

## 인체에 미치는 트랜스지방의 위해와 규제현황

길복임<sup>†</sup> · 노정해<sup>1</sup>  
안양대학교 식품영양학과, 한국식품연구원<sup>1</sup>

### Hazardous Effect of Dietary Trans Fats on Human Health and Regulations

Bogim Gil<sup>†</sup>, Jeonghae Rho<sup>1</sup>  
Department of Food & Nutrition, Anyang University  
<sup>1</sup>Korea Food Research Institute

#### Abstract

Trans-fatty acids (TFAs) are defined as the sum of all unsaturated fatty acids that contain one or more non-conjugated double bonds in a trans configuration. Dietary trans- fatty acids originate from commercially hydrogenated oils and from dairy and meat fats. From the perspective of the food industry, partially hydrogenated vegetable oils are attractive because of their long shelf life, stability during deep-frying, and semisolidity, which can be customized to enhance the palatability of baked goods and fried foods. Although no definite differences have been documented so far between the metabolic and health effects of industrial and ruminant TFAs, the intake of industrially produced TFA has declined, and in Europe, the majority of TFAs are of ruminant origin. Due to the scientific evidence associating TFA intake with increased risk of coronary heart disease (CHD), the Korea Food and Drug Administration (KFDA) issued a final rule that requires the amount of trans fat present in foods to be declared on the nutrition label, by December 1, 2007. In addition, many food manufacturers who use partially hydrogenated oils in their products have developed, or are considering ways, to reduce or eliminate trans-fatty acids from certain food products.

Key words : trans-fatty acid, hydrogenation, health effect, coronary heart disease, regulation

## 1. 서 론

20세기 초 프랑스 화학자 Paul Sabatier가 니켈을 촉매로 하는 수소화 반응을 처음 발견하고 몇 년 후 독일 화학자 Wilhelm Normann이 수소 가스를 이용하는 수소화 공정으로 발전시킨 이후 20세기 중반까지 식물성유를 원료로 하여 다양한 조성의 경화유 제조에 대한 연구가 이어졌다(Eckel RH 등 2007). 버터, 라드 같

은 동물성유지에 주로 함유된 포화지방산은 콜레스테롤과 더불어 고콜레스테롤증을 유발하고 나아가 심장병의 원인이 된다는 사실이 알려지면서 가공식품에서도 포화지방산의 함량을 줄이기 위해 동물성 지방으로부터 식물성 유지원료로 점차 관심을 돌리게 되었다. 식물성 유지에 주로 함유된 불포화지방산은 심장 등의 건강에는 이로우나 공기 중의 산소를 흡수하여 과산화물을 형성함으로써 쉽게 산패되는 단점이 있으므로 식품가공업자들은 수소화라는 부분포화 공정을 통해 포화지방산과 유사하게 만들어서 변패를 방지하고자 했다. 이렇게 만들어진 부분경화식물성유는 1960년대부터 1980년대 사이에 산화안정성, 가격, 취급용이성 및 가공적성에 있어서 동물성유지의 훌륭한 대체유로 각광을 받게 되었다. 트랜스지방산(TFA)은 수소화공정의

Corresponding author : Bogim Gil, Department of Food and Nutrition, Anyang University, 708-113, Anyang 5-dong, Manan-gu, Anyang-Si, Kyeonggi-Do 430-714, Korea  
Tel : 82-31-467-0919  
Fax : +82-31-463-1371  
E-mail : gilbg@anyang.ac.kr

부산물로 생성되는데 자연계에서는 반추동물의 지방에 약 1~8% 함유되어 있는데 반해 수소화공정을 거친 부분경화유는 10~60%(보통의 경우 25~45%) 정도의 TFA를 포함한다(Ackman RG와 Mag TK 1998).

1990년대 전까지는 TFA와 건강과의 관계에 대해 제한된 양의 서로 상반된 결과들이 보고되었고(Malmros H와 Wigand G 1957) 이를 생산, 사용하는 식품업체에서는 그 동안 이 문제를 심각하게 고려하지 않았었다. Mensink RP와 Katan MB(1990)에 이어 Lichtenstein AH 등(1999)이 TFA의 섭취량과 혈액 중 LDL-cholesterol 농도 사이에 양의 상관관계가 있다고 밝힘으로써 이후 전 세계적으로 TFA에 대한 경각심이 일어 소비자들도 자신이 섭취하는 식품에 트랜스지방이 얼마나 함유되어 있는지, 트랜스지방이 인체에 미치는 위해가 무엇인지에 대해 많은 관심을 갖게 되었다. 미국과 유럽은 국가 차원에서 트랜스지방의 표시제도를 도입하여 모든 식품에 대하여 트랜스지방 함량을 의무적으로 표시하도록 법적 규제를 실시하고 식품에서의 허용량 및 권고량을 제시하게 되었으며 우리나라에서도 2007년 12월 1일부터 모든 가공식품에 트랜스지방 함량을 의무적으로 표시하도록 예정되어 있다. 이에 본고에서는 트랜스 지방의 생성 및 인체에 미치는 영향, 섭취실태에 대해 살펴보고자 한다.

## II. 본 론

### 1. 트랜스지방산의 정의 및 구조

유지의 주요 구성성분인 지방산은 포화지방산과 불포화지방산으로 분류할 수 있다. 포화란 말은 탄소사슬에 수소가 최대한 붙어 있는 상태, 즉 수소로 포화되어있다는 뜻이다. 따라서 포화지방산은 일직선의 안정한 분자이며 차곡차곡 잘 쌓이기 때문에 실온에서 고체 상태이다. 불포화지방산은 중간의 탄소사슬이 이중결합을 하고 있어 수소가 적게 붙어 있는 상태로 이중결합이 있는 부분에서 꺾이기 때문에 분자들이 규칙적으로 배치되지 않고 불규칙하게 배치되어 있어 실온에서 액체 상태로 존재한다. 포화지방산은 주로 동물성 기름에 많이 함유되어 있고 불포화지방산은 식물성 기름에 주로 함유되어 있는데 불포화지방산이 많은 식물성 기름은 산패가 쉽게 일어나 저장성이 좋지 않으므로 불포화지방산의 이중결합에 수소를 첨가하여 포

