

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/324054807>

# Risk assessment of trans fat

Book · December 2016

---

CITATIONS

0

---

READS

561

4 authors, including:



Jisuk Yun

Re&C Bio.

35 PUBLICATIONS 178 CITATIONS

SEE PROFILE



2016

# 트랜스지방 위해평가

Risk Assessment of Trans Fat



식품의약품안전처

식품의약품안전평가원



**2016**

# **트랜스지방 위해평가**

**Risk Assessment of Trans Fat**



# 차례

용어설명	1
요 약	5
<b>제1장</b>	<b>위해평가 개요 9</b>
1.1	위해평가의 목적 10
1.2	위해평가의 범위 및 수행방법 10
<b>제2장</b>	<b>위험성 확인(Hazard Identification) 11</b>
2.1	일반적 특성 12
2.2	물리·화학적 특성 14
2.3	노출원 및 노출경로 15
2.4	체내 동태 16
2.5	독성 17
<b>제3장</b>	<b>위험성 결정(Hazard Characterization) 21</b>
<b>제4장</b>	<b>노출평가(Exposure Assessment) 23</b>
4.1	대상 식품 선정 및 식품별 대표 조리법 선정 24
4.2	시료 수집 26
4.3	식품시료 전처리(preparation) 27
4.4	분석 방법 28
4.5	분석 결과 32
4.6	1일 인체노출량 평가 34
<b>제5장</b>	<b>위해도 결정(Risk Characterization) 39</b>
<b>제6장</b>	<b>결 론 41</b>
<b>제7장</b>	<b>참고문헌 45</b>



## 용어설명

**ATSDR:** Agency for Toxic Substance and Disease Registry 미국 독성물질 질병등록국

**BMDL:** Benchmark Dose Lower Confidence Limit. BMD 중 95% 신뢰구간의 하한치

**EFSA:** European Food Safety Authority 유럽 식품안전청

**EPA:** Environmental Protection Agency 미국 환경청

**FSA:** Food Standards Agency 영국 식품기준청

**LC50:** Lethal concentration 50% 반수치사농도, 검체를 실험동물에 흡입노출 시켰을 때 실험동물의 50%가 죽는 검체 노출농도. 단위는 mg/L 또는 ppm.

**LD50:** Lethal dose 50% 반수치사용량. 시험물질을 실험동물에 투여하였을 때 실험동물의 50%가 죽는 투여량. 단위는 체중 kg당 mg.

**Subacute toxicity, Subchronic toxicity:** 아급성독성, 아만성독성. 비교적 단기간(보통 1개월 ~ 3개월 정도)의 연속 또는 반복 투여로 발생하는 독성.

**검출한계(Limit of Detection, LOD):** 규정된 분석방법으로 분석할 때 검사시료에 존재하는 분석대상물질을 확인할 수 있는 최저 검출농도로서 기기상의 검출한계를 의미하는 것은 아님.

**급성노출(Acute exposure):** 단기간의 노출 또는 24시간 이내 노출되었을 때 급속한 발병을 일으키는 경우, 또는 심각한 생물학적 피해를 유발하거나 사망에 이를 수도 있는 독성 성분에 대한 단회 노출 또는 24시간 이내 노출을 뜻함.

**급성독성(Acute toxicity):** 1회 투여(노출) 또는 단기간(하루 종일~ 2주간 정도)에 여러 차례 투여로 인해 단기간에 발생하는 독성

**급성독성참고치(Acute Reference Dose, aRfD):** 식품이나 음용수를 통한 특정 농약 등 화학물질의 인체에 대한 급성영향을 고려하기 위하여 설정하는 값으로, 인체의 24시간 또는 그보다 단시간의 경구섭취로 건강상 위해성을 나타내지 않는다고 추정되는 양. 단위는 mg/kg b.w./day.



**노출(Exposure):** 일정기간 동안 일정한 빈도로 집단 혹은 개인이 경구 섭취, 호흡하거나 직접 접촉(예, 피부나 눈을 통해)을 통해 화학물질과 접촉하는 양으로 단기노출(급성)과 장기노출(만성)로 구분됨.

**노출평가(Exposure assessment):** 위해평가 4단계 중 세 번째 단계로, 식품 등을 통하여 섭취된 위해요소의 인체노출허용량 등을 정량적 및(또는) 정성적으로 산출하는 과정. 독성인자에 노출된 인구 집단의 특성과 크기, 노출의 규모와 기간을 파악(현재와 미래의 예상 노출을 모두 평가하기도 함)하며, 노출평가에서 중요한 요소는 노출 가능성이 있는 사람의 수, 노출경로 및 빈도, 기간, 연령 및 성, 특이 조건(예, 임산부 및 소아, 노인, 기존 질병, 해당 집단의 생활양식 등)의 분포임.

**노출안전역(Margin of Exposure, MOE):** NOAEL, BMD 등과 같이 독성이 관찰되지 않는 기준 값을 인체노출량으로 나눈 값으로, 화학물질이 적절하게 관리되고 있는지 혹은 여러 가지 화학 물질 중 우선관리 대상을 선정하는 등의 위해관리를 지원할 때 사용함.

**다양성(Variability):** 각 개체나 특정 그룹 간에서 나타나는 차이로, 사람 및 시간, 장소에 따른 이질성 때문에 다양성이 발생하며, 노출 추정치의 정밀도와 이의 일반화 정도에 영향을 줄 수 있음. 다양성의 유형으로는 공간적 다양성, 시간적 다양성, 개인 간 다양성이 있음.

**단일값 분석(Determination Analysis or Point Analysis):** 건강상 위해수준의 발생 가능성을 파악하기 위하여 대상물질의 농도나 식품소비량 자료로부터 단일값(평균값, 중간값, 극단값)을 적용하여 노출량을 산출.

**독성참고치(Reference Dose, RfD/Reference Concentration, RfC):** 민감군을 포함하여 인구 집단에서 일생 동안 뚜렷한 유해영향이 나타나지 않을 것으로 예측되는 일일경구노출허용량/일일호흡노출허용농도(RfD/RfC)로서 동물실험 혹은 인체역학연구에서 확인된 NOAEL 및 LOAEL, BMD에 사용된 자료의 한계를 반영하기 위한 불확실성 계수 및 추가 수정계수(modifying factor, MF)를 적용하여 도출됨. 일반적으로 미국 환경청(EPA)의 비발암성 건강 평가에 사용함.

**모니터링(Monitoring):** 위해평가의 목적에 부합되게 식품 중 위해요소의 노출정도를 조사하는 것.

**벤치마크용량(Benchmark dose, BMD):** 용량-반응 모델을 근거로 계산되는 값으로 어떤 독성에 대해 사전에 정한 척도나 생물학적 영향(benchmark response, BMR)의 변화가 대조군에 비해 5% 혹은 10%의 유해한 영향이 나타나는 용량. 단위는 mg/kg b.w./day.

**비역치(non-threshold):** 위해요소가 발암성 물질이면서 유전독성을 가지므로 역치를 산정할 수 없는 경우를 의미함. 미생물의 경우 단일 병원균이 감염을 일으킬 수 있다는 것과 감염을 일으킬 수 있는 확률이 독립적이라는 가정을 전제로 함.

**불확실성계수(Uncertainty factor, UF):** 동물실험 자료를 활용하여 사람에게 대한 효과를 예측할 때 (예, 종간 차이, 개인간 차이, 상승 작용, 서로 다른 노출 경로) 발생할 수 있는 여러 불확(실)도의 발생원을 감안하여 조정에 활용되는 계수. 불확실성 계수의 값은 독성의 특성, 보호대상 집단의 규모와 유형, 유용한 독성학적 정보의 질적 수준에 따라 달라짐.

**식품섭취량(Food intake):** 식품 종류별로 한 사람이 하루에 평균적으로 섭취하는 양(g/day).

**알랄라(As Low As Reasonably Achievable, ALALA):** 사회적 및 경제적, 기술적, 공공 정책적 이득과 손실을 고려하여 합리적으로 달성 가능한 수준까지 노출량을 낮게 유지하여야한다는 개념.

**역치(Threshold):** 유전독성을 가지지 않는 화학물질에 대해 산출될 수 있는 값으로, 최대무독성량 (NOEL) 및 최소유해용량(LOEL) 등이 포함되며 주로 개념적으로 위해영향이 나타나기 시작하는 값.

**용량-반응(Dose-response):** 투여된 물질의 용량에 따른 변화와 관련된 것으로, 개인(심각성의 변화) 또는 집단(발생율의 변화)의 독성학적 반응 추이.

**위해/위해성(Risk):** 특정집단이 일정기간 동안 유해물질에 노출되어 건강에 위해영향이 나타날 가능성과 그 정도를 말함.

**위해요소(Hazard):** 인체건강에 잠재적인 위해영향을 일으킬 수 있는 식품, 식품첨가물, 기구 또는 용기·포장에 잔류하는 화학적, 미생물학적, 물리적 요소 및 상태 등을 말함.

**위해도 결정(Risk characterization):** 위험성 확인 및 위험성결정, 노출평가 결과를 근거로 하여 평가대상 위해요인이 인체건강에 미치는 위해영향 발생과 위해정도를 정량적 또는 정성적으로 예측하는 과정. 위해평가 전 과정에 고려된 자료를 토대로 위해도를 산출하여 현 노출수준이 건강에 미치는 위해영향을 판단하는 과정으로서 불확실성의 평가를 포함.

