03)               | 0.00~0.24 (0.12)    | 0.58~1.48 (1.03)    |
| 22:0  | 0.25~0.95 (0.54)               | 0.00~0.35 (0.17)    | -                   |
| Total tFAs <sup>4)</sup> %                        | 8.27~28.53 (16.95)             | 8.81~9.17 (8.99)    | 6.03~8.00 (7.02)    |
| P <sup>5)</sup> /M <sup>6)</sup> /S <sup>7)</sup> | 1.13/1.30/1                    | 0.36/0.74/1         | 0.40/1.03/1         |
| Total fat (%)                                     | 84.46 (81.50~87.00)            | 100                 | 100                 |
| TFAs g/serving size                               | 0.41~1.40 (0.86)               | 0.41~0.46 (0.44)    | 0.30~0.40 (0.35)    |

<sup>1)</sup>Range (mean). <sup>2)</sup>Conjugated linoleic acid. <sup>3)</sup>Not detected. <sup>4)</sup>Trans fatty acids.

<sup>5)</sup>Polyunsaturated fatty acid. <sup>6)</sup>Monounsaturated fatty acid. <sup>7)</sup>Saturated fatty acid.

함량은 각각 평균 0.55%와 4.53%였다. C18:2t 이성체는 평균 3.38%였으며 C18:3t는 0.36~0.68% 범위였다. 쇼트닝의 CLA 함량은 0.32~0.74%의 범위로 평균 0.53%이었다. 쇼트닝의 지방 100 g 당 trans 지방산 함량은 8.81~9.17%로 평균 8.99%였으며 1회 분량 당 trans 지방산 함량은 평균 0.44 g이었다. 쇼트닝의 P/M/S의 비는 0.36/0.74/1의 비로 PUFA의 비가 현저히 낮은 수준이었다.

라드(lard)의 지방산 조성은 C16:0이 18.25~24.11% 범위로 평균 21.18%였으며 C18:0은 평균 13.30%로 본 실험에서 분석한 마가린과 쇼트닝에 비해 현저히 높은 수준이었다.

불포화지방산으로 C16:1과 C18:1이 각각 평균 3.04%와 35.16%로 현저히 높은 수준을 보였고 C18:2는 평균 10.24%로 상대적으로 낮은 수준이었으며 C18:3은 0.81v1.04% 범위로 평균 0.82%였다. Trans 지방산 이성체는 C16:1t가 평균 0.82%였으며 C18:1t가 2.28%, C18:2t가 3.33%, C18:3t가 0.60%였다. 라드의 지방 100 g 당 총 trans 지방산 함량은 6.03~8.00%의 범위로 평균 7.02% 수준이었으며 1회 분량 당 평균 trans 지방산 함량은 0.35 g이었다. 라드의 P/M/S의 비는 0.40/1.03/1이었다.

IR과 GC/MS 분석에 의한 trans 지방산 함량

분석 방법에 의한 trans 지방산 함량의 비교는 Table 3에

Table 3. Comparison of total trans fatty acids content in margarine, shortening, and lard determined by IR and GC/MS methods

| Food item  | N <sup>1)</sup> | TFAs <sup>2)</sup> /total fat (%) |                    |
|------------|-----------------|-----------------------------------|--------------------|
|            |                 | IR method                         | GC/MS method       |
| Margarine  | 6               | 5.07~32.73 (18.84) <sup>3)</sup>  | 8.27~28.53 (16.95) |
| Shortening | 2               | 1.98~11.33 (6.66)                 | 8.81~9.17 (8.99)   |
| Lard       | 2               | 1.70~1.96 (1.83)                  | 6.03~8.00 (7.02)   |

<sup>1)</sup>Number of independent samples.

