

산 · 학 · 연 논문단

Trans 지방산이 인체에 미치는 영향

김소희[†] · 노경희* · 문정원** · 송영선*

동주대학 식품과학계열, *인제대학교 식품과학부, **부산여자대학 식품영양과

Trans fatty acids effects in Humans

So-Hee Kim[†], Kyung-Hee Noh*, Jung-Won Moon** and Young-Sun Song*

School of Food Science, Dongju College, Pusan 604-715, Korea

*School of Food Science, Inje University, Kimhae 621-749, Korea

**Dept. of Foods & Nutrition, Pusan Women's College, Pusan 614-053, Korea

서 론

최근 국외에서 건강 위해와 관련하여 *trans* 지방산에 대한 관심이 대두되고 있다. *Trans*형의 지방산은 *cis*형의 불포화지방산을 가진 천연의 식물성 유지가 급속 촉매제의 존재 하에서 수소가스에 노출되어 마가린이나 쇼트닝과 같은 고체 또는 반고체 상태로 경화될 때 인공적으로 생성되거나 반추동물의 위 장관에서 생합성을 통해 천연적으로 합성되므로 우유 및 유제품과 육류 등의 가공 식품에 함유되어 있다(1,2). 경화된 식물성유지는 용점과 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 포화지방산보다 인체에 유용하다고 생각되어 왔고, 따라서 관상동맥 질환이나 동맥경화를 예방하기 위해 버터 대신 많이 이용되고 있는 실정이다. 그러나 최근의 연구결과들은 *trans* 지방산의 섭취가 관상동맥 질병이나 동맥경화 등의 질환을 더욱 악화시키는 결과를 초래한다고 보고하고 있으며(1-7), 역학조사 결과 또한 *trans* 지방산이 관상동맥질환과 밀접한 관계가 있음을 보여주고 있다(1-2,7). 지방산 합성에 관련된 효소들은 고도의 특이성을 가지고 있으며, 천연지방산의 이중결합 수와 위치가 다른 이성체들이 지방산 대사, 세포막 인지질 조성, 프로스타글란딘을 포함한 에이코사노이드 합성에 영향을 미칠 수 있기 때문에(8-10) *trans* 지방산을 식이로서 장기간 섭취하는 것은 심각한 생리적 기능의 변화를 초래할 지 모른다는 우려가 있어 왔다.

미국에서는 최근 *trans* 지방산의 잠재적인 위해에 대한 논쟁이 있으며, 식이로부터 *trans* 지방산의 섭취를 감소시

키기 위한 방법을 모색하고 있다(11). 특히, *trans* 지방산 함량이 높은 식품의 섭취를 피한다거나, 가공식품 또는 식품 속의 *trans* 지방산 함량을 food labeling한다거나, 식품의 가공과 생산 공정에서 *trans* 지방산 함량을 감소시키는 방법 등에 관하여 연구 중이다.

따라서 본고에서는 *trans* 지방산의 생성과정, 인체에 미치는 영향, *trans* 지방산을 함유한 식품과 섭취수준을 살펴보고자 한다.

Trans 지방산의 구조 및 생성

Trans 지방산의 구조

이중결합을 가진 불포화 지방산은 *cis* 구조와 *trans* 구조로 나뉘어지며, *trans* 이중결합은 *cis* 구조의 불포화지방산에서 탄소원자와 결합하는 2개의 수소원자가 탄소골격의 반대측에 위치하여 이중결합을 형성하므로 전형적인 *cis* 이성체의 구조와는 대조적으로 *trans* 지방산의 이중결합은 각이 더 작고 아실 사슬은 직선 모양이며 높은 용점을 가진 딱딱한 분자가 된다(11,12)(Fig. 1). *Trans* 지방산은 *cis* 구조의 불포화지방산보다는 포화지방산과 더 유사하게 대사되며, 이것은 둘 다 유사한 직선상의 사슬 구조에 기인하는 것으로 생각된다.

Vergrosen(13)은 유지 중의 지방산이 *cis* 형에서 *trans* 지방산으로 전환함에 따라 소화 흡수율이 저하된다고 보고하였으며, 菅野(14)는 *trans* 지방산이 불포화지방산보다 포화지방산에 가까운 입체배치를 보여주므로, 용점은 *cis* 지방산보다 다소 높으나 이중결합의 위치에 따라 차이가 있다고 보고하였다.

[†]Corresponding author. E-mail: shkim@dongju.ac.kr
Phone: 051-200-3250, Fax: 051-200-3223

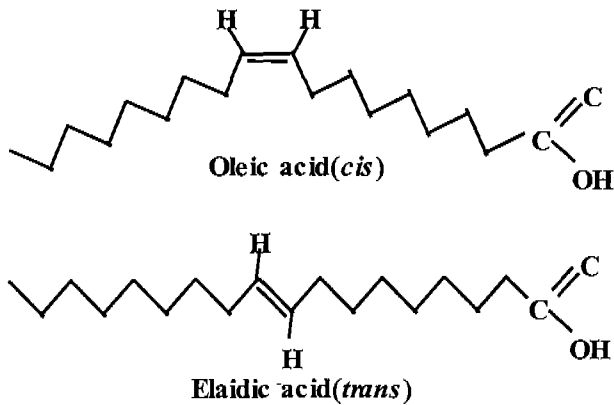


Fig 1. Structure of *cis* and *trans* fatty acids.