화지방산으로 변환시켜 산화안정성을 높일 수 있다. 이 공정을 경화(hydrogenation)라고 하는데 보통은 이중결합 부위를 수소로 완전히 포화시키지 않고 부분적으로 포화시키는데 이 과정에서 트랜스지방산이 많이 생성된다. 자연에 존재하는 불포화지방산의 이중결합은 Fig. 1과 같이 시스(cis)형태로 수소가 결합되어 있으나 부분적인 수소첨가 과정을 거쳐 생산된 유지의 경우에는 포화되지 않은 일부 이중결합에서 트랜스(trans) 형태로 수소가 전환된다. TFA는 이중결합부분이 꺾이지 않으므로 구조가 직선형의 포화지방산에 가깝고 용해도 포화지방산에 가깝다. 즉, TFA란 자연계에 존재하지 않는 지방산으로 분자 조직을 안정화시켜 보존기간을 늘리기 위해 식물성 기름에 수소를 첨가하여 액체상태의 식용유를 쇼트닝, 마가린처럼 고체 지방으로 바꾸는 경화과정에서 생기며 이러한 TFA를 포함하는

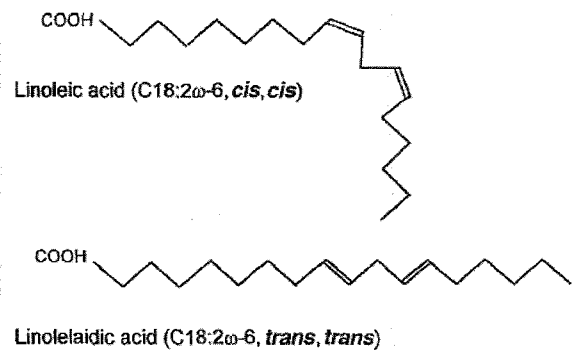
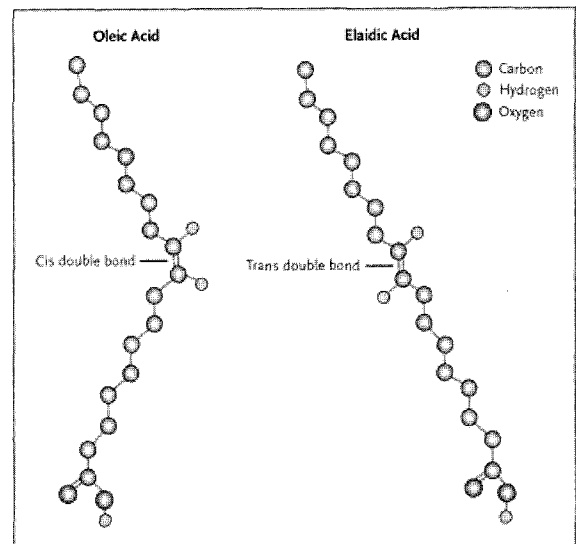


Fig. 1. Structure of *cis* and *trans* fatty acids.

지방을 트랜스지방이라고 부른다. 또한 트랜스지방은 식품의 조리나 가공에 의해서도 소량 생성된다.

미국 FDA는 '트랜스지방산은 하나 이상의 trans 형의 이중결합을 포함하고 있는 모든 불포화 지방산을 말하는데 공액이중결합을 갖는 불포화지방산은 제외한다'라고 정의하고 있어(Tarrago-Trani 등 2006) 비공액형의 이중결합을 가지고 있는 지방산으로 한정하고 있다. 이러한 견지에서 보면 건강기능식품인 conjugated linoleic acid(CLA)는 TFA 범위에 포함되지 않지만 지금까지 개발된 TFA 분석 방법으로는 공액형의 TFA와 비공액형의 TFA를 구별하기가 쉽지 않다.

**2. 트랜스지방산의 생성**

TFA는 자연적으로 육류나 낙농제품에서도 소량 발견되는데 이는 반추동물의 위에서 cis 형의 불포화지방산이 미생물에 의해 수소화된 결과이다(Wolff RL 등 1998). 그람 음성균에 속하는 일부 세균은 혐기성 조건에서 자신의 세포막에 함유된 cis 형의 불포화지방산을 TFA로 변환시키는데 이는 온도 상승이나 유기용매, 지용성 화합물 등에 저항할 수 있도록 막의 유동성을 감소시키는 적응반응의 결과이다. 그러나 TFA의 주된 공급원은 산업적으로 생산된 부분경화식물성유를 포함하는 제품들이다. 산업적으로 생산된 부분경화유의 주 TFA는 elaidic acid(C18:1, t9)와 C18:1, t10인 반면 반추동물에 들어있는 TFA는 주로 vaccenic acid(C18:1, t11)이다. 또한 식용유지의 정제 공정 중 하나인 탈취공정에서 고온에 노출됨으로써 생성된 소량의 TFA 이성질체들이 정제 식용유에서 발견되기도 한다(Ackman RG와 Mag TK 1998). 다음 Table 1은 TFA 주 공급원이 되는 식품들의 평균 TFA 함량을 나타낸다. 부분경화유의 TFA 함량은 10~60 g/100 g으로 대부분의 제품은 25~45 g/100 g 범위 내에 든다. 반면에 쇠기름이나 버터 같은 반추동물의 지방에서는 1~8 g/100 g, 정제식용유에서 최대 3 g/100 g의 TFA가 분석되었다(Wolff RL 등 1998, Ackman RG와 Mag TK 1998).

산업적으로 트랜스지방을 생성하는 경로를 보면 식물성기름인 콩기름, 옥수수기름, 카놀라기름 등에 니켈 등을 촉매로 사용하여 이중결합 위치에 화학적으로 수소를 첨가시켜 불포화지방산을 포화지방산으로 변화시킨다. 이 반응에 관여하는 주요변수는 압력, 온도, 촉

매의 종류 및 교반속도이고 이러한 변수를 조절함으로써 경화의 정도를 조절할 수 있다(Ackman RG와 Mag TK 1998).

경화과정에서 이중결합의 기하학적인 형태가 cis 형에서 trans 형으로 바뀌어 TFA가 생성된다. 이중결합이 3개인 linolenic acid에 수소를 첨가하면 이중결합이 2개인 linoleic acid를 거쳐서 이중결합이 한 개인 cis 형인 oleic acid와 trans 형인 elaidic acid가 되고 여기에 수소를 더욱 첨가하면 최종적으로 포화지방산인 스테아르산이 만들어진다. 같은 식물성유지를 사용하더라도 제품을 만드는 방법에 따라 TFA 함량이나 이중결합의 위치가 다르다(Tarrago-Trani MT 등 2006). 이렇게 만들어진 경화유는 먹었을 때 식감이 부드러워 입안에 닿는 느낌이 좋아진다. 뿐만 아니라 원래의 식용유보다 산화안정성이 매우 뛰어나고 산패가 잘 일어나지 않으며 저장기간도 길어진다.