**위해평가(Risk assessment):** 식품 등에 존재하는 위해요소에 대한 규명된 노출로부터 발생할 수 있는 위해영향과 발생확률을 과학적으로 예측하는 일련의 과정으로 위험성확인, 위험성결정, 노출평가, 위해도 결정 등 일련의 단계.

**위험성 결정(Hazard characterization):** 동물독성자료, 인체독성자료를 토대로 위해요소의 인체 노출허용량 등을 정량적 및(또는) 정성적으로 산출하는 과정

**위험성 확인(Hazard identification):** 위해요소를 대상으로 인체 내 독성을 나타내는 잠재적인 성질을 과학적으로 확인하는 과정

**인체안전기준(Health based guidance value):** JECFA(식품첨가물전문가위원회) 등에서 평가한 급성독성참고치(aRfD), 일일섭취허용량(ADI), 일일섭취한계량(TDI) 등의 인체안전기준치를 말함. 이들 참고치는 평생 동안의 건강보호를 목적으로 정해져 있으며 안전값을 초과하였을 경우 건강에 영향을 줄 수 있음. 다만 급성독성참고치를 적용하는 경우 물질의 특성 및 노출환경에 따라 건강상 영향을 줄 수 있음.

**일일섭취한계량/일일내용섭취량(Tolerable Daily Intake, TDI):** 환경오염 물질 등과 같이 식품 등에 비의도적으로 혼입되는 물질(중금속, 곰팡이독소 등)에 대해 평생 동안 섭취해도 건강상 유해한 영향이 나타나지 않는다고 판단되는 양. TDI는 특별히 제시되지 않는 한 0-2세 유아의 경우는 제외됨. 단위는 mg/kg b.w./day.

**일일인체노출허용량:** 식품 및 생활환경 등을 통하여 위해요소가 인체에 유입되었을 경우 현재의 과학 수준에서 유해영향이 나타나지 않는다고 판단되는 1일 인체 노출허용량

**정량한계(Limit of Quantification, LOQ):** 어떤 시료에 규정된 분석방법에서 바람직한 확실성을 가지고 정량할 수 있는 화학물질의 최저농도를 말하며, 수치상 유효적인 의미임. 정량하한치 미만이란 정량할 수 있는 정도의 양은 아니라는 의미로 “0(zero)”와는 의미가 다름.

**체중(Body Weight):** 위해평가의 목적에 따라 질병관리본부의 국민건강영양조사, 산업자원부 기술표준원의 한국인의 연령별 체중을 활용하여 한국인 평균체중(전 연령 대상 55kg, 19세 이상 성인 평균체중 60kg)이 사용되고 있음.

**최대무독성량(No Observed Adverse Effect Level, NOAEL):** 독성시험 시 대조군에 비해 바람직하지 않은 영향을 나타내지 않는, 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않은 최대 투여용량. 단위는 mg/kg b.w./day.

# 요약



트랜스지방은 트랜스 구조를 1개 이상 가지고 있는 지방산으로, 가린, 쇼트닝 등 식물성기름을 고체화하기 위하여 경화(hydrogenation)하는 과정이나 식품을 기름에 튀기거나 고온으로 처리할 때 생성된다.

식품의 제조·가공·조리과정 중에 생성되어 잔류되는 유해물질은 미량이라 할지라도 음식을 통해 일생동안 섭취하기 때문에 안전성에 대한 문제가 야기되고 있어 먹거리에 대한 국민들의 불안감이 고조되어 있는 실정이다. 기존 유해물질 모니터링은 조리되지 않은 식품에서 유해물질의 함량을 분석하였고, 이를 토대로 노출량을 평가하여 식품의 조리단계에서 생성되거나 증가 혹은 감소하는 유해물질의 함량을 정확하게 반영하지 못하였다. 이에 본 위해평가에서는 섭취 직전 단계(table-ready)의 식품이나 유해물질 함량 분석을 통해 섭취량을 추정하는 총식이조사(total diet study, TDS)에 근거하여 보다 정확한 1일 노출량을 산출하였으며 건강 위해가능성을 정량적으로 평가하였다.

본 위해평가는 위해평가의 방법 및 절차에 관한 규정, 위해평가지침서에 따라 위험성 확인, 위험성 결정, 노출평가, 위해도 결정의 4단계로 수행하였다. 대상 식품은 2008~2013년(6년) 통합 데이터 베이스를 이용하였으며, 우리 국민의 총 식품 섭취량의 97.4% 및 에너지, 단백질, 지방, 탄수화물 섭취량의 98% 이상을 포괄하는 것으로 나타났다. ‘식품×조리법 pair’에 조리 없이 그대로 섭취하는 식품을 추가하여 최종 1,224 pair 시료(농산물 293건, 축산물 96건, 수산물 233건, 가공식품 581건)를 선정하였다. 식품 중 트랜스지방 분석은 검체 중의 유지를 추출, 가수분해하고 생성된 지방산을 메틸에스테르로 유도체화한 후 기체크로마토그래피-불꽃이온화검출기(GC-FID)를 이용하여 분석하였으며, 전국에서 구매한 시료를 혼합 구성하여 각 식품별 조리법 별로 1개의 시료를 분석하므로 불검출은 ‘0’으로 처리하였다.

총식이조사(total diet study, TDS)에 근거한 위해평가 결과, 트랜스지방의 평균 섭취량은 0.745 g/person/day으로, WHO의 2,000 kcal 식이섭취 시 2.0 g/day 이하 권고치의 37.2%로 안전하게 관리되고 있는 것으로 나타났다. 트랜스지방의 주요 노출식품은 육류의 기여율이 거의 절반 가까이 차지하였으며, 수입우(17.2%), 두부(14.9%), 닭고기(11.3%) 순으로 기여율을 보였다. 트랜스지방의 단위체중당 평균 노출량은 13.7 mg/kg b.w./day이었고, 0.745 g/person/day으로 캐나다, 미국 등 제외국의 트랜스지방 노출량에 비해 낮은 것으로 나타났다. 그러나 식습관이나 환경변화에 따라 노출 수준이 안전 영역을 벗어날 수 있으므로 지속적으로 노출 추이를 지켜 보면서 노출이 증가하는 식품을 중심으로 조리나 제조·가공과정에서 저감화 방법을 찾아 노출을 줄여 나갈 필요가 있다.

트랜스지방의 섭취를 줄이는 방법으로는, 포화지방이나 트랜스지방 함량이 높은 지방(쇼트닝, 마가린, 동물기름, 버터) 대신 불포화지방산 함량이 높은 지방을 선택(올리브유, 카놀라유, 콩기름, 옥수수유, 해바라기씨기름 등)하여 섭취하고, 트랜스지방의 주요 노출식품인 쇠고기, 닭고기 등은 지방함량이 비교적 적은 부위를 섭취하거나 껍질을 제거하고 섭취하는 것이 좋을 것으로 판단된다.



# 제1장 위해평가 개요





## 1.1

## 위해평가의 목적

트랜스지방은 트랜스 구조를 1개 이상 가지고 있는 지방산으로, 마가린, 쇼트닝 등 식물성기름을 고체화하기 위하여 경화(hydrogenation)하는 과정이나 식품을 기름에 튀기거나 고온으로 처리할 때 생성된다. 트랜스지방은 시스형 지방보다 총 콜레스테롤 및 동맥경화를 일으키는 LDL 콜레스테롤의 혈청 내 수준을 증가시키고, 사람의 건강에 좋은 HDL 콜레스테롤의 수준은 감소시켜 심혈관계 질환의 위험률을 증가시키는 것으로 알려져 있다. 기존 유해물질 모니터링은 조리되지 않은 식품에서 유해물질의 함량을 분석하였고, 이를 토대로 노출량을 평가하여 식품의 조리단계에서 생성되거나 증가 혹은 감소하는 유해물질의 함량을 정확하게 반영하지 못하였다. 이에 본 위해평가에서는 섭취 직전 단계(table-ready)의 식품이나 유해물질 함량 분석을 통해 섭취량을 추정하는 총식이조사(total diet study, TDS)에 근거하여 보다 정확한 1일 노출량을 산출하였으며 건강 위해가능성을 정량적으로 평가하였다.

## 1.2

## 위해평가의 범위 및 수행방법

### 1.2.1 위해평가의 범위

식품을 통한 모니터링 자료나 섭취 직전 단계(table-ready)의 식품이나 유해물질 함량 분석을 통해 섭취량을 추정하는 총식이조사(TDS)에 근거한 노출량평가 자료는 제한적이다. 그러므로 본 위해평가에서는 지금까지 보고된 트랜스지방의 위해정보를 바탕으로 위험성 확인 및 위험성 결정을 하고, 총식이조사에 근거한 노출평가 결과를 인체노출안전기준과 비교하여 인체에 미치는 위해 발생가능성을 평가하였다.