Hydrogenation

Cis 구조의 지방산에 수소 첨가시 이들의 *trans* 이성체가 생성되는데 이는 천연에 존재하지 않는 *trans* 구조의 지방산이 인공적으로 생성되며 천연의 지방산과는 다른 성질을 나타낸다(12). Smmerfeld 등(15)은 *trans* 지방산은 필수지방산의 활성을 가지지 않으며, “비생리적” 또는 “비정상적” 물질로 정의하였다(16).

일반적인 경화과정은 수소가스 존재 하에서 촉매제로서 니켈을 사용하며 그 결과 이중결합의 위치가 변하거나 포화되어지므로 경화의 단계가 증가할수록 다가 불포화 지방산이 감소하고 단일 불포화지방산과 *trans* 지방산이 증가한다(11,17). 경화과정은 적절한 온도, 압력, 시간, 촉매제 그리고 바람직한 지방조성과 기능을 가진 생산품을 얻기 위해 지방 또는 지방 공급원의 선택에 의해 조절되며, 경화의 결과는 경화의 단계와 사용한 유지의 종류에 따라 다르고, 그 물리적 성질 또한 아주 다양하다. 특히 융점이 증가하여 올레산(C18:1,9c), 엘라이드산(C18:1,Δ9t), 스테아르산(C18:0)의 융점을 비교하면 각각 13°C, 44°C, 70°C이다.

경화유 중의 *trans* 지방산과 그들의 이성체 생성

FDA는 경화된 지방이란 상온에서 고체인 경우로 *trans* 지방산을 15~25%이상 함유하며 부분적인 경화유는 상온에서 액체상태이고 *trans* 지방산 함량이 더 낮은 것으로 정의하였다(11).

한편 각종 식품과 식물성유, 마가린 중의 *trans* 지방산의 농도는 공정정도과 형태에 따라 다양하여(18) 마가린에는 65%의 *trans* 지방산을 함유한 제품도 있으나(17), 기타 경화식품들의 *trans* 지방산 함량은 총 지방산의 0.1~40%범위(18)로 식품을 만들 때 사용하는 원료 등에 따라 함량이 다양한 것으로 알려져 있다(17,18).

경화된 식물성지방에는 올레산(C18:1)과 리놀레산

(C18:2)의 이성체들이 20여종 이상 존재한다고 알려져 있으며(19), Federation of American Societies for Experimental Biology(이하 FASEB)의 review panel 또한 *trans* 지방산의 이중결합 위치가 유지의 영양적 특성을 좌우 할 수 있다고 기술하였다(20). 마가린의 *trans*-octadecaenoic acid에서 이중결합의 위치는 대부분의 *trans* 결합이 n-8, n-9, n-10에서 나타났으며, n-4와 n-14에도 분포되어 있었다(21). 즉, 같은 식물성유지를 사용하더라도 제품을 만드는 방법에 따라 *trans* 지방산 함량이나 *trans* 지방산의 위치가 다르게 나타나며, 가공식품들은 제조 조건에 따라 *trans* 이성체들의 종류와 함량이 다르다(22).

식품 속의 *trans* 지방산 생성을 감소시키는 방법

미국에서는 상업적으로 식물성유를 경화시킬 때 *trans* 지방산의 생성을 감소시키거나 생성되지 않게 하는 기술에 대한 연구가 다방면으로 진행되고 있다. 경화과정의 개선(온도, 압력, 시간, 촉매제, 방법, starting oils)은 *trans* 지방산의 형성을 감소시킬 수 있으며, interesterification 과정(액체유와 고체지방의 지방산을 glycerol 분자로 재배열시키는 화학반응)은 가공된 식물성유의 *trans* 지방산 함량을 감소시키기 위한 방법이다. 유전공학에서는 oil의 지방산 조성을 modify하는 것이 진행 중이며 이러한 새로운 식품과학기술은 *trans* 지방산 함량을 감소시키는 중요한 결과가 될 것이며(11) *trans* 지방산의 섭취를 감소시킬 것으로 사료된다.

Trans 지방산의 대사 및 생리활성

Trans 지방산이 필수지방산 대사에 미치는 영향

Trans 지방산은 이성체들의 종류에 따라 다양한 생리학적 기능을 가짐이 보고되고 있으며 conjugated linoleic acid(이하 CLA)는 인체에 바람직한 생리 활성을 나타내는 것으로 알려져 있다(23).

그러나 *trans* 지방산은 필수지방산 대사의 중요한 속도 조절 효소인 Δ6-desaturase의 활성을 저하시켜 정상적인 지질대사를 방해하며(8,9) 리놀레산의 *trans* 이성체는 조직 지방 내에 축적되어 필수지방산의 결핍증상을 악화시킬 뿐 아니라 지방 대사를 변화시켜 쥐에게 *trans-trans* 리놀레산을 투여하면 *cis* 리놀레산을 억제시켜 아라키돈산의 농도가 뚜렷이 감소된다는 보고가 있다(24). 더우기 임신부의 *trans* 지방산 섭취증가는 태아의 필수지방산 대사에 영향을 미쳐 태아의 성장을 저해할 수 있으며(5,8,9), 모유에 존재하는 포로스타글란딘 함량을 감소시키고 뇌 세포의 수초화를 감소시켜 유아에게도 좋지 못한 영향을