식품의 조리나 일반 가공 중에도 불포화지방산이 TFA로 바뀌는지 알아보기 위한 연구들이 수행되었다. Moreno MCMM 등(1999)의 연구에 의하면 올리브유나 해바라기씨유, 옥수수기름 등 정제 식물성 식용유의 경우 0.2~0.6%의 TFA를 함유하고 있는데 이들 식용유를 가열하면 가열 온도와 시간이 증가함에 따라 TFA 함량도 증가하였다. 보통의 식품 조리온도인 150~200℃에서는 TFA의 유의적인 증가를 보이지 않았으나 250℃ 이상의 고온에 노출시 4~6%의 TFA가 생성되었다. 식용유지 종류에 따라서도 튀김과정 중 생성되는 TFA의 종류와 양이 다른데 올리브유나 고올레산 대두유 등 oleic acid 함량이 높은 유지를 사용한 경우

**Table 1. Average trans fat content of foods that are main sources of TFA**

Items		Trans fat content (g/100g)
Meat and dairy products	Ground beef	1
	Beef tallow	5~6
	Butter	2~7
	Whole milk	0.07~0.1
Processed foods with partially hydrogenated oils	Shortenings	10~33
	Margarine/spreads	3~26
	Breads/cake products	0.1~10
	Cookies and crackers	1~8
	Salty snacks	0~4
	Cake frostings and sweets	0.1~7
Refined edible oils		0.1~3

출처 : Wolff RL 등 1998

생성된 TFA 중 elaidic acid 함량이 높았으나 불포화지방산 함량이 높은 대두유를 사용한 경우에는 TFA 생성량도 훨씬 높고 조성도 elaidic acid 보다 trans linoleic isomers의 함량이 높았다. 또한 튀김과정 중 신선한 기름을 주기적으로 보충해주는 경우에 TFA 생성을 억제할 수 있었다(Romero A 등 2000). 방사선 조사에 의한 식품의 TFA 생성에 관한 연구(Geißler C 등 2003)에서는 조사량 10 kGy까지는 TFA 생성량이 미미했지만 50 kGy에서는 버터에 함유된 정도인 약 1.3%의 TFA가 생성되었고 100 kGy 조사시 약 4% 정도의 TFA가 생성되었다. 현재 세계적으로 식품에 조사하는 방사선량이 10 kGy 이하이므로 방사선조사에 의한 TFA 생성은 크게 걱정하지 않아도 될 것이다.

### 3. 트랜스지방의 섭취현황

오늘날 소비되는 트랜스지방의 대부분은 마가린이나 스낵류, 케이크류 뿐만 아니라 감자튀김이나 후라이드 치킨 등 부분경화 식물성유를 주요 성분으로 함유하거나 이를 이용하여 튀긴 식품에서 유래된다(Daniel DR 등 2005). 수소를 첨가한 쇼트닝은 대두유와 같은 액체유지에 비해 쉽게 변질되지 않고, 도넛이나 감자튀

김, 파이, 페이스추리 등을 만들 때 바삭바삭한 조직감을 얻을 수 있기 때문에 제품생산자들이 선호하고 있어 다른 유지로 대체가 쉽지 않으며 실제로 대체유지의 개발은 많은 시간과 연구, 노력이 필요하다. 따라서 트랜스지방이 몸에 좋지 않다고 하지만 이를 쉽게 낮추지 못하는 것이 바로 이러한 이유이다.

Table 2는 국내에서 유통되는 제품의 트랜스지방 함량을 나타낸 것으로 경화공정을 거쳐 생산된 쇼트닝과 마가린에 트랜스지방이 가장 많이 함유되어 있으며, 이들 부분경화유를 이용하여 생산된 전자렌지용 팝콘이나 도넛, 튀김용 냉동감자, 초콜릿 가공품, 비스킷류, 감자튀김, 케익류에도 상당량의 트랜스지방이 포함되어 있었다.

세계 여러 나라의 1인당 하루 트랜스지방 섭취 현황을 살펴보면(Craig-Schmidt MC 2006) 미국이 5.3 g (2.6% energy)로 가장 섭취량이 높았으나 에너지 섭취량의 12~14%를 차지하는 포화지방의 양에 비하면 적은 양이었다(Fig. 2). 미국인들은 하루 섭취하는 트랜스지방의 약 40% 정도를 쿠키나 케이크, 빵, 크래커 등에서 섭취하고 그 다음 동물성 제품에서 21%, 마가린에서 17%, 감자튀김에서 8%, 감자칩이나 팝콘 등의 스낵류에서 5%, 쇼트닝에서 4% 정도를 섭취하는 것으로 나타났다. 북유럽에서는 핀란드 2.1 g(0.9% energy), 독일 2.2 g(0.8% energy), 프랑스 2.3 g(1.2% energy), 덴마크 2.6 g(1.0% energy), 영국 2.8 g(1.3% energy), 노르

Table 2. Trans fat content of domestic products in Korea (2004~2005)

Items		Trans fat (g/100g) (Mean ± SD)
Fats and oils	Edible oils	1.0 ± 0.5
	Shortening · Margarine	14.4 ± 10.2
Snacks	Biscuits	2.8 ± 2.1
	Chocolate products	3.2 ± 2.4
	Snacks	1.2 ± 2.2
	Microwave popcorn	11.0 ± 0.1
Breads	Popcorn	0.1 ± 0.1
	Breads	0.6 ± 0.8
	Cakes	2.5 ± 1.7
	Donuts	4.7 ± 1.7
Fast foods	Hamburger	0.4 ± 0.4
	Pizza	0.4 ± 0.2
	Fried chicken	0.9 ± 1.3
	French fry	2.9 ± 1.9
	Frozen potato for frying	3.5 ± 2.4
	Fried foods	0.3 ± 0.2
Others	Mayonnaise	ND <sup>1)</sup>
	Coffee creamer	ND
	Instant soup (powder)	0.2 ± 0.2