### 1.2.2 위해평가 수행 방법

위해평가의 방법 및 절차에 관한 규정, 위해평가 지침서에 따라 위험성 확인, 위험성 결정, 노출평가, 위해도 결정 등의 4단계로 수행하였다.

## 제2장 위험성 확인 (Hazard Identification)



## 2.1

## 일반적 특성

트랜스지방은 트랜스 구조를 1개 이상 가지고 있는 모든 불포화 지방을 말한다. 여기서 ‘불포화지방’은 이중결합이 있는 지방을 말하며, 이중결합이 2개 이상일 때에는 메틸렌기에 의해 분리되거나 또는 비공액형의 이중결합을 가지고 있는 지방으로 한정한다.

유지 중에 함유된 지방성분은 포화지방산과 불포화지방산이 있다. 지방산은 탄소원자가 사슬처럼 길게 연결된 끝부분에 카르복실산(-COOH) 작용기가 있는 분자로 포화란 말은 탄소 사슬에 수소가 최대한 붙어있는 상태, 즉 수소로 포화되었다는 뜻이다. 따라서 포화지방산은 안정한 분자이며 차곡차곡 쌓이기 때문에 실온에서 고체이다. 불포화지방산은中间的 탄소 사슬이 이중결합을 하고 있어 수소가 적게 붙어있는 상태로 분자 내 인력 간의 균형으로 인하여 이 부분이 꺾인 구조를 나타내고 구조적 특성에 의하여 실온에서 액체의 특성을 나타낸다.

포화지방산은 주로 동물성 유지에 많이 함유되어 있고, 불포화지방산은 주로 식물성 기름에 많이 함유되어 있으며 생선기름의 경우 예외적으로 다중불포화지방산이 많이 함유되어 있다. 포화지방산은 과잉섭취 시 심장병이나 비만과 같은 혈관질환의 주요 원인이 되는 반면, 불포화지방산은 혈관 건강에 유익한 것으로 알려져 있다. 그러나 식물성기름인 불포화지방산은 산패가 쉽게 일어나 저장성이 좋지 못하고 대량생산공정의 가공식품의 원료로 사용하기에는 불편함이 많다. 따라서 불포화지방산의 이중결합에 수소를 첨가하여 포화지방산으로 변환시킨 경화유를 개발하여 식품가공에 사용하게 되었다. 말하자면 값비싼 버터 대신 마가린이, 라드 대신 쇼트닝이 개발되어 사용되었다. 이러한 경화유는 오랫동안 실온에 두어도 상하지 않으며 고체 상태이므로 보관 운송에도 안정하다.

그러나 이러한 식물성기름(콩기름, 옥수수기름, 목화씨기름, 팜유)에 수소를 첨가하는 경화과정(Hydrogenation) 중에 일부 불포화지방산의 경우 이들이 가지고 있는 이중결합의 기하학적인 형태가 시스(cis)형에서 트랜스(trans)형으로 바뀌어 트랜스지방이 생성되게 된다.

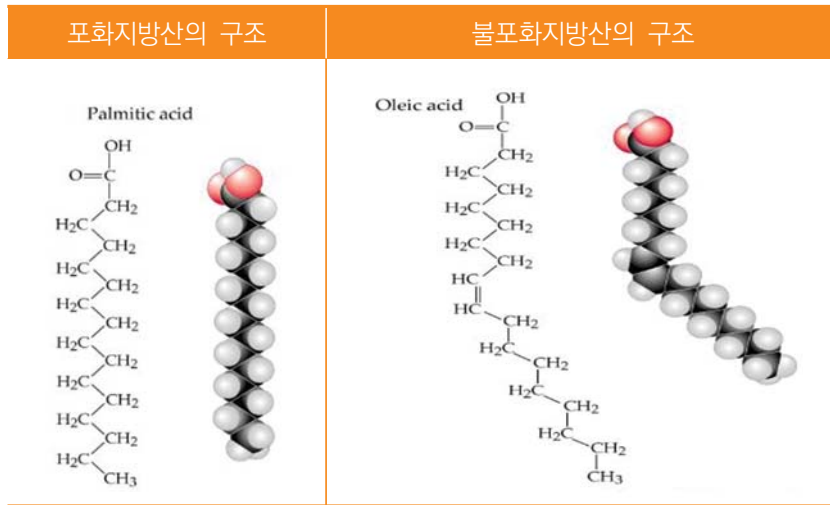


그림 1. 포화지방산과 불포화지방산의 구조

표 1. 동물성 지방과 식물성 지방의 종류 및 조성

Fatty acids	Saturated	Monounsaturated	Polyunsaturated	Cholesterol	Vitamin E
	g/100g	g/100g	g/100g	mg/100g	mg/100g
Animal fats					
Lard	40.8	43.8	9.6	93	0
Butter	54	19.8	2.6	230	2
Vegetable fats					
Coconut oil	85.2	6.6	1.7	0	0.66
Palm oil	45.3	41.6	8.3	0	33.12
Cottonseed oil	25.5	21.3	48.1	0	42.77
Wheat germ oil	18.8	15.9	60.7	0	136.65
Soya oil	14.5	23.2	56.5	0	16.29
Olive oil	14	69.7	11.2	0	5.1
Corn oil	12.7	24.7	57.8	0	17.24
Sunflower oil	11.9	20.2	63	0	49.0
Safflower oil	10.2	12.6	72.1	0	40.68
Rapeseed oil	5.3	64.3	24.8	0	22.21

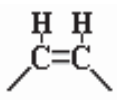
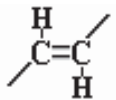
일반적으로 유지 및 유지가공식품에 함유되어 있는 트랜스지방은 현재까지의 연구에 의하면 독성을 가진다는 명백한 증거는 없다. 그러나 사람을 대상으로 한 식이 연구에서 트랜스지방이 시스형 지방산에 비하여 총 콜레스테롤 및 동맥경화를 일으키는 LDL 콜레스테롤의 혈청 내 수준을 증가시키는 반면, 사람의 건강에 좋은 HDL 콜레스테롤의 수준을 감소시킴으로서 많은 양의 트랜스지방을 섭취할 경우 심장질환을 유발할 수 있는 물질로 연구·보고 되고 있다. 이렇듯 트랜스지방의 섭취가 건강에 끼치는 영향에 대하여는 규명해야 할 점은 많으나 현재까지의 연구 및 임상결과를 볼 때, 트랜스지방의 과잉섭취는 관상동맥질환의 위험인자가 될 수 있다는 견해가 지배적이라 할 수 있다. 따라서 세계 여러 나라에서는 자국민들의 트랜스지방 섭취량을 수년간에 걸쳐 지속적으로 조사하여 국민건강과의 관계를 평가하고 있으며, 이러한 위험성 때문에 미국, 캐나다, EU 등 일부 국가에서는 트랜스지방 함량 표시제를 의무화하고 있다.

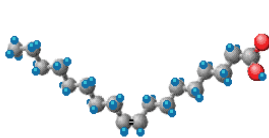
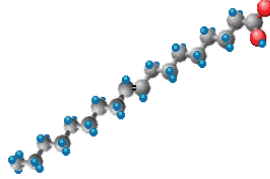
## 2.2 물리 · 화학적 특성

탄소의 이중결합이 트랜스형을 나타내어 삼차원분자구조가 포화지방산과 유사한 구조적 특징을 가지므로 같은 분자량의 시스형 지방산에 비하여 녹는점이 일반적으로 높다.

지방의 구조를 보면 자연 상태에서는 시스형 지방산이 대부분이지만, 열역학적으로 트랜스형이 안정하므로 경화공정이나 가공처리 시 트랜스지방이 생성된다.

표 2. 시스형과 트랜스형 지방의 분자구조 및 물리적 특성 비교

구 분	시스형	트랜스형
분자구조	 Cis Configuration	 Trans Configuration
(예)	<i>cis</i> -9-octadecenoic acid	<i>trans</i> -9-octadecenoic acid

구 분	시스형	트랜스형
Molecular geometry		
	<i>Cis</i> -9-octadecenoic acid (Oleic acid)	<i>Trans</i> -9-octadecenoic acid (Elaidic acid)
분자량	282.4	282.4
녹는점	16.2	43.7

## 2.3 노출원 및 노출경로

식품에 들어있는 트랜스지방은 크게 두 가지 생성 경로로 구분할 수 있다. 첫 번째는 반추동물의 첫째위에서 박테리아 작용으로 자연적으로 생성되는 트랜스지방으로 이 동물들로부터 얻어진 유제품과 육류에 적은 양이 포함되어 있다. 일반 식품 섭취 시 위의 생성기전으로 만들어진 트랜스지방을 완전하게 제거하기는 쉽지 않다. 두 번째는 액체 식물성 기름을 경화(hydrogenation) 또는 부분 경화하는 과정에서 생성되는 트랜스지방으로 소비자가 식품을 통해 섭취하는 트랜스지방의 대부분을 차지한다.