미칠 수 있다고 보고되고 있다(25). 또한 *trans* 지방산은 혈소판 응집력에도 영향을 주며(6) 건강한 어린이들에게 있어서 필수지방산의 하나인 아라키돈산의 생합성을 방해한다고 보고되고 있다(11,26,27). 다량의 *trans* 지방산이 함유된 지방 식이는 지단백 내에 *trans* 지방산을 결합시켜 동물 체내의 필수지방산 결핍을 초래하며(25) 이에 따라 성장률 감소, 심근 수축성의 감소, 비정상적인 thrombocyte 응집이 일어나고(28) O'Keefe 등(29)은 *trans* 지방산이 사람의 혈소판에서 C20:4 ω-6 대사를 저해하는 사실을 확인하였다. 그리고 *trans* 지방산의 대사산물인 *cis*, *trans* 리놀레산 이성체들의 이중결합 구조는 desaturase, elongase와 아실전이효소 활성화에 영향을 미치며, *cis*, *trans* 20:4 대사산물은 프로스타글란딘 대사에 영향을 주거나 프로스타글란딘 또는 류코트라이엔 이성체를 합성할 수 있고(30), 프로스타글란딘 합성과 cyclooxygenase를 감소시킨다고 하였다(11,31).

세포막 조성 및 유동성에 미치는 영향

불포화지방산의 구조적 특징이 세포막 유동성에 결정적인 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 여러 연구에서 식이 지방산이 기관의 지질에 축적되며 면역세포의 인지질에 incorporation되어 막의 유동성에 영향을 주고 세포표면의 interaction에 영향을 미침이 보고되었다(11). 또한 식이성 엘라이드산이 토끼 심장의 포스파티딜콜린과 포스파티딜 에타놀아민의 지방산 조성을 변화시키고, 그 결과 PUFA 조성의 변화를 일으켰음이 알려져 있다(11). 20%의 경화된 대두유를 함유한 식이를 토끼에게 제공하였을 때 세포막과 관련된 효소의 활성이 저하되었으며(32), Ostlund 등(33)도 역시 식이 *trans* 지방산이 막의 효소에 영향을 미친다는 사실을 확인하였다. Emken(25)은 돼지에게 경화된 콩기름을 먹었을 때 동맥경화증 및 세포막 기능에 바람직하지 못한 영향을 준다고 했다.

Yu 등(28)은 식이 중의 linolelaidate 섭취시 heart despite에 있는 단백질의 양을 저하시키는 것을 보았으며 이것은 수용체와 같은 기능적 단백질과 심장의 효소계의 수준 뿐 아니라 심장 세포 조직에 영향을 미칠 수 있다는 결과를 보고하였다.

심혈관 질환에 미치는 영향

여러 연구자들에 의하면 *trans* 지방산의 섭취량과 관상동맥질환에 의한 사망률간에는 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났으며(7), 지방조직에 있는 *trans* 이성체의 농도와 심근경색증으로 인한 사망률, 혈장의 *trans* 지방산의 농도와 동맥경화와의 관계 또한 유의성이 있다고 보고하였다(7).

Trans 지방산 섭취는 혈장 지질 및 지단백 농도에 영향을 미치며 혈장지질과 지단백 농도 조성의 변화는 동맥경화성 심혈관 질환의 위험을 증가시키는 것으로 설명되고 있다(4,34,35). *Trans* 지방산은 지단백(a)[이하 Lp(a)]과 low density lipoprotein(이하 LDL) 콜레스테롤을 높이고 high density lipoprotein(이하 HDL) 콜레스테롤을 낮춘다고 보고되었으며(34,35), *trans* 지방산의 이러한 효과는 지단백간에 콜레스테롤 에스테르를 교환하는 콜레스테롤 에스테르 전이 단백질(이하 CETP)의 활성을 증진시키기 때문인 것으로 보고되고 있다(35). Mensink 등(36)은 천연유지와 *trans* 지방산의 대사를 비교 실험한 결과 *trans* 지방산 섭취는 LDL-콜레스테롤을 현저하게 증가시킨 반면 HDL-콜레스테롤은 감소시켰다(1-3,25,35). 또한 에너지의 10%를 올레산 대용으로 *trans* 지방산을 섭취시켰을 때 LDL-콜레스테롤 증가와 HDL-콜레스테롤 감소를 보였으며 포화지방은 LDL-콜레스테롤은 증가한 반면 HDL-콜레스테롤은 감소하지 않는 결과를 보였고 HDL-콜레스테롤에 대한 총 콜레스테롤 비는 *trans* 지방산이 포화지방산보다 약 2배의 불리한 효과를 보였다(34). 이상의 여러 연구 결과를 보면 *trans* 지방산은 혈장의 LDL-콜레스테롤 농도를 증가시키고 HDL-콜레스테롤 농도를 감소시키는 것으로 사료된다.

Zock 등(35)은 *trans* 지방산 함량이 높은 마가린은 버터와 유사한 콜레스테롤 농도를 나타냈다고 보고하였으며 Framingham Heart Study 역시 마가린의 소비수준과 관상질환으로 인한 사망률은 정비례의 관계에 있음을 확인하였다(2).