<sup>1)</sup>ND : Not Detected

출처 : Korean Food and Drug Administration

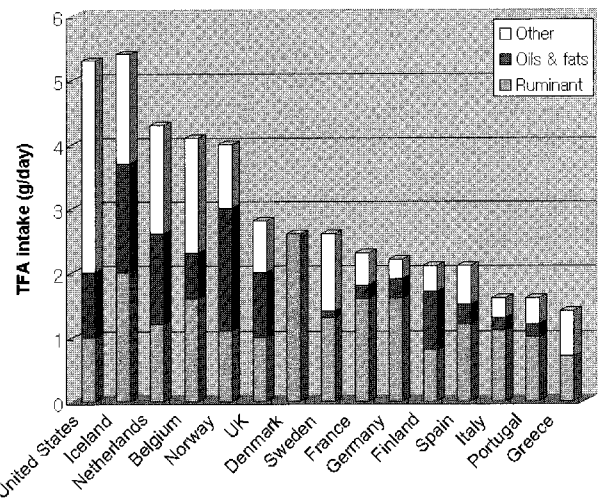


Fig. 2. Intake of trans fats in United States and European countries illustrating dietary sources.

출처 : Craig-Schmidt MC. 2006 World-wide consumption of trans fatty acids. Atherosclerosis Supplements 7: 1-4

웨이 4.0 g(1.5% energy), 벨기에 4.1 g(1.4% energy), 네덜란드 4.3 g(1.6% energy), 아일랜드 5.4 g(2.0% energy)로 나타났다. 올리브유를 주로 사용하는 지중해 연안의 국가들은 이 보다 낮은 섭취량을 보여 그리스 1.4 g(0.6% energy), 포르투갈 1.6 g(0.6% energy), 이탈리아 1.6 g(0.5% energy) 등 총에너지의 1% 이하를 섭취하는 것으로 조사되었다. 총에너지의 0.5~2.1%에 해당하는 유럽 나라들의 트랜스지방 섭취량도 총 에너지의 10~19%를 차지하는 포화지방의 섭취에 비하면 상당히 낮은 양이었다. 대부분의 나라에서 전체적인 트랜스지방 섭취량이 줄어도 반추동물 유래 트랜스지방은 2 g/day로 일정하게 유지되었는데 트랜스지방 함량을 국가에서 강제적으로 규제한 덴마크의 경우 섭취하는 트랜스지방 대부분이 반추동물에서 유래한 것으로 나타났다. 특히, 북유럽국가들은 식용유지류뿐만 아니라 제빵류나 스낵, 패스트푸드 등을 통해서도 다량의 트랜스지방을 섭취하고 있으므로 이에 대한 감소 노력이 요구된다. 그 밖에 한국이나 일본의 전통식에서는 소량의 트랜스지방이 함유되어 있는데 한국은 0.6 g/person/day, 일본은 0.1~0.3 g/person/day으로 조사되었다(Craig-Schmidt MC 2006).

#### 4. 트랜스지방이 인체에 미치는 영향

가공식품에서 부분경화유가 버터와 라드의 대체품으로 정착된 이후 TFA의 건강에 미치는 영향에 대한 논란이 계속되어왔다. 초기 1970년대와 80년대의 human feeding study에서 부분경화유를 포함하는 조제식을 섭취한 실험대상자들의 혈중 총콜레스테롤이나 serum lipoprotein profile에 TFA가 나쁜 영향을 주지 않는다고 보고되었다(Mattson FH 등 1975, Formo MW 1979). 그러나 이후 연구들은 초기의 연구와 상반된 결과를 보였다. 1990년 Mensink R과 Katan M(1990)은 포화지방산이나 cis-monounsaturated fatty acid와 비교하여 트랜스 지방산이 serum LDL과 HDL cholesterol level에 미치는 영향을 조사하였다. 피실험자들에게 섭취 열량의 10%를 이들 세 종류의 지방 중 어느 하나를 포함하는 자연혼합식을 섭취하도록 한 결과 TFA는 SFA와 비슷하게 serum lipoprotein level에 나쁜 영향을 미쳤는데 LDL cholesterol은 증가시키고 HDL cholesterol은 감소시켰다. 일부 포화지방산은 LDL cholesterol은 감소시키고 HDL cholesterol에는 영향을 주지 않는다는 것이 보고

(Lichtenstein AH 등 1999)되면서 TFA가 포화지방산보다 더 치명적인 것으로 간주되었다. TFA가 인체에 미치는 영향을 Fig. 3에 나타내었다.

##### 1) 필수지방산 대사에 미치는 영향

TFA의 이성체 중 하나인 conjugated linoleic acid (CLA)는 인체에 바람직한 생리 활성을 나타내는 것으로 알려져 있다. 그러나 대부분의 TFA는 필수지방산 대사의 중요한 속도 조절 효소인  $\Delta 6$ -desaturase의 활성을 저하시켜 정상적인 지질대사를 방해하며 필수지방산의 결핍증상을 악화시킬 뿐 아니라 지방 대사를 변화시켜 쥐에게 trans-trans linoleic acid를 투여하면 cis linoleic acid의 대사를 억제시켜 arachidonic acid의 농도가 뚜렷이 감소된다는 보고가 있다(Hu FB 등 2001). 더욱이 임산부의 TFA 섭취증가는 태아의 필수지방산 대사에 영향을 미쳐 태아의 성장을 저해할 수 있으며 모유에 존재하는 프로스타글란딘 함량을 감소시켜 유아에게도 좋지 못한 영향을 미칠 수 있다고 보고되고 있다(Valenzuela A와 Morgado N 1999). 또한 TFA는 혈소판 응집력에도 영향을 주며 건강한 어린이들에게 있어서 필수지방산의 하나인 arachidonic acid의 생합성을 방해한다고 보고되고 있다(Mann G 1994).

##### 2) 세포막 조성 및 유동성에 미치는 영향

경화된 대두유를 20% 함유한 식이를 토끼에게 제공하였을 때 세포막과 관련된 효소의 활성이 저하되었고(Ren YF 등 1988), 돼지에게 경화된 콩기름을 먹었을 때 동맥경화증 및 세포막 기능에 바람직하지 못한 영향을 주었으며 또한 심장 세포 조직에 영향을 미칠 수 있다는 결과도 보고되었다(Emken EA 1984).

##### 3) 심혈관 질환에 미치는 영향

여러 연구에 의하면 TFA의 섭취량과 관상동맥질환에 의한 사망률간에는 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다. 지방조직에 있는 TFA의 농도와 동맥경화와의 관계 또한 유의성이 있다고 보고되었다(Nelson GJ 1998).