경화 과정 이외에도 식물성 기름의 탈취과정과 정제과정에서도 일부 미량의 트랜스지방이 생성되는 것으로 알려져 있다. 경화 과정을 거치지 않은 식물성 기름 속에도 적은 양의 트랜스지방이 포함되어 있기 때문에 상업적 수소화 공정을 거치지 않더라도 식품을 통한 노출을 완전히 제거하는 것은 불가능하다. 자연적으로 얻어진 지방 중 트랜스지방 함량은 보통 6% 정도인데 비하여 상업적으로 생산된 부분 경화유의 경우 20가지 이상의 올레산(oleic acid) 또는 리놀레산(linoleic acid)의 이성질체가 생성되고 전체 지방 함량 중 30~60%를 차지하게 된다. 그 예로 부분 경화유인 쇼트닝의 트랜스지방 함량은 40% 정도다.

트랜스지방을 비생리적 또는 비정상적인 물질이라고 정의하였으며, 입체적 구조는 리놀레산(linoleic acid)에서 수소( $H^+$ )가 제거되어 자유기(free radical)가 형성될 때 시스-트랜스 및 이중결합의 전위가 일어나고, 이때 생성되는 과산화물의 90% 이상은 공액 이중결합으로 전환된 동시에 시스-트랜스 및 트랜스-트랜스 이성체로의 전환에 의하여 일어난다.

트랜스지방이 체내에서 시스형 지방과 동등한 대사 경로 및 작용을 하는지의 여부는 오래전부터 관심의 초점이 되어 왔다. 랫드의 성장과 체내대사와의 관계에 관한 연구에서 트랜스지방은 대사 에너지 이용 효율이 5% 감소되었고 미토콘드리아의 ATP 합성이 억제되었다.

생체 내에서 트랜스지방의 산화는 시스형 지방과 동등하다고 보고한 바 있으며 트랜스지방이 미토콘드리아, 적혈구 등의 여러 기능에 직접적인 영향을 끼친다. 일반적으로 생체 수준에서 보면 경구 섭취한 트랜스지방의 산화속도는 시스형 지방산과 유사한 속도이나 섭취상태에 따라 트랜스 지방의 산화가 더 용이하며 리놀레산(linoleic acid)의 트랜스 이성체는 에너지원으로서만 이용된다는 보고도 있다.

또한, 리놀레산(linoleic acid)의 트랜스 이성체는 조직 지방 내에서 축적되어 지방 대사를 변화시키며 쥐에게 *trans*-linoleate를 투여하면 *cis*-linoleate를 억제하여 아라키돈산(arachidonic acid)의 농도가 뚜렷하게 감소된다고 하여 앞의 결과와 상반되는 것을 보인다.

다량의 트랜스지방이 함유된 경화지방 식이는 지단백질(lipoproteins) 내에 트랜스지방이 결합되어 동물의 성장률을 감소시키고 세균 감염에 대한 감수성이 증가하며 프로스타글란딘(prostaglandin) 생합성의 감소, 심근 수축성의 감소 및 비정상적인 혈소판(thrombocyte) 응집 등이 발생한다.

## 2.5 독성

유지의 수소 첨가(경화) 공정에서 생성되는 트랜스지방의 영양적, 생리적 효과에 대하여는 많은 관심이 집중되고 있으며 트랜스지방의 산화생성물 중 어떤 것은 동물실험에서 발암, 동맥경화증, 콜레스테롤과의 관계, 프로스타글란딘(prostaglandin)과 체내 대사 등에 유익하지 못한 생물학적 영향을 나타내는 것으로 알려지고 있다.

### 2.5.1 트랜스지방과 동맥경화증 및 콜레스테롤 양

동맥경화 유발성에 관한 초기 연구는 트랜스지방이 콜레스테롤과 직접 관련성이 있느냐에 초점을 두고 있었다. 1931년 동물성 유지에 함유되어 있는 콜레스테롤을 토끼에게 먹이면 동맥경화증이 유발된다는 사실이 처음 보고되었다.

또한 콜레스테롤을 먹인 토끼에서 유발된 관상동맥경화증에 대한 elaidic acid와 trielaidin의 영향에 대한 연구에서 트랜스지방을 섭취한 그룹에서 동맥경화의 발병률이 더 높았으며, 돼지에게 경화된 콩기름을 먹었을 때 동맥경화증 및 세포막 기능에 나쁜 영향을 준다고 지적하였다.

반면에 트랜스지방은 동맥경화증 유발을 촉진시키지 않는다고 하는 등 일부 연구들에서 서로 상이한 결과들이 보고되고 있다. 그럼에도 불구하고 트랜스지방은 혈장 콜레스테롤 양을 상승시켜 동맥경화증을 진전시킬 수 있으며 고콜레스테롤혈증은 관상동맥성 심장병에 중요한 위험 인자로 간주되고 있다. 랫드를 사용한 실험에서 고환 내 총 콜레스테롤과 총 지방량은 식이 트랜스지방에 의하여 영향을 받지 않는데 비하여 난소 콜레스테롤 생합성은 트랜스지방을 투여하였을 때 2~3배 증가하였다.

인체를 대상으로 한 트랜스지방의 연구는 지극히 한정되어 있으나 몇몇 연구자들은 식이 경화 지방으로 인하여 혈청 콜레스테롤 양과 트리글리세라이드 양이 감소 또는 증가되지는 않았다고 지적한 반면, 다른 연구자들은 이들 양을 많이 증가시키는 것으로 보고하였다. 특히 *trans*-octadeca dienoic acid는 인체 내에서 혈청 콜레스테롤 양을 높이고 있는 것으로 보고되고 있다.

급성심장사(Sudden Cardiac Death)에 대한 다른 연구에서는 근육세포 세포막의 지방산 조성의 변화가 세포막의 이온채널(Ion channels)의 변화를 일으키는 것으로 보고하고 있다. 이는 전기 신호의 생성과 전달에 중요한 역할을 하는 세포의 기능에 영향을 끼칠 수 있는 것으로써 동맥경화의 메커니즘을 이론적으로 설명하고 있다.



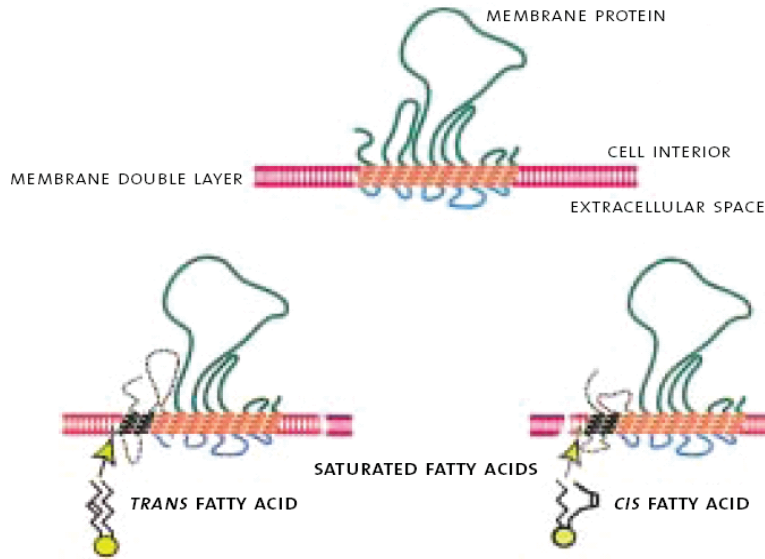


그림 2. 트랜스형과 시스형의 지방산이 세포막의 이온채널에 관여하는 단백질 삼차구조 변화에 끼치는 영향

## 2.5.2 트랜스지방과 관상동맥 심장질환(Coronary Heart Disease, CHD)

역학조사에서는 경화공정을 통하여 생산된 트랜스지방(Industrially produced *trans*-fatty acids; IP-TFA) 또는 반추동물에서 자연스럽게 생산된 트랜스지방(Ruminant-*trans* fatty acids; R-TFA)의 섭취와 CHD의 발병의 증가와는 통계적으로 유의적인 차이는 나타나지 않으나 일부 상관관계는 나타난다고 보고하고 있다. 또 다른 연구에서는 R-TFA의 경우 해가 없거나 오히려 CHD의 발병을 억제하는 것으로 보고되고 있다. 그러나 위의 각 연구에서 보고된 식이량의 범위가 차이가 있기 때문에 아직 충분한 연구·조사가 이루어졌다고 볼 수는 없다.

National Health Organization는 CHD의 발병을 낮추기 위하여 트랜스지방의 섭취를 줄이는 것이 바람직하다고 보고하고 있다.