동물연구에서 *trans* 지방산이 지질대사의 효소계에 미치는 영향으로는 acyl cholesterol acyl transferase(이하 ACAT)를 포함하며, 낮은 기질로 인한 레시틴 콜레스테롤 아실 전이효소(이하 LCAT)의 감소와 *cis* 이중결합을 가진 지방산과 비교시 CETP의 증가 등이 나타났으며(35), 혈압과 고혈압에는 변화가 없는 것으로 보고되었다(11). *Trans* 지방산 섭취로 인한 apo B와 apo A-I의 변화(21)와 Lp(a) 증가 또한 보고되었다(4). 미국에서는 심혈관 질환 사망자의 약 7-8%가 *trans* 지방산 소비량에 기인한다고 보고되었다(2).

암과의 관계

암과의 상관성에 관한 연구로서 *trans* 지방산 섭취량이 암으로 인한 사망률과 관련이 있다는 보고가 있었고(37), Selenskar 등(38)은 *trans* monoenoic acid가 간암 및 유방암에 있어 *cis* 지방산보다 높은 발암 촉진 효과를 보였으며 특히, 유방암 발병률은 동일한 조건에서 *cis*와 *trans* 지방산의 영향을 비교시 *cis* 지방산은 5%인데 반해 *trans*

지방산은 20%로 현저하게 높았다고 보고하였다. Sugano 등(39)은 *trans* 지방산이 성장률에 영향을 미치며 장시간에 걸친 고온 가열처리로 인하여 유리상태로 되고 변화된 성분은 장내에서 암을 유발한다고 하였으며, Hopkins 등(37)은 *trans* 지방산의 산화생성물이 위암과 대장암의 요인이 될 수 있다고 보고하였다. 그러나 Hunter 등(40)은 *trans* 지방산과 tumorigenesis와의 관계 연구에서 역학적, 실험적 연구 둘 다에서 타당한 관계를 증명할 수 없었다고 하였으며, 동물 연구에서 *trans* 지방산의 발암 역할은 제시되지 않았다(11). 이상에서와 같이 *trans* 지방산과 암이나 면역체계와의 관계에 대하여는 불확실하고 연구도 매우 미흡한 실정이므로 앞으로 사람에게 있어 *trans* 지방산이 종양 발생에 미치는 영향에 관한 더 많은 연구가 계속되어야 하리라 생각된다.

Trans 지방산의 급원

천연 *trans* 지방산 급원

Trans 지방산은 반추동물의 위 장관에서 생합성을 통해 천연적으로 합성되므로 우유 및 유제품과 육류 등에 함유되어 있으며 *trans* 지방산의 주 형태는 11*t*~18:1(vaccenic acid)이다(1,2). 그리고 상대적으로 아주 소량이기는 하나 6종의 식물에서 punicic acid(9*c*, 11*t*, 13*c*-18:3)가 함유되어 있다는 보고(11)가 있다.

천연적으로 생성되는 *trans* 지방산은 체내에서 인공적으로 생성되는 *trans* 지방산과는 조금 다른 기작을 나타낼 것으로 여러 연구자들이 생각하고 있다.

가공식품의 *trans* 지방산 함량

국외에서는 식품 속의 *trans* 지방산 함량에 대한 database가 구축되어 있으며(41,42), 가공식품 속의 함량에 대한 연구 분석이 활발하게 이루어지고 있는 데(27,43-46) 최근 미국 시장에서 판매되는 식물성지방으로 만든 많은 제품들의 *trans* 지방산 함량이 감소되어지는 경향이다(11).

식품 속의 *trans* 지방산 함량은 아주 다양하며, 같은 식품류라도 사용하는 원료와 제조자에 따라 *trans* 지방산 함량은 각각 다르다(22,46,47). 예를 들어 최근 미국에서 생산되는 마가린의 경우 tub 마가린의 *trans* 지방산 함량은 11~28%이나 stick 마가린은 19~49%로 현저하게 높은 수준이다(11). 우리나라에서 생산된 가공식품의 *trans* 지방산 함량은 마가린류가 0.8~25.2%, 크래커와 쿠키류는 0.8~25%, 어육류 가공품은 0~8.9%, 닭튀김류는 0~14.6%와 프렌치 프라이드류는 5.2~18.8%로 다양한 함량을 나타낸 반면 라면류, 땅콩류, 초코렛류와 젓갈류에서는 검출되지 않았으며 같은 종류의 식품에서도 다양한 범

위를 보였다고 하였다(47).

미국의 식사에서 *trans* 지방산의 주요 급원으로 *trans* 지방산을 37% 함유한 빵류, 36%를 함유한 닭튀김 및 프렌치 프라이드류, 스낵류(35%), imitation cheese(38%), 마가린류(11-49%) 및 과자류(27%)로 보고되었다(11). 우리나라 여고생들의 *trans* 지방산 섭취의 주요 급원은 식품 항목을 과자류, 인스턴트식품(냉동식품과 스프류), 튀김류, 우유 및 유제품, 어육류와 가공품, 유지류, 양념류, 빵류 등 8개의 식품군으로 분류하였을 때 과자류(37.5%), 빵류(28.7%), 우유 및 유제품(17.2%), 튀김류(9.7%) 등의 순으로 나타났다(48).

Trans 지방산 섭취수준

Fig 2에서는 미국에서 1909년부터 1992년까지의 지방성 식품의 연간 소비량을 보여주는데 버터, 라드, tallow 등의 동물성 지방 소비가 감소하는 동시에 샐러드와 cooking oils와 쇼트닝 등의 식물성유의 소비가 증가하는 경향을 알 수 있다(11).