TFA 섭취와 관상동맥 심장병(CHD) 사이의 관계에 관한 유력한 데이터가 제한식이 실험에서만 뿐만 아니라 6-20년간 667-80,082명의 다양한 연령 그룹의 남녀를 모니터링한 population-based prospective(인구군거예측) 연

구들에서도 제시되었다. 이 중 US Health Professional's Follow-Up Study, Finnish Alpha-Tocopherol, Beta-Carotene Cancer Prevention Study, US Nurse's Health Study (14-year and 20-year follow-up) 및 Dutch Zutphen Elderly Study 등이 대표적이다. 이들 연구는 일관되게 TFA 섭취와 CHD 위험률 간에 강한 양의 상관관계를 보였다. 반면에 흥미 있는 사실은 SFA 섭취와 CHD 위험률 간에는 더 약한 상관관계가 보고되었다. 예를 들어, US Nurse's Health Study에서 에너지의 5%에 해당하는 SFA를 cis-unsaturated fat으로 대체했을 때는 CHD 위험률이 42% 감소했는데 에너지의 2%에 해당하는 TFA를 cis-unsaturated fat으로 대체했을 때 CHD 위험률이 53%나 감소하였다. 즉 TFA 섭취량을 조금만

줄여도 CHD 위험률을 상당히 많이 감소시킬 수 있음을 의미한다.

TFA 섭취는 혈장 지질 및 지단백 농도에 영향을 미치며 혈장지질과 지단백 농도 조성의 변화는 동맥경화성 심혈관 질환의 위험률을 증가시키는 것으로 설명되고 있다. TFA는 지단백과 LDL 콜레스테롤을 높이고 HDL 콜레스테롤을 낮춘다고 보고되었으며, TFA의 이러한 효과는 지단백간에 콜레스테롤 에스테르를 교환하는 콜레스테롤 에스테르 전이 단백질(CETP)의 활성을 증진시키기 때문인 것으로 보고되고 있다(Mensink RP 등 2003, Ascherio A 등 1999). 미국에서는 심혈관 질환 사망자의 약 7~8%가 트랜스지방 소비량에 기인한다고 보고되었다(Mensink R와 Katan M 1990).

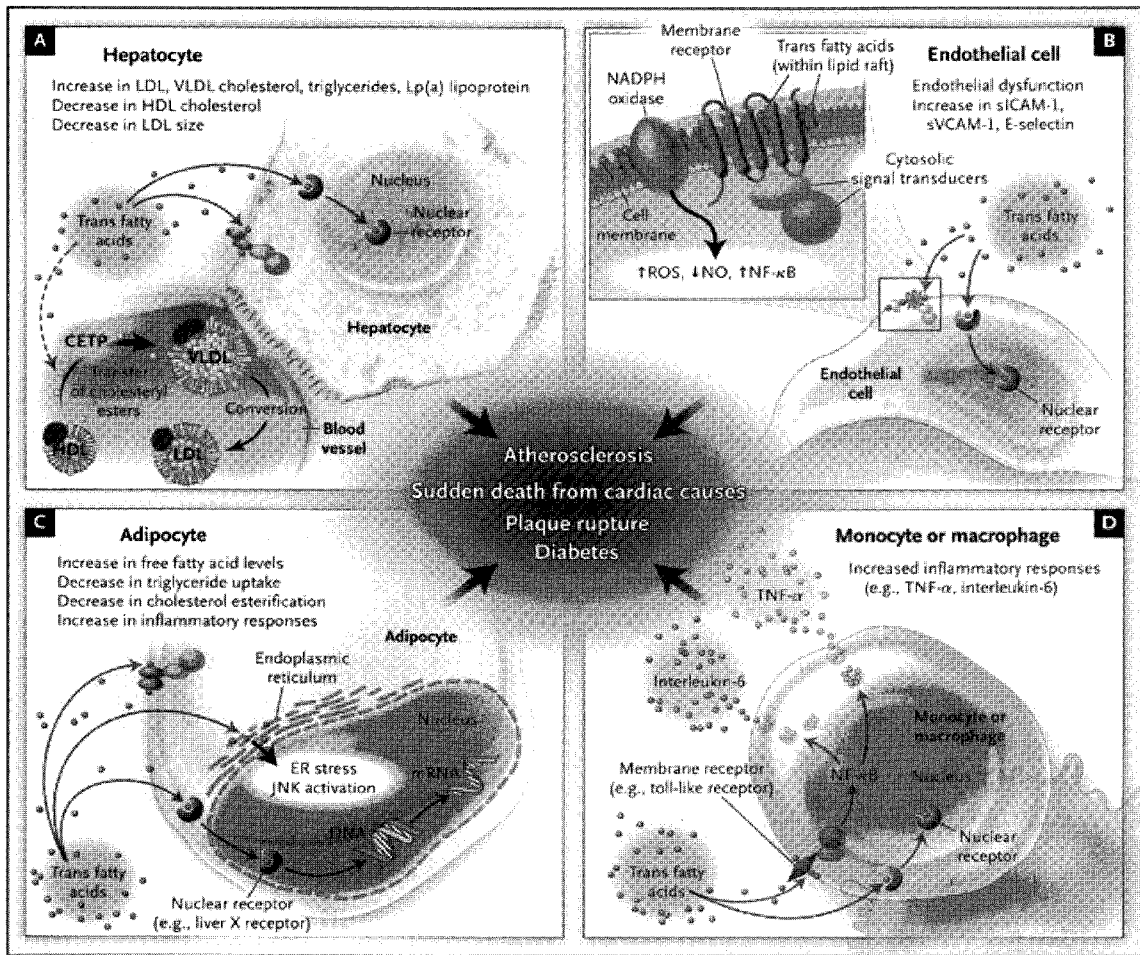


Fig. 3. Potential physiological effects of trans fatty acids.