## 2.5.3 트랜스지방과 암

지방 섭취량과 특정 암(특히 대장암, 유방암)의 발병률에 대한 역학조사 결과, 이들 간에 비교적 확실한 상관관계가 있는 것으로 밝히고 있으나 이것은 결코 인과관계를 나타내는 것은 아니며 단순한

가능성을 내비치는 것이라고 볼 수 있다. 또한 화학 발암제를 이용한 동물실험의 결과 암과 트랜스 지방 섭취 사이에는 역학적 상관관계가 나타나 지방 섭취량과 암은 밀접한 관계가 있음을 시사하였다. 지방 섭취량과 발암과의 상관관계를 재검토하고 총 지방 및 식물성 기름의 섭취량과 암에 의한 사망률과의 유의성을 고찰한 결과 이들 인자보다는 트랜스지방이 더 밀접한 관련이 있는 것으로 결론을 내렸다.

네덜란드의 코호트 연구(Cohort Study)에 따르면, 6.3년간의 follow-up 기간 동안 집계된 941건의 유방암 발병과 150 항목의 식품 섭취 질문조사를 토대로 산출된 전체 트랜스지방 섭취량 간에 연관이 있는 것으로 나타났다.

*Trans*-monoenoic acid는 간암 및 유방암에 있어 시스형 지방산보다 높은 발암 촉진 효과를 나타낸다고 하였으며 특히, 유방암에 대한 시스 및 트랜스 지방산의 영향을 비교하여 본 결과 동일 조건 하에서 발암률은 시스 지방산이 5 %인데 비하여 트랜스 지방산은 20%로 현저한 차이가 있다고 하였다. 연구자에 따라서는 리놀레산(linoleic acid)이 유방암을 촉진시키는 것은 리놀레산(linoleic acid)이 프로스타글란딘(prostaglandin)의 생성을 억제하기 때문이라고 하여 유방암 발생에 대한 트랜스지방의 관련성은 이견이 많다.

또한 트랜스지방과 대장암과의 상관관계에 대하여 분뇨 중 스테로이드 배설량이 증가하는 것은 대장암 발병의 위험신호이며 특히, 콜레스테롤도 위험인자라고 알려져 있다. 이와 함께 트랜스지방을 일정량 이상 섭취한 랫드 분뇨에서 스테로이드 배설 증가와 장내 세균의 변화에 대한 트랜스지방과 대장암과의 상관관계는 반드시 해명되어야 할 사항 중의 하나라고 지적하고 있으며 트랜스지방 섭취에 의한 스테로이드 배설량의 증가는 대장암 발생 촉진 효과와 직접적인 연관성이 없는 것으로 보이나, 소장점막에서는 여타 어느 조직에서보다 고농도이며 트랜스지방이 함유되어 있는 소장 상피세포의 기능에 영향을 끼친다고 하였다. 트랜스지방은 성장률에 영향을 끼치며 장시간에 거친 고온 가열 처리로 인하여 유리상태로 변화된 성분은 장내에서 암을 유발시키기도 한다고 보고하고 있다.

트랜스 올레산(*Trans*-oleic acid)을 사용한 동물 발암촉진 실험 결과에 따르면 랫드에서 azoxymethane으로 유발되는 장암의 종양촉진(tumor-promoting) 역할을 하는 것으로 나타났다. 투여 동물 그룹에서 콩팥모세포종(nephroblastomas)과 귀의 편평상피종(squamous ear duct tumors)의 경우, 3/30에서 6/30로 발생률을 증가시켰다.

## 2.5.4 트랜스지방과 알레르기 증상

일부 역학조사에서 트랜스지방의 섭취와 아동기 어린이의 알레르기 증상의 발현과 상관관계가 있다고 보고되고 있으나 이러한 연구결과는 알레르기 증상의 발현과 개연성이 있음을 말하는 것일 뿐 결론짓기에는 충분하지 못하며 다만 향후 다른 연구 결과를 지속적으로 지켜볼 필요가 있다.

## 2.5.5 트랜스지방과 당뇨병

Nurses' Health Study 연구 결과에서는 미국인의 에너지 섭취에서 트랜스지방이 차지하는 비율이 평균 3%에서 2%로 낮추었을 때 제2형 당뇨병(type 2 diabetes mellitus)의 발병을 40% 정도 낮추는 것으로 보고하고 있다. 또한 다른 연구결과에서는 트랜스지방의 섭취와 혈류에서의 인슐린의 양과 상관관계가 있는 것으로 보고되고 있다.

30명의 자원자를 대상으로 4주 동안 전체 에너지의 3.2%를 트랜스지방에서 얻도록 부분 경화 콩기름 (partially hydrogenated soybean oil, PHSO)을 공급했을 때, LDL/HDL 비율과 공복혈당치가 palm olein을 공급한 그룹에 비하여 높아지는 결과를 얻었으며, 인슐린 농도가 palm olein 그룹에 비하여 10 낮은 것으로 나타났다( $p > 0.05$ ). 이 실험으로부터 PHSO가 지질단백질과 글루코오스 대사에 영향을 끼치는 것으로 추정하고 있다.

위와 같은 연구를 토대로 트랜스지방과 당뇨병의 발병과의 상관관계를 의심할 수 있으며, 메커니즘 규명이 충분히 이루어져야 할 필요가 있다.

## 2.5.6 트랜스지방과 태아 발육

네덜란드 Municipal Health Service가 4,336 명의 임산부들을 대상으로 수행한 조사·연구 자료에 따르면 임신 초기에 모체의 식품을 통한 트랜스지방(18:1n-9) 섭취량이 많을수록 신생아의 체중이 적을 확률과 태아 발육 부진 위험(small-for-gestational-age risk, SGA risk)이 증가했다.

탄소수가 많은 다중불포화지방산 중 일부는 태아의 발육과 뇌 형성에 필수적인데 비하여, 경화 과정에서 생성되는 트랜스지방 (주로 18:1 *trans*)은 부정적인 영향을 끼치는 것으로 알려져 있다. 700명의 임산부들과 그 신생아들을 대상으로 한 연구에서 탯줄 내의 적혈구 중 *trans*-octadecenoic acids (18:1 *trans*) 농도와 신생아 체중 사이에 현저한 음(-)의 상관관계가 있었다.

# 제3장 위험성 결정 (Hazard Characterization)



트랜스지방은 마가린, 쇼트닝 등 식물성기름을 고체화하기 위하여 경화(hydrogenation)하는 과정이나 식품을 기름에 튀기거나 고온으로 처리할 때 생성된다. 트랜스지방은 시스형 지방보다 총 콜레스테롤 및 동맥경화를 일으키는 LDL 콜레스테롤의 혈청 내 수준을 증가시키고, 사람의 건강에 좋은 HDL 콜레스테롤의 수준은 감소시켜 심혈관계 질환의 위험률을 증가시키는 것으로 알려져 있다.

미국 등 세계 여러 나라들은 식사지침에 트랜스지방을 가능한 적게 섭취하고 트랜스지방이 많은 유지는 가급적 제한할 것을 권유하고 있으며, WHO 등은 트랜스지방을 총열량의 1% 미만에 해당하는 2 g/day 이내로 섭취할 것을 권장하고 있다.

**표 3. 트랜스지방의 권고 섭취량**

WHO (2003)	JECFA	USEPA	EFSA (2009)	Health Canada (2007)
전체 에너지 섭취량의 1% 미만 <sup>1)</sup>	-	-	should be as low as is possible within the context of a nutritionally adequate diet <sup>2)</sup>	전체 에너지 섭취량의 1% 미만 <sup>3)</sup>

1) WHO, Nutrition: Population nutrient intake goals for preventing diet-related chronic diseases  
[http://www.who.int/nutrition/publications/obesity/obesity\\_report\\_dietnutritionprevention\\_population\\_nutrient5/en/index.html](http://www.who.int/nutrition/publications/obesity/obesity_report_dietnutritionprevention_population_nutrient5/en/index.html)

2) EFSA, Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol  
<http://www.efsa.europa.eu/en/scdocs/scdoc/1461.htm>

3) Health Canada, TRANSforming the Food Supply  
[http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/nutrition/gras-trans-fats/tf-ge/tf-gt\\_rep-rap-eng.php#6](http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/nutrition/gras-trans-fats/tf-ge/tf-gt_rep-rap-eng.php#6)

# 제4장 노출평가 (Exposure Assessment)



## 4.1

## 대상 식품 선정 및 식품별 대표 조리법 선정

### 4.1.1 대상 식품 선정

국민건강영양조사 영양조사 부문 원시자료 중에서 특정 계절에 편중되지 않고 연중조사로 실시된 2008~2013년의 자료를 통합하여 우리나라를 대표하는 표본인 48,195명(국민의 0.1%)의 식품 섭취량 자료 데이터 베이스를 구축하고 6개년도 원시자료의 통합에는 각 연도별 가중치를 1:1:1:1:1:1로 반영하였다.

2008~2013년(6년) 통합 데이터 베이스를 이용하였으며, 2차 식품코드에 근거하여 산출한 평균 섭취량에 따라 내림차순으로 정렬한 후, 섭취량 누적비율 95%까지에 포함되는 식품(다소비 식품), 섭취자 비율로 1% 이상이 섭취한 식품(다빈도 식품), 지방섭취량 누적 기여비 90%까지에 포함되는 식품의 합집합을 도출하였다. 이 결과에 유해물질(HMFs) 발생 주요 급원인 육류, 우유류, 어패류, 해조류, 주류의 경우 응답자의 0.1% 이상이 섭취한 것으로 나타난 식품을 추가하여 대상 식품 1차안을 구성하였다.