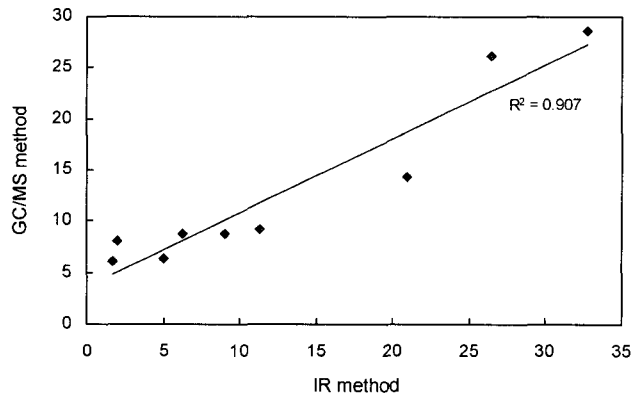
<sup>2)</sup>Trans fatty acids.

<sup>3)</sup>Range (mean).

서 보는 바와 같다. 마가린의 경우 IR 방법에서 지방 100 g 당 5.07~32.73% 범위로, GC/MS 방법(8.27~28.53%)에 비해 상대적으로 trans 지방산 함량이 높은 수준이었다. 쇼트닝은 IR 방법에서 지방 100 g 당 1.98~11.33%, GC/MS 방법에서 8.81~9.17% 범위였으며, 라드는 IR 방법에서 지방 100 g 당 1.70~1.96%, GC/MS 방법에서 6.03~8.00% 범위로 쇼트닝과 라드의 경우 IR 방법에 비해 GC/MS 방법에서 상대적으로 높은 수준을 보였다. Table 4에서 보면 GC/MS 방법에 의해 분석된 총 trans 지방산 함량을 100%로 하여 각각의 trans 이성체의 함량을 비교하면 마가린의 경우 C18:1t의 함량이 70.03%로 현저히 높은 함량을 나타내는 반면 C16:1t과 C18:3t의 함량은 상대적으로 낮은 수준을 보였다. 쇼트닝의

**Table 4.** *Trans* fatty acids isomer content in margarine, shortening, and lard determined by GC/MS method

| Food item  | N <sup>1)</sup> | TFAs <sup>2)</sup> isomer (%) |        |        |        | Total tFAs (%) |
|------------|-----------------|-------------------------------|--------|--------|--------|----------------|
|            |                 | C16:1t                        | C18:1t | C18:2t | C18:3t |                |
| Margarine  | 6               | 1.36                          | 70.03  | 25.13  | 3.48   | 100            |
| Shortening | 2               | 6.12                          | 50.45  | 37.64  | 5.79   | 100            |
| Lard       | 2               | 11.66                         | 32.43  | 47.37  | 8.53   | 100            |

<sup>1)</sup>Number of independent samples.<sup>2)</sup>*Trans* fatty acids.**Fig. 2.** Correlation coefficient of *trans* fatty acids content by determination techniques.

경우 C18:1t의 함량이 50.45%를 차지하였으나 라드의 경우 C18:1t의 함량이 32.43%로 가장 낮은 수준이었고 C18:2t (47.37%)와 C18:3t(8.53%)로 가장 높은 수준이었다. C18:1t의 함량이 현저히 높은 마가린의 경우 GC/MS 방법보다는 IR 방법에서 *trans* 지방산 함량이 높은 것으로 나타났으며, C18:2t과 C18:3t의 함량이 상대적으로 높은 쇼트닝과 라드의 경우 GC/MS 방법에서 IR 방법에 비해 높은 *trans* 지방산 함량을 보였다. Fritsche 등(40)은 사람의 지방조직에서 GC 방법과 ATR-IR 방법을 사용하여 *trans* 지방산을 측정하였는데 *trans* 지방산의 수준이 GC 방법에 의해 측정된 것보다 IR 방법에 의한 결과가 높게 나타났다고 보고하였다. GC 등의 방법은 지방산 조성을 확인할 수 있으나 이 방법의 중요한 한계는 *cis* 이성체와 *trans* 이성체의 겹쳐짐의 현상이 생기는 것으로 완전한 분리가 어려운 것이 단점으로(41,42) 알려져 있다. 이런 차이의 주된 이유는 GC 방법이 *cis* 이성체를 선호하여 C18:1 *trans* 이성체가 과소평가되기 때문이라 사료된다. 마가린의 경우 *trans* 지방산 이성체의 대부분이 C18:1  $\Delta$ 9로 확인되었으며 IR 분석에서 GC/MS 분석 방법보다 높은 함량을 나타내는 것으로 사료된다.