출처 : Mozaffarian D, Katan MB, Ascherio A, Stampfer MJ, Willett WC. 2006. Trans fatty acids and cardiovascular disease. N Engl J Med. 354: 1601-1613

#### 4) 암과의 관계

TFA가 간암 및 유방암에 있어 시스 지방산보다 높은 발암 촉진 효과를 보였으며 특히, 유방암 발병률은 동일한 조건에서 시스와 TFA의 영향을 비교할 때 시스 지방산은 5%인데 반해 TFA는 20%로 현저하게 높았다고 보고되었다(Bakker N 등 1997). 그러나 일부 학자들은 TFA와 발암과의 역학적, 실험적 연구 둘 다에서 타당한 관계를 증명할 수 없었다고 하였으며(Hunter JE 등 1985), 동물 연구에서도 TFA의 발암 역할은 제시되지 않았다(Petrek JA 등 1997). 이상에서와 같이 TFA와 암이나 면역체계와의 관계에 대하여는 불확실하고 연구도 매우 미흡한 실정이므로 앞으로 사람에게 있어 TFA가 종양 발생에 미치는 영향에 관한 더 많은 연구가 계속되어야겠다.

#### 5) 반추동물 유래 트랜스지방의 영향

반추동물 유래 TFA 섭취와 CHD 위험률간의 관계를 밝히고자 4개의 prospective 연구가 행해졌는데 어떤 연구에서도 유의한 양의 상관관계를 보이지 않았고 오히려 3개의 연구에서 유의하지는 않지만 음의 상관관계를 보였다(Turpeinen AM 등 2002). 산업적으로 생산된 TFA와 달리 반추동물 유래 TFA가 CHD와 위험률을 높이지 않는 이유는 섭취량이 낮거나(일반적으로 총 에너지 섭취량의 0.5% 이하), 생물학적 작용이 서로 다르거나(일부 다른 이성질체 함유) 아니면 육류나 낙농제품 중에 TFA 작용을 억제하는 다른 성분이 함유되어 있을지도 모른다. 이런 가정에 대한 향후 연구가 필요하지만 지금까지 밝혀진 결과들에 의하면 반추동물 유래 TFA는 건강에 해로운 영향을 주지 않고 오히려 Fig. 4와 같이conjugated linoleic acid(CLA)로 생체 내 전환됨이 보고되었다(Turpeinen AM 등 2002). 그러나 CLA에 대한 유용성도 아직 결론지어진 것이 아니므로 이에 대한 추후 연구가 요구된다.

### 5. 트랜스지방에 대한 세계적 규제 현황 및 대책

영양성분의 적정 섭취량을 결정할 때 섭취에 따른 유익과 위해를 동시에 고려해야 한다. TFA가 혈청지질이나 염증반응에 미치는 위해와 심혈관질환, CHD, 심장질환에 의한 돌연사, 당뇨병 등과 관련하여 위해요소로서의 작용 가능성이 점차 강력히 입증되고 있고 이는 지금까지 관심의 대상이었던 다른 식품 오염물질이나 농약보다

도 위해정도가 더 큰 것으로 간주하게 되었다. 더구나 부분경화유 유래 TFA는 칼로리 이외엔 아무런 영양적 가치를 갖고 있지 않으므로 영양학적 관점의 섭취 적정량을 정하기보다는 최대 허용량 개념으로 접근하는 것이 타당하다. 총에너지 섭취량의 1~3%에 해당하는 소량을 트랜스지방으로 섭취해도 건강에 해로운 영향을 줄 수 있으므로(Hunter JE 2005) 하루 총 에너지섭취량이 2,000 kcal라고 할 때 약 20~60 kcal, 즉 지방으로 환산할 때 2~7 g의 트랜스지방을 섭취해도 건강에 해로운 영향을 줄 수 있다. 따라서 이런 부작용을 거의 완전히 줄이고 위험을 최소화 하려면 총에너지 섭취량의 0.5% 이하로 섭취량을 줄여야 한다.

TFA가 건강에 미치는 영향에 대하여 70년대 중반에 이미 문제제기가 있었으나 그 동안 각 국은 이 문제를

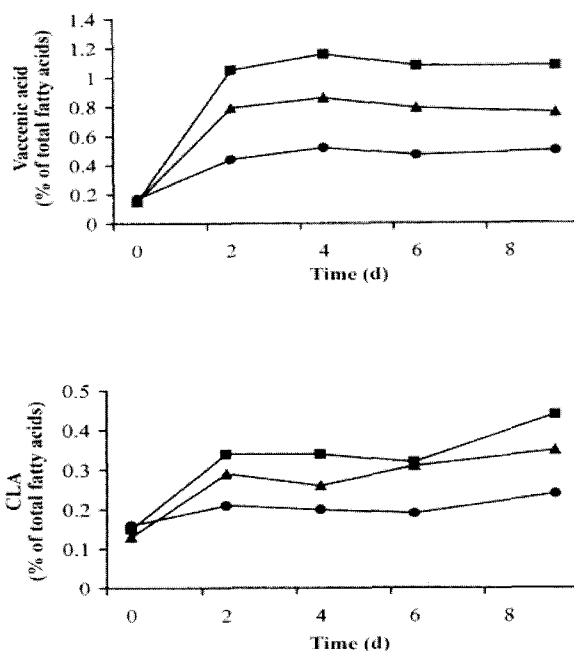


Fig. 4. Changes in plasma vaccenic acid and conjugated linoleic acid(CLA) in subjects who consumed diets providing 1.5 g(●; n=10), 3.0 g(▲; n=10), or 4.5 g(■; n=10) vaccenic acid daily.

출처 : Turpeinen AM, Mutanen M, Aro A, Salminen I, Basu S, Palmquist DL, Griinari JM. 2002. Bioconversion of vaccenic acid to conjugated linoleic acid in humans. Am J Clin Nutr 76: 504 - 510