2차 식품코드 내 세분류 가능한 식품은 1차 식품코드 단위로 분류하여 최종 대상 식품을 선정하였다. 이렇게 선정된 대상 식품의 목록은 우리 국민의 총 식품 섭취량의 97.4% 및 에너지, 단백질, 지방, 탄수화물 섭취량의 98% 이상을 포괄하는 것으로 나타났다.

### 4.1.2 분석대상 식품별 대표 조리법 선정

국민건강영양조사의 식품섭취량 원시자료에서 대상 식품(2차 식품코드 기준)이 재료로 사용된 음식명을 모두 추출 후, 음식명과 조리방법에 따라 분류하여(표 4) ‘식품×조리법 pair’로 정리하였다.

표 4. 식품별 음식명과 조리방법에 따른 조리법 정리 예시 (고등어, 묵 등)

음식코드	음식명	2차식품코드	2차식품명	조리법
0603	고등어찌개	11039	고등어	끓이기
0808	고등어구이, 기름	11039	고등어	부치기
1017	김치볶음	11039	고등어	볶기

음식코드	음식명	2차식품코드	2차식품명	조리법
1107	고등어조림	11039	고등어	끓이기
1213	고등어튀김	11039	고등어	튀기기
2791	고등어회	11039	고등어	그대로
0131	비빔밥	01012	묵	그대로
0572	청포묵국	01012	묵	끓이기
0321	만두,고기만두	09070	돼지고기	찌기
1232	돈까스	09070	돼지고기	튀기기
0268	피자	09111	소시지	굽기

대표 식품별로 정리된 조리법 중에서 그 조리법으로 조리된 식품의 양(재료 양)과 해당 조리법 등장비율을 고려하여 대표 조리법을 선정하였다. 즉, 특정 조리법으로 조리된 식품의 양이 그 식품 섭취량 대비 5% 이상이거나 해당 조리법의 등장비율이 그 식품이 사용된 총 조리 음식 수(조리 빈도)의 5% 이상인 경우(합집합)를 우선 선정하였으며, 평균 섭취량이 총식품섭취량의 1% 이상인 식품의 경우에는 재료 합 비율 2.5% 이상이거나 등장 빈도비율 2.5% 이상인 식품×조리법 pair를 추가하였다.

그대로 상태로 섭취하지 않는 식품(예. 삼겹살)은 ‘그대로(as is)’를 추가하고 유해물질 별 조리법 추가 요구사항을 취합하여 최종 1,203 pairs의 시료를 선정하였다(그림 3).

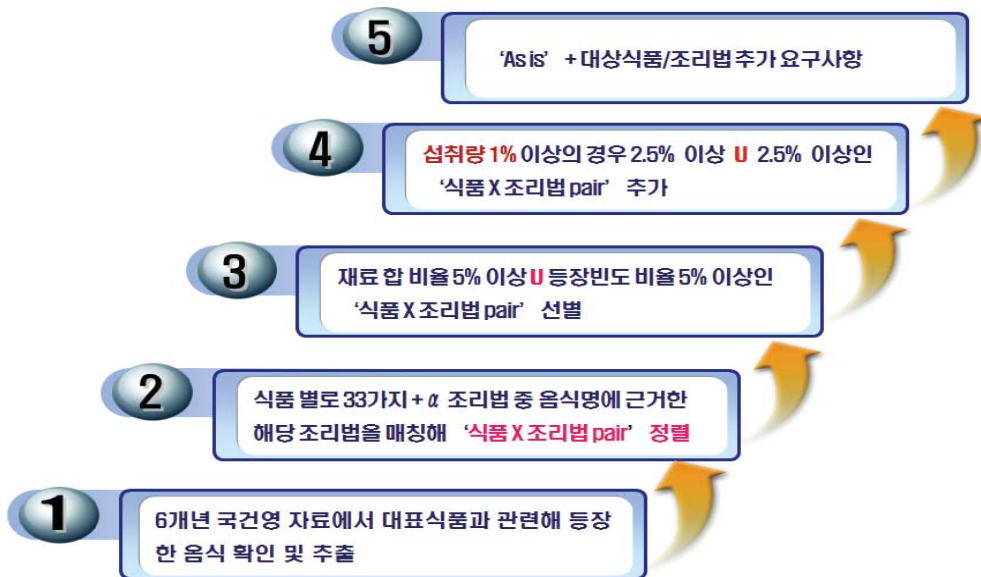


그림 3. 식품 × 조리법 pair 선정 절차



### 4.2.1 시료 수집 지역 선정

식품 시료 수집지역 및 마켓 선정은 수집 시료의 대표성을 확보하기 위해서 행정구역(구)별 인구 수 기준으로 인구가 100만 이상인 대도시 9개를 우선적으로 선정하고, 도시별 인구 수를 기준으로 마켓 수를 배분하였다.

마트 선정 및 행정구역별 배정을 위하여 대도시별 대형마트 수와 마켓별 점포당 평균 연간매출액을 고려하여(출처: RETAIL Magazine 2013. 03) 이마트 6개소, 홈플러스 5개소, 롯데마트 3개소, 하나로클럽 2개소, 코스트코 2개소 등 총 18개소를 선정하였다. 마트 수가 가장 적은 대형마트부터 오름차순으로 정리해 배정하되, 인구수에 근거하여 도시별 행정구역(구)을 선정하고, 같은 행정구역에 동일 대형마트의 지점 수가 2개 이상인 경우에는 매출액이 높거나 매장 규모가 가장 큰 곳으로 배정하였다.

### 4.2.2 식품시료 수집

지역별로 식품 구입 담당자 10인을 지역 내 거주자로 선정하여 교육하였으며, 식품 구입은 지정된 마트별로 구입 후 당일 배송 원칙으로 하였다. 수집일 별 해당 식품 구입 후 화물 택배(버스, KTX)를 이용하여 서울로 운송하고 신선식품은 아이스박스를 사용하여 냉장 상태로 배송하고, 쿼서비스 업체가 배송 식품 픽업 후 중앙 조리실(서울대 내 소재)로 운송하였다. 중앙 조리실에서는 수집일 별 해당 식품 구입 목록과 대조 및 상태 확인 후 식품을 보관하였으며, 1~2일 이내에 전처리를 완료하였다.

### 4.3 식품 시료 전처리(Preparation)

전국 18개소에서 구입된 각 식품으로부터 동일한 양을 취해 pooling 하여 구성한 식품별 sample composite에 대하여 식품별 대표조리법으로 전처리(그림 4)하여 냉동 후 식품별 분석을 위해 각 분석 기관에 배분하였다. 식품이 전처리되는 상세한 방법(조리용구, 가열온도, 가열시간, 조리전후 시료 중량, 분쇄방법, 첨가된 물의 양, 분쇄시간 등)을 모두 기록하였으며, 조리되지 않은 시료는 각 지점의 시료를 일정량씩 취하여 혼합한 후 분배하였다.

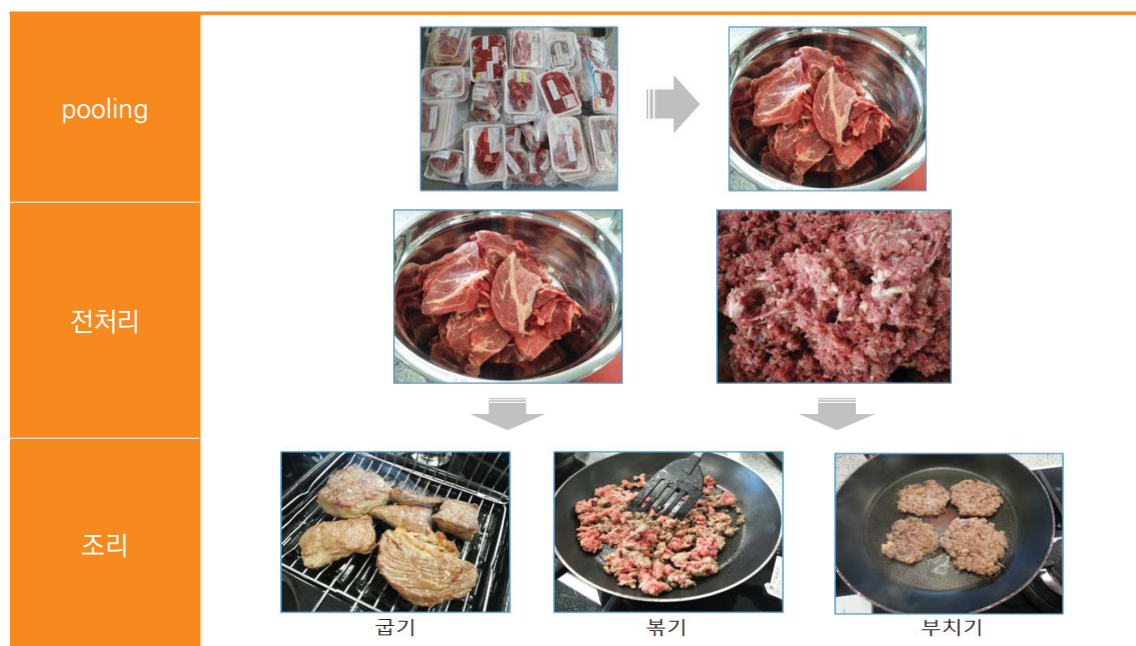


그림 4. 수입우,등심 시료 조제 예시

## 4.4

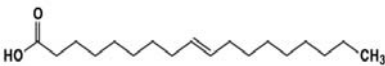
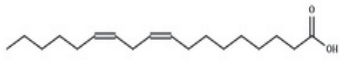
## 분석 방법