두 방법 간의 *trans* 지방산 함량은 Fig. 2에서 보는 바와 같이  $r^2=0.91$ 의 높은 상관성을 보였다.

## 요 약

한국인 상용 가공식품의 *trans* 지방산 함량에 대한 기초 자료를 구축하기 위해 한국인의 상용 가공식품 중 마가린

6종, 쇼트닝 2종, 라드 2종, 햄버거 4종, 도너츠 4종, 식빵 2종, 구운 과자 4종, 유당 스낵 10종, 초콜렛 6종, 땅콩제품 4종, 전자렌지용 팝콘 2종, 닭튀김 4종, 감자튀김 4종, 치즈 2종 등 총 56종을 선정하여 Soxhlet 추출 방법에 의한 총 지방 함량과 ATR-IR 방법에 의해 *trans* 지방산 함량을 분석한 후 마가린 6종, 쇼트닝 2종 및 라드 2종 등 총 10종의 식품을 GC/MS로 *trans* 지방산 함량 및 이성체를 확인하였다. IR 분석에 의한 마가린의 총 지방 중 *trans* 지방산 함량은 5.03~32.73%인데 반해 쇼트닝은 1.98~11.33%, 라드는 1.70~1.96% 함유하고 있었다. 햄버거가 0~5.43%, deep frying류인 도너츠가 0.74~11.10%였다. 구운 과자의 *trans* 지방산 함량이 7.37~26.54%인 반면 초콜렛에서는 검출되지 않았다. 닭튀김의 *trans* 지방산 함량이 0.44~14.85%였으며, 감자튀김은 5.18~27.01%로 상대적으로 높은 함량을 보였다. 치즈의 *trans* 지방산 함량은 11.34~12.88%이었으나 바삭한 과자와 초콜렛에서는 *trans* 지방산 함량이 검출되지 않았다. 1회 섭취 분량 중에 *trans* 지방산을 2 g 정도를 함유하고 있는 식품에는 도너츠, 유당스낵(*tortilla*), 전자렌지용 팝콘, 감자튀김 등이 있다. GC/MS 방법에 의한 마가린의 총 지방 중 *trans* 지방산 함량은 8.27~28.53%, 쇼트닝은 8.81~9.17%, 라드는 6.03~8.00%를 함유하고 있었다. 마가린의 *trans* 지방산 이성체로는 C18:1t의 함량이 총 이성체 중 70.03%를 차지하였으며 쇼트닝과 라드는 C18:1t과 C18:2t의 함량이 각각 50.45와 37.64%, 32.43%와 47.37%였다. C18:1t의 함량이 현저히 높은 마가린의 경우 GC/MS 방법보다는 IR 방법에서 *trans* 지방산 함량이 높은 것으로 나타났으며, C18:2t과 C18:3t의 함량이 높은 쇼트닝과 라드의 경우 상대적으로 GC/MS 방법에서 IR 방법에 비해 높은 *trans* 지방산 함량을 보였다. 두 방법 간의 상관성은  $r^2=0.91$ 이었다.

## 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지정 지역협력 연구센터인 인제대학교 바이오헬스소재센터의 연구비 지원에 의해 수행하였으며, 이에 감사드립니다.

## 문 헌

- Ascherio A, Willet C. 1997. Health effects of *trans* fatty acids. *Am J Clin Nutr* 66: 1006s-1010s.
- 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: 1011s-1017s.
- Bethesda MD. 1996. Position paper on *trans* fatty acids. *Am J Clin Nutr* 63: 663-670.
- Lee KB, Han MK, Lee MS. 1998. Effect of deodorizing temperature on physicochemical characteristics in corn oil. *Korean J Food Nutr* 11: 26-30.
- Aro A, Amelsvoort J, Becker E, Erp-Baart MA, Kafatos A, Leth T, Poppel G. 1998. *Trans* fatty acids in dietary fats and oils from 14 European countries: The TRANIR study. *J Food Composition and Analysis* 11: 137-149.