Trans 지방산 섭취수준에 대한 연구 또한 국외에서는 활발하게 진행되고 있다(2,22). Table 1은 국외의 여러 국가에서 1978년부터 1993년까지의 조사 결과 얻어진 연령별 *trans* 지방산 섭취수준을 제시하였는데, 각 연령층에 따라 다양한 섭취수준을 보이고 또한 그 섭취수준은 계속 증가하는 경향을 보여준다. 가장 섭취수준이 높은 연령층은 10대들로 나타났고 표에서 나타난 바와 같이 미국의 10대 여학생들의 1일 *trans* 지방산 섭취수준은 1990년에 13g에서 1993년에는 30g 이상으로 추정되며 현저한 섭취 증가를 보여준다.

Trans 지방산 섭취수준이 높을 것으로 예상되는 우리나라 여고생을 대상으로 섭취빈도조사를 실시한 결과 1일 평균 4.24g 정도 섭취하는 것으로 분석되었다(48). 이는

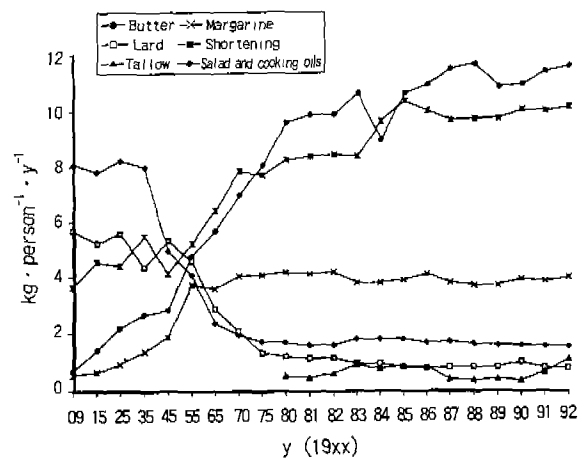


Fig. 2. Consumption of visible fats in the United States 1909-1992 (11).

Table 1. *Trans* fatty acid consumption and availability data published estimates of *trans* fatty acid availability¹² and consumption³ in various countries

		Gram/person/day	Percent of total fat	Reference
Canada	Average	9.1	9.5	Brisson (1981)
	Maximum	17.5	18.2	Brisson (1981)
England	Average	12.0	10.8	Gurr (1983)
	Maximum	27.0	24.3	British Nutrition Foundation (1987)
Germany	Rang	4.5-6.5	NA	Heckers (1979)
Holland	Average	17.0	12.6	Brussaard (1986)
Sweden	Average ²	5.0	5.0	Akesson et al (1981)
United States	Average ¹	12.1	7.8	Enig et al (1978)
	Average ¹	11.4	7.3	Applewhite (1979)
Adult (F)	Average	9.7	11.8	Craig-Schmidt et al (1984)
Adolescent (F)	Average	3.1	6.5	Van den Reek et al (1986)
	Range	0.4-8.0	1.8-17.2	
	Average ¹	13.3	8.0	Enig et al (1990)
Adults (20-65ys)	Range	1.6-38.7	5-15	
	Average ²	14.9	8.0	Enig et al (1991)
Teenager (F)	Average ²	>30.0	>26.0	Enig (1993)

¹Available for total population, estimated from government fats and oils availability data and known *trans* fatty acids levels in foods

²Available for selected from government fats and oils availability data and known *trans* fatty acids levels in foods

³Consumption based on food records and analytical data.

Mary G.Enig, Ph.D., F.A.C.N.Director, Nutritional Sciences Division Enig Associates, Inc. (1995, 4, 17)

1990년 원 등(49)의 우리 나라 여대생의 1일 *trans* 지방산 섭취량이 0.63g이라는 보고와 비교해 보면 현저히 증가한 것이나 외국에 비해 *trans* 지방산 섭취수준은 비교적 낮은 편이며 염려 할 수준은 아니라고 사료된다. 그러나 90분위 수 학생의 섭취량을 보면 안심할 수 있는 것만은 아닌 것으로 나타났고(48) 경제 발달과 더불어 지방섭취가 증가할 것으로 생각되므로 앞으로 *trans* 지방산에 대한 더 많은 관심과 연구가 필요한 것으로 사료된다.

Table 2에서 보듯이 *trans* 지방산 섭취는 조사방법에 따라 다양한 섭취수준을 보여주며 연간 식품의 생산량과 소비량으로 추정된 *trans* 지방산 섭취수준은 식이 섭취 조사에 의한 섭취수준보다 높게 나타났다. 같은 식물성유지로부터 만들어지는 마가린류에서도 제조공정과 제조방법에 따라 *trans* 지방산 수준은 차이가 나므로 가공식품의 매출규모를 토대로 *trans* 지방산 섭취수준을 조사하는 것은 과소 혹은 과대 평가를 초래 할 수 있다.

우리 나라 국민의 1일 *trans* 지방산 섭취수준에 대하여 식품공업협회에서 발표한 바에 의하면 1998년에 우리 나라에서 생산, 소비된 마가린(39,113톤)과 쇼트닝(38,003톤)을 기준으로 하여 총 인구수(4,500백만)로 나누어 계산하였을 때 1일 1인당 *trans* 지방산 섭취량은 0.41 g으로 추정되었다. 그러나 마가린과 쇼트닝의 종류에 따라 원료유와 제조 공정이 다르고 *trans* 지방산 함량이 다양하기 때문에 마가린과 쇼트닝 등의 생산량만으로 *trans* 지방산 섭취수준을 추정하는 것은 바람직하지 않으며 우유와 유제품, 육류 등의 식품에서 천연적으로 생산되는 *trans* 지

방산 섭취수준이 포함되지 않았으므로 실제 섭취량보다 낮게 평가된 것으로 사료된다(48).