심각하게 받아들이지 않았고 적절한 대응책도 마련하지 못하였다. 그 후 2002년 미국의 FDA는 “TFA의 함량과 LDL-콜레스테롤 사이에 분명한 상관관계가 있음”을 발표하고 가능한 TFA의 섭취를 적게 할 것을 권장하였다(Moss J 2006). 만일 식품제조업체가 마가린에서 TFA를 제거하고 가공 식품의 트랜스지방 함량을 3% 이하로 낮추면 매년 미국에서 5천명을 살릴 수 있다고 제시하였으며 이를 근거로 모든 식품 라벨에 트랜스지방 함량 표시를 의무화해야 한다고 주장하였다. 이후 미국은 2006년 1월부터 모든 식품의 포장에 영양 성분과 더불어 트랜스지방의 함량을 의무적으로 표시토록 조치하였다. 표시단위는 0.1 g 단위로 하며 1회 제공량 기준으로 0.5 g 이하인 경우 “트랜스지방이 없다(Trans fat free)”고 표시할 수 있도록 하였다. 캐나다 정부도 2005년 12월부터 가공식품과 패스트푸드의 영양표시 항목에 트랜스지방의 함유량을 표시하도록 하였다(Table 3). 따라서 현재 전 세계적으로 식품 표시에 “트랜스지방”, “경화유” 표시를 의무화하거나, 트랜스지방 기준을 설정하는 등 규제를 강화하는 추세이고 식품업계에서는 가공식품 중 트랜스지방의 저감화 노력이 활발히 진행 중이다. 덴마크에서는 2004년부터 강제적으로 자국내 생산 및 수입된 식품에 대해 부분경화유 유래 트랜스지방 함량을 2% 이하로 규정함으로써 사실상 부분경화유를 사용할 수 없도록 하였다(Leth T 등 2005). 따라서 규제 이후 저지방마가린이나 스낵류, 패스트푸드 등에는 부분경화유 대신 시스형의 불포화지방으로, 쿠키나 제빵류에는 열대 식물성유에서 유래된 포화지방이나 완전경화유로 대체하였지만 전체적으로 포화지방의 소비량은 증가하지 않았다고 한다. 또한 정부와 기업 대표간에 이런 변화가 식품의 품질이나 가격, 가공적성 등에 그다지 현저한 변화를 초래하지 않았다는 사실에도 동의하였다. 현재 덴마크에 있는 미국계 패스트푸드점의 프렌치프라이나 치킨

너겟에는 트랜스지방이 거의 함유되어 있지 않지만 미국 내에서 팔리는 같은 식품에서는 5~10g의 트랜스지방이 함유되어 있다(Leth T 등 2005). 세계보건기구(WHO)도 하루 섭취열량 중 트랜스지방에서 기인하는 열량은 1%를 넘지 않도록 권고하고 있는데 예를 들어 하루 2,000 kcal를 섭취할 경우 트랜스지방은 약 2.2 g 미만을 섭취해야 한다.

이와 동시에 국내에서도 최근 식품중의 트랜스지방 함량의 모니터링 결과를 발표함과 더불어 언론의 문제 제기로 식품중의 트랜스지방 함량을 낮추는데 총력을 기울이고 있다. 한국은 2007년 12월 1일부터 트랜스지방 함량을 의무적으로 표시하도록 예정되어 있다. 2007년 6월에 고시된 식품공전의 ‘식품 등의 표시기준 개정안’에 의하면 식품 1회제공량 기준으로 트랜스지방 함량이 0.2 g 미만인 경우(식용유지류의 경우 2 g/100 g 미만)에만 TFA 함량을 0으로 표시할 수 있도록 하였고 무트랜스지방(Trans fat free)임을 강조하려고 할 경우엔 식품 100 g당 포화지방 5 g 미만과 트랜스지방 0.2 g 미만을 충족해야 한다고 규정함으로써 0.5 g 미만이면 “Trans fat free”로 표시할 수 있는 미국이나 캐나다 보다 훨씬 강력한 안을 제시하고 있다.

### III. 결 론

자연에 존재하는 유지의 이중결합은 cis 형태로 수소가 결합되어 있으나 버터나 라드 등의 포화지방을 대체하기 위해 식물성유에 수소를 첨가하여 제조한 부분경화유는 경화과정에서 일부가 trans 형태로 전화되기도 한다. 유지의 이중결합에 수소의 결합이 서로 반대 방향에 위치한 지방산을 TFA라 부르고 이런 지방산을 함유하는 지방을 트랜스지방이라 한다. TFA는 자연적으로 반추동물의 위에서 세균의 적응반응의 결과로 일부 생성되며, 식용유지의 탈취공정이나 200℃

Table 3. Regulations for trans fat in many countries.

	미국	덴마크	캐나다	프랑스	영국	WHO
규제 또는 권고사항	제품에 함유된 TF 총량을 라벨에 표시	TF 2 g을 초과하지 말 것	미국과 동일	과자 및 빵류 중 중량 100 g당 TF 1 g미만	TF 1일 섭취량 4.4 g 미만 권고	하루섭취열량중 1% 이하 TF 섭취 (2.2 g/2,000 kcal)
TF free 조건	0.5 g/serving 미만	1 g/100 g 미만	미국과 동일	-	-	-
적용시기	06.1.	03.6.	05.12.	06.1.	-	-

\* TF : trans fat

\* 출처 : Ha J, Seo D. 2006. Trans fat in foods. Food Science and Industry 39(2): 18-23



이상의 튀김과정, 100 kGy 이상의 방사선 조사 등 식품의 가공과정 중에도 소량 생성된다.

트랜스지방은 경화공정을 거쳐 생산된 쇼트닝, 마가린과 이들 부분경화유를 이용하여 생산된 전자렌지용 팝콘이나 도넛, 튀김용 냉동감자, 초콜릿 가공품, 비스킷류, 감자튀김, 케익류의 지방성분을 통하여 섭취되고 있다. 1인당 하루 트랜스지방 섭취 현황을 살펴보면 미국이 5.3 g로 가장 높고 유럽이 2~4 g이었으며 한국의 경우 전통식으로 식사시 0.6 g 정도였다.

TFA는 혈중 지질대사에 관여하여 LDL 콜레스테롤은 높이고 HDL 콜레스테롤은 낮추며 필수지방산의 생합성을 방해하고 체내 염증반응을 증가시켜 여러 가지 질환의 위험인자가 된다. 특히 관상동맥심장병(CHD)에 대한 위험성은 섭취 에너지의 1~3%의 소량을 트랜스지방으로 섭취하더라도 위험할 수 있으므로 에너지 섭취량의 0.5% 이하나 가능한 최소한으로 섭취하도록 권고하고 있다.

트랜스지방의 위험이 밝혀지면서 미국과 유럽은 국가 차원에서 트랜스지방의 표시제도를 도입하여 모든 식품에 대하여 트랜스지방 함량을 의무적으로 표시하도록 하거나 일부 국가에서는 부분경화유의 사용을 금지하고 있다. 우리나라도 2007년 12월 1일부터 트랜스지방의 함량을 의무적으로 표시하도록 하는데 식품 1회제공량 기준으로 트랜스지방 함량이 0.2 g 미만인 경우만 0으로 표시할 수 있도록 하여 0.5 g 미만인 미국이나 캐나다 보다 훨씬 강력한 기준을 설정하고 있다.