6. Mensick RP, Zock PL, Katan MB, Hornstra G. 1992. Effect of dietary *cis* and *trans* fatty acids on serum lipoprotein(a) levels in humans. *J Lipid Res* 33: 1493-1501.
7. Wood R, Kubena K, O'Brien B, Tseng S, Martin G. 1993. Effect of butter, mono- and polyunsaturated fatty acid-enriched butter, *trans* fatty acid margarine, and zero *trans* fatty acid margarine on serum lipids and lipoproteins in healthy men. *J Lipid Res* 34: 1-11.
8. Zock PL, Gent T, Scheek LM, Katan MB. 1996. Dietary *trans* fatty acids increase serum cholesteryl ester transfer protein activity in man. *Atherosclerosis* 115: 129-134.
9. Lichtenstein AH. 2000. *Trans* fatty acids and cardiovascular disease risk. *Curr Opin Lipidol* 11: 37-42.
10. Houwelingen ACV, Hornstra G. 1994. *Trans* fatty acids in early human development, in fatty acids and lipid: Biological aspects. In *World Review of Nutrition and Diet*. Simopoulos C, Karger TE, eds. S. Karger AG, Basel. p 175-178.
11. Kolezko B. 1992. *Trans* fatty acids may impair biosynthesis of long-chain polyunsaturated and growth in man. *Acta Paediatr* 81: 302-306.
12. Innis SM, King DJ. 1999. *Trans* fatty acids in human milk are inversely associated with concentrations of essential all-*cis* n-6 and n-3 fatty acids and determine *trans*, but not n-6 and n-3, fatty acids in plasma lipids of breast-fed infants. *Am J Clin Nutr* 70: 383-390.
13. Decsi T, Kolezko B. 1995. Do *trans* fatty acids impair linoleic acid metabolism in children. *Am Nutr Metab* 39: 36-41.
14. FDA. 2002. Mandatory *trans* labeling may come in 2002. *INFORM* 11: 173.
15. Ip C. 1997. Review of the effects of *trans* fatty acids, oleic acid, n-3 polyunsaturated fatty acids, and conjugated linoleic acid mammary carcinogenesis in animals. *Am J Clin Nutr* 66: 1523s-1529s.
16. Adam M, Chew M, Wasserman S, McCollum A, McDonald RE, Mossoba MM. 1998. Determination of *trans* fatty acids in hydrogenated vegetable oils by attenuated total reflection infrared spectroscopy: two limited collaborative studies. *J Am Oil Chem Soc* 75: 353-358.
17. Greyt WD, Kint A, Kellens M, Huyghebaert A. 1998. Determination of low *trans* levels in refined oils by fourier transform infrared spectroscopy. *J Am Oil Chem Soc* 75: 115-118.
18. McDonald RE, Armstrong DJ, Kreishman GP. 1989. Identification of *trans* diene isomers in hydrogenated soybean oil by gas chromatography, silver nitrate-thin layer chromatography, and <sup>13</sup>C-NMR spectroscopy. *J Agric Food Chem* 37: 637-642.
19. Parceria J, Codont R, Boatella J, Rafecas M. 1999. Fatty acids including *trans* content of commercial bakery products manufactured in Spain. *J Agric Food Chem* 47: 2040-2043.
20. Park CS, Yoon KR. 1998. Effect of deodorizing conditions on formation of *trans*-fatty acids of soybean oils. *Korean J Food Sci Technol* 30: 6-12.
21. Kennerly DA. 1988. Two dimensional thin-layer chromatographic separation of phospholipid molecular species using plates with both reversed phase and argentation zones. *J Chromatography* 454: 425-431.
22. Rural Nutrition Living Science Institute, RDA. 1996. *Food Composition Table*. Suwon.
23. The Korean nutrition information center, the Korean Nutrition Society. 1998. *Food value of portion commonly used*. The Korean Nutrition Society, Seoul.