### 4.4.1 분석의 개요

농·축·수산물 및 그 가공품·발효품 등에 포함된 트랜스 지방산을 분석하기 위해 먼저 지방과 수분의 함량에 따라 식품별로 매트릭스를 설정하여 유효성 검증을 실시하고, 열처리 가공 조리법(데치기, 끓이기, 삶기 등)을 적용한 식품군들을 전처리하여 분석기기가 분석할 수 있는 형태로 준비하고 전체 지방산을 검출한 뒤, 그 중 트랜스 지방산의 함량을 계산하였다.

### 4.4.2 대상 물질 특성

표 5. 트랜스지방의 종류 및 화학적 특성

대상물질	분자량	구조식	Mp(°C)	Bp(°C)	Log K <sub>ow</sub> (log P)
Elaidic Acid (C18:1n-9, trans)	282.47	 C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	13.4	360	7.64
Linolelaidic Acid (C18:2n-6, trans)	280.45	 C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	-12	230	7.05

### 4.4.3 매트릭스 분류

액체형 유지류(옥수수유), 고체형 유지류(마가린), 육류(소고기), 해조류(미역), 유제품류(우유), 어패류(참치통조림)의 6가지 매트릭스로 분류되었다.

#### 4.4.4 전처리법 확립

본 연구에서는 식품공전에 기재된 방법인 마조니아법을 그대로 활용하여 지방을 추출하였으며, 다만 지방 함량이 너무 적어 식품공전에 기재된 방법이 여의치 않은 경우 Soxhlet법을 활용하여 지방을 회수하였다.

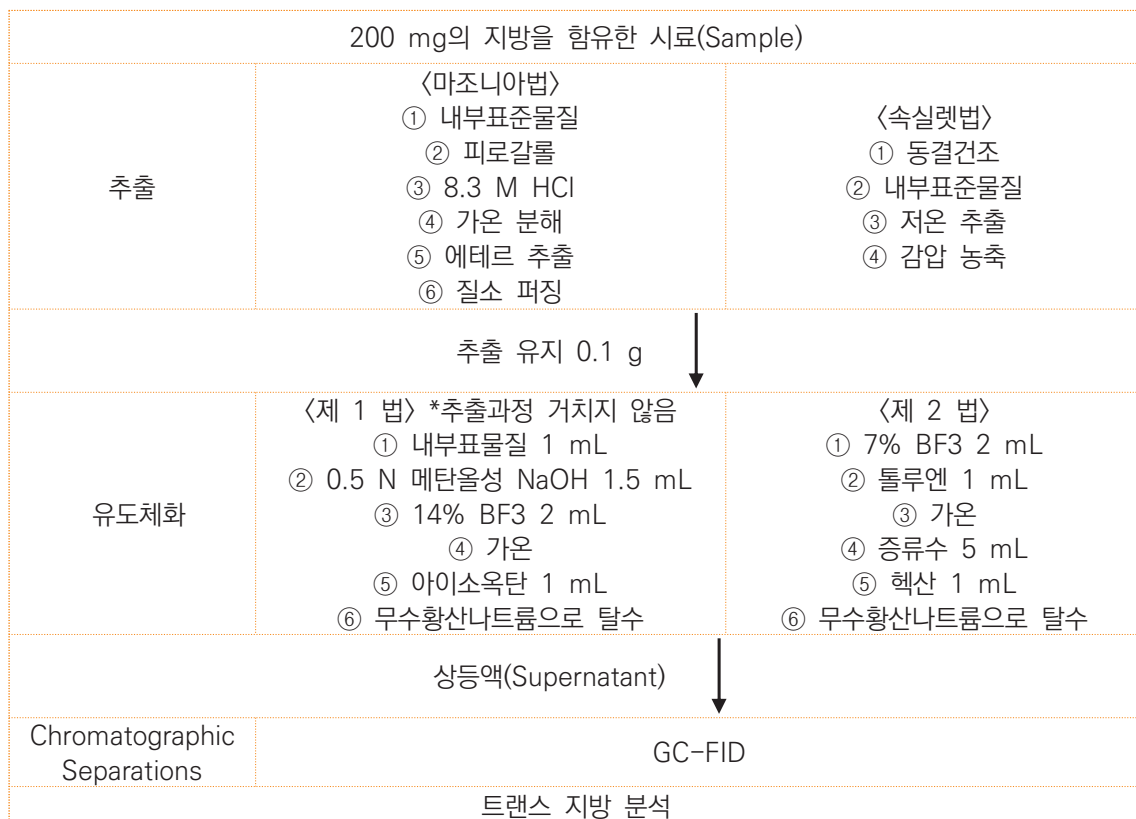


그림 5. 매트릭스별 전처리 개요도

#### 4.4.5 정량법

- ① FID response factor(면적보정 백분비법, normalized percent method)를 고려하여 크로마토그램으로부터 flame ionization detector(FID)의 보정계수를 결정하였다.
- ② 지방산 함량 계산에 필요한 flame ionization detector(FID)의 보정계수(response factor,  $R_f$ )는 표준물질의 피크면적 및 함량을 이용하였다. C18:1, C18:2, C18:3 지방산의 트랜스 이성체들은 각각 올레인산, 리놀레산, 리놀렌산의 FID 보정계수를 사용하였다.

- ③ 상대보정계수를 구한 후 Fatty acid conversion factor를 통해 트랜스지방 함량을 결정한다. 즉 GC-FID상에서의 분석은 각 지방산으로부터 유래한 값이 아닌 지방산의 메틸에스테르(분자량이 14더 큼)이므로 해당 지방산으로 전환해야 한다. 트랜스형의 지방산인 경우 시스형의 경우와 동일한 전환상수를 사용하였다.
- ④ 정성시험법에 의해 얻은 각 지방산의 피크면적, 내부표준물질의 피크면적으로부터 다음과 같이 정량하였다.

$$\text{계산식 : } W_{\text{FAME}i} = \frac{P_{ti} \times W_{\text{tC11:0}} \times 1.0067}{P_{\text{tC11:0}} \times R_i}$$

$W_{\text{FAME}i}$  : 지방산 i의 methyl ester로서의 양(mg)

$P_{ti}$  : 시험용액 중 지방산 i의 피크면적

$W_{\text{tC11:0}}$  : 시험용액 중 내부표준물질( $\text{C}_{11:0}$  triundecanoin) 첨가량(mg)

1.0067 : 내부표준물질( $\text{C}_{11:0}$  triundecanoin)의 트리글리세라이드로부터 지방산 methyl ester로의 전환계수

$P_{\text{tC11:0}}$  : 시험용액 중 내부표준물질(triundecanoic acid methyl ester)의 피크면적

$R_i$  : 지방산 i의 반응계수(response factor)

$$R_i = \frac{P_{Si}}{P_{\text{SC11:0}}} \times \frac{W_{\text{C1:0}}}{W_i}$$

$P_{Si}$  : 표준용액 중 지방산 methyl ester i의 피크면적

$P_{\text{SC11:0}}$  : 표준용액 중 내부표준물질(undecanoic acid methyl ester)의 피크면적

$W_{\text{C11:0}}$  : 표준용액 중 내부표준물질(undecanoic acid methyl ester)의 양(mg)

$W_i$  : 표준용액 중 지방산 methyl ester i의 양(mg)

$$\text{지방산(g/100 g Fat)} = \frac{W_{\text{FAME}i} \times f_{\text{FA}i} \times 100}{W_{\text{fat}}}$$

$f_{\text{FA}i}$  : 지방산 i(Methyl ester로서)의 지방산 전환계수(표 5-2-1)

$W_{\text{fat}}$  : 검체량(mg)

#### ⑤ 트랜스지방 조성비 계산법

시료의 구성 지방산 별로 지방산 100g 당 g 함량을 계산하였다. 이 분석법은 식물성 정제유지 또는 가공유지의 트랜스 지방산을 측정하는 방법으로 트랜스 지방산의 함량은(t 18:1)과 [(tt+ct+tc) 18:2], [(ttt+ttc+tct+cct+ctc) 18:3]의 합으로 나타낸다.