Table 3은 *trans* 지방산의 식자 급원을 2군(식물성유를 인공적으로 경화시켜 생성된 *trans* 지방산군과, 유제품, 반추동물의 지방에 함유되어 있는 천연적으로 생성된 *trans* 지방산군)으로 분류시 미국인의 연간 *trans* 지방산 섭취량은 8.1~12.8 g/일로 에너지 섭취의 2~4%를 차지하며 식물성유를 경화시켜 인공적으로 생성된 *trans* 지방산에서 섭취하는 비율이 총 *trans* 지방산 섭취의 80~90%를 차지하는 것을 보여준다. 우리 나라 여고생의 *trans* 지방산 섭취수준을 섭취빈도조사를 실시하여 분석한 결과는 1일 *trans* 지방산 섭취수준은 섭취열량의 1.82%로 추정되었고 식물성유를 경화시켜 인공적으로 생성된 *trans* 지방산에서 섭취하는 비율이 80%정도로 나타났다(48). 이는 바쁜 생활 속에서 전통적인 식생활이 서구적인 식생활 형태로 변화 등으로 인해 fast food나 instant food의 소비가 급속하게 증가하고 있고 이러한 가공식품에는 식품의 안정성과 shelf-life 연장 등의 이유로 식물성유지를 경화시킨 지방이 사용되기 때문으로 사료되며 앞으로 섭취수준은 더욱 더 증가할 것으로 예상된다.

결 론

국외에서는 *trans* 지방산의 건강 위해 효과에 관한 연구와 가공식품의 *trans* 지방산 함량 및 섭취수준에 대한 조사가 활발하게 행해지고 있으며(22,46), 특히 미국에서는

많은 연구자들이 Food and Drug Administration(이하 FDA)에 *trans* 지방산 함량 표시를 의무화해야 한다고 요

구해 왔고(7), 1999년 11월 FDA는 식품 속의 *trans* 지방산 함량을 식품에 표기하는 것을 제안하였다.

Table 2. Estimated per capita consumption of dietary *trans* fatty acids in United States^a

Basis for estimate (Reference)	Total dietary fat (g/d)	Average percentage of total fat (%)	Average intake of <i>trans</i> fatty acids (g/d)
Disappearance data (Senti)	99.5	10.3	10.2
Availability data (Enig et al)	125.0	10.3	12.8
Availability data (Hunter et al)	NA ^b	NA	8.1
Analysis of formulated diets from normal food (N=5) (Craig-Schmidt et al)	83.0	11.8	9.7
Analysis of self-selected diets, breast-feeding mothers (N=11) (Aitchison et al)	54.0	5.0	2.7
Diet records, adolescent females (N=8) (Van den Reek et al)	58.8	5.3±0.44 ^c	2.8±0.26 ^c
Duplicate diet analysis, adolescent female (N=8) (Van den Reek et al)	52.3	5.3±0.36 ^c	2.6±0.22 ^c
Food frequency questionnaire (N=115 females) (London et al)	63.5	4.8±1.6 ^d	2.8±1.6 ^d
Food frequency questionnaire (N=748 males) (Troisi et al)	62.6	5.5	3.4±1.2 ^d
Food frequency questionnaire (N=220 males and 62 females) (Ascherio et al ^e)	90.0	4.2	3.8±2.0 ^d
Food frequency questionnaire (N=187 males and 52 females) (Ascherio et al ^f)	101.0	4.6	4.6±2.6 ^d
Adipose data (N=115 females) (London et al ^g)	63.5	8.8±2.6 ^d	5.6±1.7 ^d
Adipose data (N=76 males) (Hudgins et al)	105.0	7.2±2.0 ^d	7.6±2.1 ^d

^aThis table summarized from Table 3 of Kris-Etherton et al.

^bNA=not applicable

^cMean±Standard deviation

^dMean±Standard deviation

^eSubjects without clinical evidence for coronary heart disease

^fSubjects with clinical evidence of myocardial infarction

^gData on the fat present in the cells of adipose tissue of the participants in the study

^hFor calculation of dietary *trans* fatty acids, percent *trans* in adipose tissue was multiplied by 2.0. Adipose tissue data used: 4.4±1.1% *trans* and 3.6±1.0% *trans* (total *trans* 18:2 conjugated diene)

Table 3. Estimated per capita consumption of dietary *trans* fatty acids in United States¹

Basis for estimate, reference, and fat source	Total dietary fat (g/d)	Percentage of total fat ² (%)	<i>Trans</i> fatty acids intake (g/d)
Disappearance data (Senti et al)			
Vegetable oil	58.0	13.8	8.0
Animal and dairy foods	41.5	5.3	2.1
Total diet	99.5	10.3	10.2
Availability data (Enig et al)			
Vegetable oil	62.9	18.6	11.7
Animal and dairy foods	62.1	1.8	1.1
Total diet	125.0	10.3	12.8
Availability data (Hunter et al)			
Vegetable oil	-	-	6.8
Animal and dairy foods	-	-	1.3
Total diet	-	-	8.1

¹Values are averages.