24. Pfalzgraf A, Timm M, Steinhart H. 1993. Amounts of *trans* fatty acids in foods. *Z Ernährungswiss* 33: 24-43.
25. Henninger M, Ulberth F. 1996. *Trans* fatty acids in margarines and shortenings marketed in Austria. *Z Lebensm Unters Forsch* 203: 210-215.
26. Noh KH, Lee KY, Moon JW, Lee MO, Song YS. 1999. *Trans* fatty acid content of processed foods in Korean diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 1191-1200.
27. Noh KH, Won MS, Song YS. 2003. *Trans* fatty acid isomers of processed foods commonly consumed in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 325-337.
28. Jo HG, Jo KY, Park CG, Cho GS, Chai SG, Ma SJ. 1994. *Food analysis*. Yurim Pub., Co., Seoul. p 225-227.
29. Chin SF, Liu W, Storkson TM, Ha YL, Pariza HW. 1992. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *J Food Composition and Analysis* 5: 185-197.
30. Yonsei University Food Science Institute. 1995. *Fatty Acid Composition of Korean Foods*. Shinkwang Pub., Co., Seoul.
31. Slover HT, Thompson RH, David CS, Merola GV. 1985. Lipids in margarines and margarine-like foods. *J Am Oil Chem Soc* 62: 775-786.
32. Reek MM, Clark AJ. 1986. Fat in the diets of adolescent girls with emphasis on isomeric fatty acids. *Am J Clin Nutr* 43: 530-537.
33. Greyt W, Radanyi O, Kellens M, Huyghebaert A. 1995. Contribution of *trans* fatty acids from vegetable oils and margarines to the Belgian diet. *Eur J Med Res* 17: 105-108.
34. Fernandez SJPM. 1996. Study of isomeric *trans*-fatty acids content in the commercial Spanish foods. *Int J Food Sci Nutr* 47: 399-403.
35. Allison DB, Egan SK, Barraj LM, Caughman C, Infante M, Heimbach JT. 1999. Estimated intakes of *trans* fatty and other fatty acids in the US population. *J Am Diet Assoc* 99: 166-174.
36. Cho YJ, Sugano M. 1985. Content of *trans* fatty acids in Korean margarine. *Korean J Food Sci Technol* 17: 219-223.
37. Lake R, Thomson B, Devane G, Scholes P. 1996. *Trans* fatty acid content of selected New Zealand foods. *J Food Composition and Analysis* 9: 365-374.
38. Heckers H, Melcher FW. 1978. *Trans*-isomeric fatty acids present in West German margarines, shortenings, frying and cooking fats. *Am J Clin Nutr* 331: 1041-1049.
39. List GR, Pelloso T, Orthofoeerr F, Chrysam M, Mounts TI. 1995. Preparation and properties of zero *trans* soybean oil margarines. *J Am Oil Chem Soc* 72: 383-384.
40. Fritsche J, Steinhart H, Mossoba MM, Yurawecz MP, Sehat N, Ku P. 1998. Rapid determination of *trans* fatty acids in human adipose tissue. Comparison of attenuated total reflection infrared spectroscopy and gas chromatography. *J Chromatogr B Biomed Sci Appl* 705: 177-182.
41. Duchateau GSMJE, Oostem HJ, Vasconcellos MA. 1996. Analysis of *cis*- and *trans*-fatty acid isomers in hydrogenated and refined vegetable oils by capillary gas-liquid chromatography. *JAOCs* 73: 275-282.
42. Ratnayake WM. 2004. Overview of methods for the determination of *trans* fatty acids by gas chromatography, silver-ion thin-layer chromatography, silver-ion liquid chromatography, and gas chromatography/mass spectrometry. *J AOAC* 87: 523-539.

(2004년 7월 30일 접수; 2004년 9월 17일 채택)