위에서 언급한 기준을 만족하는 저트랜스지방 또는 무트랜스지방 제품 생산을 위한 가장 중요한 요건은 합리적인 가격에 포화지방 함량의 증가 없이 현재 제품과 동등한 가공적성을 제공할 수 있어야 한다. 또한 인위적 수소화를 통해 얻어진 부분경화유 유래 TFA가 아닌 반추동물에서 자연적으로 생성된 TFA의 경우 건강에 유해하다고 보기 어려우므로 TFA 함량표시의 일괄적 적용으로 인해 유용한 영양소의 공급원인 우유 등의 유제품 소비가 위축될 수 있으므로 축산물 유래 TFA에 대한 심도 깊은 연구와 차별화된 트랜스지방 함량 표시 기준 설정이 요구된다.

### 참고문헌

Ackman RG, Mag TK. 1998. Trans fatty acids and the potential

for less in technical products. In: Sebedio JL, Christie WW, eds. Trans fatty acids in human nutrition. Dundee, UK: The Oily Press. pp 35-58

Ascherio A, Katan MB, Zock PL, Stampfer MJ, Willett WC. 1999. Trans fatty acids and coronary heart disease. *N Engl J Med* 340(12): 1994-1998

Bakker N, van't Veer P, Zock PL, the Euramic Study Group. 1997. Adipose fatty acids and cancers of breast, prostate and colon: An ecological study. *Int J Cancer* 72(4): 587-596

Craig-Schmidt MC. 2006 World-wide consumption of trans fatty acids. *Atherosclerosis Supplements* 7(1): 1-4

Daniel DR, Thompson LD, Shriver BJ, Wu C-K, Hoover LC. 2005 Nonhydrogenated cottonseed oil can be used as a deep fat frying medium to reduce trans-fatty acid content in french fries. *J Am Dietetic Association* 105(12): 1927-1932

Eckel RH, Borra S, Lichtenstein AH, Yin-Piazza SY. 2007. Understanding the complexity of trans fatty acid reduction in the American diet. American Heart Association trans fat conference 2006: Report of the trans fat conference planning group.

Emken EA. 1984. Nutrition and biochemistry of trans and positional fatty acid isomers in hydrogenated oils. *Annu Rev Nutr* 4(2): 339-348

Formo MW. 1979. Fats in the diet. In: Swern D, ed. *Bailey's industrial oil and fat products*. New York, NY, John Wiley and Sons. pp 233-270

Geißler C, Brede O, Reinhardt J. 2003. cis-trans-Isomerization of unsaturated fatty acids during  $\gamma$ -irradiation of barley grains. *Radiation Physics and Chemistry* 67(2): 105-113

Ha J, Seo D. 2006. Trans fat in foods. *Food Science and Industry* 39(2): 18-23

Hu FB, Manson JE, Willett WC. 2001. Types of dietary fat and risk of coronary heart disease. *J Am Coll Nutr* 20(1): 5-19

Hunter JE. 2005. Dietary levels of trans-fatty acids: basis for health concerns and industry efforts to limit use. *Nutr Research* 25(4): 499-513

Hunter JE, Ip C, Hollenbach EJ. 1985. Isomeric fatty acids and tumorigenesis: a commentary on recent work. *Nutr Cancer* 7(10): 1999-2005

Leth T, Bysted A, Erendah-Mikkelsen A. 2005. The effect of the regulation on trans fatty acid content in Danish food. *First International Symposium on Trans Fatty Acids and Health, Rungstedgaard, Denmark, September* p 11-13

Lichtenstein AH, Ausman LM, Jalbert SM, Schaefer II. 1999. Effects of different forms of dietary hydrogenated fats on serum lipoprotein cholesterol levels. *N Engl J Med* 340(10): 1933-1940

Malmros H, Wigand G. 1957. The effect on serum cholesterol of diets containing different fats. *Lancet* 273(1): 1-7

Mann G. 1994. Metabolic consequence of dietary trans fatty acids. *Lancet*. 343: 1268-1271

Mattson FH, Hollenbach EJ, Klingman AM. 1975. Effect of

- hydrogenated fat on the plasma cholesterol and triglycerides of man. *Am J Clin Nutr* 28(6): 726-731
- Mensink R, Katan M. 1990. Effect of dietary trans fatty acids on high density and low-density lipoprotein cholesterol levels in healthy subjects. *N Engl J Med* 323(4): 439-445
- Mensink RP, Zock PL, Kester AD, Katan MB. 2003. Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. *Am J Clin Nutr* 77(9): 1146-1155
- 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* 482-483(4): 551-556
- Moss J. 2006. Labeling of trans fatty acid content in food, regulations and limits-The FDA view. *Atherosclerosis Supplements* 7(1): 57-59
- Mozaffarian D, Katan MB, Ascherio A, Stampfer MJ, Willett WC. 2006. Trans fatty acids and cardiovascular disease. *N Engl J Med* 354(4): 1601-1613
- Nelson GJ. 1998. Dietary fat, trans fatty acids and risk of coronary heart disease. *Nutr Rev* 8(2): 250-252
- Petrek JA, Hudgins LC, Ho M, Bajorunas DR, Hirsch J. 1997. Fatty acid composition of adipose tissue and indication of dietary fatty acids and breast cancer prognosis. *J. Clin Oncol* 15(4): 1377-1380
- Ren YF, Alam SQ, Alam BS, Keefer IM. 1988. Adenylate cyclase and beta-receptors in salivary glands of rats fed diets containing trans fatty acids. *Lipids* 23(2): 304-312
- 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(4): 599-608
- Tarrago-Trani MT, Phillips KM, Lemar LE, Holden, JM. 2006. New and existing oils and fats used in products with reduced trans fatty acid content. *J Am Dietetic Association* 106(6): 867-880
- Turpeinen AM, Mutanen M, Aro A, Salminen I, Basu S, Palmquist DL, Griinari JM. 2002. Bioconversion of vaccenic acid to conjugated linoleic acid in humans. *Am J Clin Nutr* 76(3): 504 - 510
- Valenzuela A, Morgado N. 1999 Trans fatty acid isomers in human health and in the food industry. *Biol Res* 32(2): 273-287
- Wolff RL, Precht D, Molkenstein J. 1998. Occurrence and distribution profiles of trans-18:1 acids in edible fats of natural origin. In: Sebedio JL, Christie WW, eds. *Trans fatty acids in human nutrition*. Dundee, UK: The Oily Press. pp 1-33

---

(2007년 12월 5일 접수, 2007년 12월 5일 채택)