²As *trans* fat

이에 반해 국내에서의 *trans* 지방산에 관한 연구는 아직 초보단계에 있다고 볼 수 있으며 현재의 식생활 패턴과 변화의 추세를 볼 때 앞으로 *trans* 지방산의 섭취수준은 상당히 증가 될 것으로 예상된다. 따라서 가공식품을 비롯한 각종 식품 중의 *trans* 지방산 함량을 분석하여 기초 자료화하는 한편 *trans* 지방산의 영양적, 생리적 특성에 대한 지속적인 관심과 연구가 필요하며 더 나아가 국민의 건강관리차원에서 *trans* 지방산 섭취수준을 확립하여 제시하여야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- Ascherio, A. and Willet, C. : Health effects of *trans* fatty acids. *Am. J. Clin. Nutr.*, **66(s)**, 1006 (1997)
- Shapiro, S. : Do *trans* fatty acids increase the risk of coronary artery disease? A critique of the epidemiologic evidence. *Am. J. Clin. Nutr.*, **66(s)**, 1011 (1997)
- Bethesda, M.D. : Position paper on *trans* fatty acids. *Am. J. Clin. Nutr.*, **63**, 63 (1996)
- Aro, A., Jauhiainen, M., Partanen, R., Salminen, I. and Mutanen, M. : 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 (1997)
- Calson, S.E., Clandinin, M.T., Cook, H.W., Emken, E.A. and Filer, L.T. : *Trans* fatty acids infant and fetal development. *Am. J. Clin. Nutr.*, **66**, 717 (1997)
- Almendingen, K., Seljeflot, I., Sandstad, B. and Pedersen, J.I. : Effects of partially hydrogenated fish oil, partially hydrogenated soybean oil, and butter on hemostatic variables in men. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, **16**, 375 (1996)
- Singha, R.B., Niaza, M.A., Ghosha, S. Beegoma, R., Rastogia, V., Sharma, J.P. and Dubeb, G.K. : Association of *trans* fatty acids (vegetable ghee) and clarified butter (Indian ghee) intake with higher risk of coronary artery disease in rural and urban populations with low fat consumption. *International Journal of Cardiology*, **56**, 289 (1996)
- Anderson, R.L. : Oxidation of the geometric isomer of 9-octadecanoic acid by rat-liver mitochondria. *Biochem. Biophys. Acta.*, **144**, 68 (1967)
- Luther, S.J. : The effects of *trans* fatty acids on essential fatty acid metabolism. *Food Sci. and Technol.*, **42**, 261 (1981)
- Kinsella, J.E., Bruckner, G., Mari, J. and Shimp, J. : Metabolism of *trans* fatty acids with emphasis on the effects of *trans*, *trans*-octadecadienoate on lipid composition, essential fatty acid, and prostaglandins : an overview. *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**, 2307 (1981)
- ASCN/AIN Task Force on *trans* fatty acid, position paper on *trans* fatty acid. *Am. J. Clin. Nutr.*, **63**, 663 (1996)
- Kris-Etherton, P.M. and Yu, S. : Individual fatty acid effects on plasma lipids and lipoproteins : human studies. *Am. J. Clin. Nutr.*, **65(s)**, 1628 (1997)
- Vergrosen, A.J. and Gottenbos, J.J. : The role of fat in human nutrition, An introduction, Academic Press, New York, **9**, (1975)
- 菅野道廣. : *食品の加工が營養科學*, 朝倉書店., pp.66 (1986)
- Smmerfeld, M. : *Trans* unsaturated fatty acid in natural products and processed foods. *Prog. Lipid Res.*, **22**, 221 (1983)
- Harper, H.A., Rodwell, V.W. and Mayes., P.A. : Review of physiological chemistry. *Lange Medical Publications.*, **17th** eds. p333 (1997)
- Smith, L.M., Dunkley, W.L., Frank, A and Dairiki, T. : Measurement of *trans* and other isomeric unsaturated fatty acids in butter and margarine. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **55**, 257 (1978)
- Nair, J., Moorecroft, J. and Mishkel, M.A. : Fatty acid composition of margarines. *Am. J. Clin. Nutr.*, **29**, 331 (1976)
- Senti, F.R. : *Health aspects*. Bethesda, MD (Contract no. FDA (223-83-2020) (1988)
- Senti, F.R. : Health aspects of dietary *trans* fatty acids. *Federation of American Societies for Experimental Biology*, Bethesda, MD (Contract no. FDA 223-83-2020) (1985)
- Marchand, C.M. and Beare-Rogers, J.L. : Complementary techniques for the identification of *trans trans*-18:2 isomers in margarines. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.*, **1124**, 159 (1992)
- Enig, M.G., Atal, S., Keeney, M. and Sampugna, J. : Isomeric *trans* fatty acids in the US diet. *J. Am. Coll. Nutr.*, **9**, 471 (1990)
- Ip, C. : 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(s)**, 1523 (1997)
- Kochhar, S.P. and Matsui, T. : Essential fatty acids and *trans* contents of some oils, margarine and other food fats. *Food Chem.*, **13**, 85 (1984)
- Emken, E.A. : Nutrition and biochemistry of *trans* and positional fatty acid isomers in hydrogenated oils. *Annu. Rev. Nutr.*, **4**, 339 (1984)
- McDonald, R.E., Armstrong, D.J. and Kreishman, G.P. : Identification of *trans* diene isomers in hydrogenated soybean oil by gas chromatography, silver nitrate-thin layer chromatography, and ¹³C-NMR spectroscopy. *J. Agric. Food Chem.*, **37**, 637 (1989)
- Ahn, M.Y. and Ahn, M.S. : A study on *trans* fatty acids contents of vegetable oils added to can. *Korean J. Soc. Food Sci.*, **5**, 69 (1989)
- Yu, P.H., Mai, J. and Kinsella, J.E. : The effects of dietary *trans*, *trans* methyl octadecadienoic acid on composition and fatty acids of rat heart. *Am. J. Clin. Nutr.*, **33**, 598 (1980)

29. O'Keefe, S.F., Lagarde, M., Grandirard, A. and Sebedio, L. : *Trans* -3 eicosapentaenoic acid docosahexaenoic acid isomers exhibit different inhibitory effects on arachidonic acid metabolism in human platelets compared to the respective *cis* fatty acid. *J. Lipid Res.*, **31**, 1241 (1990)
30. Subbaiah, P.V., Subramanian, V.S. and Liu, M. : *Trans* unsaturated fatty acids inhibit lecithin : Cholesterol acyltransferase and alter its positional specificity. *J. Lipid Res.*, **39**, 1438 (1998)
31. Astrorg, P.O. and Chevalier, J. : Polyunsaturated fatty acids in tissues of rats fed trielaidin and high or low levels of linolenic acid. *Lipids*, **22**, 1025 (1987)
32. Ren, Y.F., Alam, S.Q., Alam, B.S. and Keefer, I.M. : Adenylate cyclase and bata-receptors in salivary glands of rats red diets containing *trans* fatty acids. *Lipids*, **23**, 304 (1988)
33. Ostlund-Lindquist, A.M., Albanus, I. and Croon, I.B. : Effect of dietary *trans* fatty acids on microsomal enzymes and membranes. *Lipids*, **20**, 620 (1985)
34. Mensink, R.P., Zock, P.L., Katan, M.B. and Hornstra, G. : Effect of dietary *cis* and *trans* fatty acids on serum lipoproteina levels in humans. *J. Lipid Res.*, **33**, 1493 (1992)
35. Zock, P.L. and Katan, M.B. : Hydrogenation alternatives effects of *trans* fatty acids and stearic acid versus linoleic acid on serum lipids and lipoproteins in humans. *J. Lipid Res.*, **33**, 399 (1992)
36. Mensink, R.P. and Katan, M.B. : Effect of dietary *trans* fatty acids on high-density and low-density lipoprotein cholesterol levels in healthy subjects. *N. Engl. J. Med.*, **323**, 439 (1990)
37. Hopkins, G.J. and West, C.E. : Possible roles of dietary fats in carcinogenesis. *Life Sciences*, **19**, pp.1103 (1976)
38. Selenkas, S.L., Ip, M.M. and Ip, C. : Similarity between *trans* fat and saturated fat in the modification of rat mammary carcinogenesis. *Cancer Res.*, **4**, 1321 (1984)
39. Sugano, M., Ryu, K. and Ide, T. : Cholesterol dynamics in rats fed *cis*- and *trans* octadecenoate in the form of triglyceride. *J. Lipid Res.*, **25**, 474 (1984)
40. Hunter, J.E., Ip, C. and Hollenbach, E.J. : Isomeric fatty acids and tumorigenesis : a commentary on recent work.. *Nutr. Cancer*, **7**, 1999 (1985)
41. USDA. *Trans* fatty acids database. <http://www.nal.usda.gov>
42. Schakel, S.F., Harnack, L., Wold, C., Heel, N. and Himes, J.H. : Incorporation of *trans* fatty acids into a comprehensive nutrient database. *J. Food Composition and Analysis*, **12**, 323 (1999)
43. Pfalzgraf, A., Timm, M. and Steinhart, H. : Amounts of *trans* fatty acids in foods. *Z. Er hrungswiss*, **33**, 24 (1993)
44. Parceria, J., Codont, R., Boatella, J. and Rafecas, M. : Fatty acids including *trans* content of commercial bakery products manufactured in Spain. *J. Agric. Food Chem.*, **47**, 2040 (1999)
45. Kennerly, D.A. : Two dimensional thin-layer chromatographic separation of phospholipid molecular species using plates with both reversed phase and argentation zones. *J. Chromatography*, **454**, 425 (1988)
46. Greyt, W., Radanyi, O., Kellens, M. and Huyghebaert, A. : Contribution of *trans* fatty acids from vegetable oils and margarines to the Belgian diet. *Eur. J. Med. Res.*, **17** : 1, 105 (1995)
47. 노경희, 이교연, 문정원, 이미옥, 송영선 : 한국인 상용가공 식품의 *trans* 지방산 함량. 한국식품영양과학회지, **28**, 1191 (1999)
48. 노경희, 문정원, 송영선 : 섭취빈도 조사법에 의한 부산지역 여고생의 *trans* 지방산 섭취수준. 한국식품영양과학회지, **29**, 957 (2000)
49. Won, J.S. and Ahn, M.S. : A study on contents of *trans* fatty acids in food served at University dormitory and their composition. *Korean J. Nutr.*, **23**, 19 (1990)