## ⑥ 트랜스지방 함량 계산

조지방 함량에 트랜스지방산 총량을 곱한 것을 트랜스지방 함량으로 하였다.

$$\text{트랜스지방 (g/100 g 식품)} = \frac{\text{조지방함량(g/100 g 식품)} \times \text{트랜스지방산 비율(g/100 g 지방산)}}{100}$$

## ⑦ 기기조건

트랜스지방은 아래의 표와 같은 조건에서 분석하였다.

표 6. 트랜스지방 분석을 위한 최적화된 기기 조건

Instrument	GC 6890,7890(Agilent)	Column	SP-2560 (100 m × 0.2 μm × 0.25 mm)
Detector	FID	Injection mode	Split ratio = 200 : 1
Temperature	285℃	Oven	100℃(4 min hold) → 3℃/min → 225 °C (40 min hold)
Gas flow	He, 0.75 mL/min	Total run time	85.7 min
make up flow(He)	30 mL/min	Inlet temperature	225℃

## ⑧ 표준품의 크로마토그램

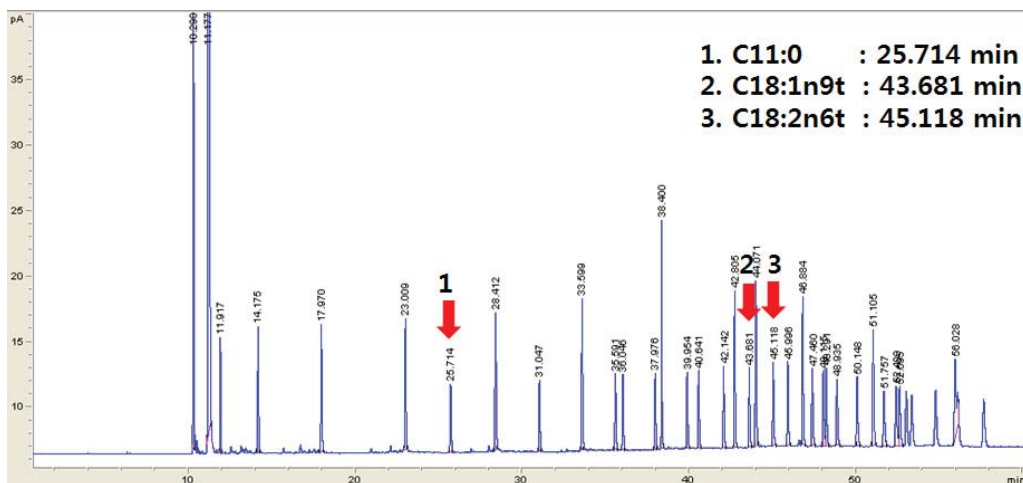


그림 6. 트랜스지방 표준물질의 크로마토그램

#### 4.4.6 매질별 검출한계(LOD)/ 정량한계(LOQ)

매트릭스별 추출방법별 검출한계(Limit of Detection, LOD)는 0.00001 ~ 0.001 g/100g, 정량한계(Limit of Quantitation, LOQ)는 0.00002 ~ 0.004 g/100g 이었다.

표 7. 매트릭스별 정량한계 및 검출한계

매트릭스	옥수수유	소고기 (마조니아)	소고기 (속실텐)	우유	마가린	참치 통조림	미역
LOD	0.001	0.001	0.001	0.00001	0.001	0.001	0.00001
LOQ	0.004	0.002	0.002	0.00002	0.004	0.003	0.00003

### 4.5 분석 결과

#### 4.5.1 검출률

트랜스지방의 검출률은 45.4 %이었으며(표 8), 농·축·수산물 및 가공식품으로 분류하였을 때 축산물과 수산물에서 70% 수준으로 검출되었으며, 농산물에서의 검출률이 21.5%로 낮았다(표 9).

표 8. 트랜스지방의 검출률 및 검출치 (g/100g)

검출률(%)	검출치 사분위 범위(P75-P25)	검출치(최소 ~ 최대)
45.4	0.038	(0.000 ~ 5.475)

표 9. 농·축·수산물 및 가공식품에 대한 트랜스지방의 검출률 및 함량 (g/100g)

구분	분석건수	검출건수	검출률 (%)	함량 평균(최소 ~ 최대)
농산물	293	63	21.5	0.018 (ND ~ 1.617)
축산물	96	69	71.9	0.267 (ND ~ 1.976)
수산물	233	160	68.7	0.037 (ND ~ 0.486)
가공식품	581	254	43.7	0.156 (ND ~ 5.475)

#### 4.5.2 트랜스지방의 함량이 높은 식품×조리법

트랜스지방은 버터(그대로)에서 식품 100g당 5.47g으로 가장 함량이 높았으며, 그 다음으로는 햄통조림(볶기), 버터(굽기, 볶기, 볶기 후 끓이기), 햄통조림(끓이기), 밀가루(기름 넣어 튀기기), 햄통조림(굽기, 부치기)의 순으로 나타났다. 대부분 버터와 가공 육류에서 높은 함량이 검출되었다 (표 10).

표 10. 식품×조리법 중 트랜스지방의 함량 10순위

순위	식품군	식품명	조리법	함량 (g/100g)	‘그대로’ 함량 (g/100g)
1	유지류	버터	그대로	5.47	5.47
2	육류	햄,통조림	볶기	5.40	1.54
3	유지류	버터	굽기	4.16	5.47
4	유지류	버터	볶기	4.03	5.47
5	유지류	버터	볶기후끓이기	3.88	5.47
6	육류	햄,통조림	끓이기	3.36	1.54
7	곡류	밀가루	기름넣어튀기기	3.06	0.02
8	육류	햄,통조림	굽기	2.96	1.54
9	육류	햄,통조림	부치기	2.07	1.54
10	육류	슬라이스햄	볶기	2.00	0.00



### 4.6.1 노출평가 방법

#### 1) 불검출(non-detectable or non-quantifiable data) 처리 방법

유해물질의 함량이 불검출(N. D.)인 것은 '0'으로 처리하여 노출량을 산출하였다.

- 본 연구의 디자인 상, 전국에서 구매한 시료를 혼합 구성하여 각 식품별 조리법 별로 단 1개의 분석시료가 준비·분석되었으므로, 다수의 시료분석에 의한 다양한 함량 값 확보 후 불검출률에 따라 불검출 데이터(N. D.)에 검출한계(LOD)를 선별 적용하는 모니터링 형태의 결과 처리 방법을 적용하는 것은 불가하며, 차용 가능한 제외국의 사례도 전무하다.
- 당 연구에서 분석된 대상 식품의 종류 수(530개)와 대표성(coverage, 국민 평균 총 식품 섭취량의 97.4% 포괄)가 제외국의 경우에 비해 월등히 높고(노출량 추정 방법 등 연구 디자인이 가장 유사한 호주 총식이조사(TDS)의 경우에도 분석된 식품 종류가 92개에 불과함) 일부 분석 시료의 경우에는 조리과정에 따른 상당한 정도의 시료 희석이 수반되므로 모든 불검출(N. D.) 시료에 대한 일괄적인 검출한계(LOD) 적용은 과학적이지 않으며 노출량이 높게 산출(over-estimation)될 우려가 있다.

#### 2) 노출량 산출 방법

개인 음식 섭취량에 근거한 각 재료 수준별로 구분된 '식품×조리법' 섭취량에 각 해당 유해물질의 함량을 적용하고, 개인별 각 유해물질 섭취량을 합하여 오염물질별 노출량을 산출하였으며, 그 값에 개인별 체중과 표본 추출 및 응답률에 근거해 부여된 가중치를 적용하여 국민전체 및 관심 대상 집단별(연령별, 성별 등) 평균 노출량 및 노출량 분포를 추정하였다.

- 총식이조사(TDS)에서 급성노출(acute exposure)이 아닌 만성식이노출(chronic dietary exposure)을 추정할 때에는 대표적으로 두 가지 방법이 사용되는데, 결정론적 방법(deterministic model, point values)과 확률론적 방법(probabilistic model, distributional model)이다.

- 결정론적 방법(deterministic model)에서는 식품별로 국민의 평균 섭취량과 국민의 평균 체중 및 오염물질의 평균 함량을 활용해 평균 노출량을 추정하므로 과정이 간단하기는 하나, 특정 오염물질에 대해 모든 식품을 통한 총 노출량을 추정함에 있어, 식품별로 극단 섭취자(95 percentile, P95)들의 섭취량을 활용하여 그 총합을 사용하게 됨에 따라 실제 극단 노출량에 비해 터무니없이 높은 수준으로 추정된다.
- 반면, 확률론적 방법(probabilistic model)에서는 국민의 개인별 식품섭취량 데이터와 개인별 체중을 활용하여 특정 오염물질에 대한 개인별 노출량 추정이 가능하므로 과정이 복잡하기는 하나, 국민이 섭취하는 모든 식품을 통한 전 국민의 평균 노출량에 더해 실제 노출량 분포를 도출할 수 있어, 실제로 가장 가까운 극단 노출량(P95 등) 추정이 가능하며, 필요시에는 관심 대상 집단(어린이, 노인, 저소득층, 읍면 지역 거주자 등) 별로 노출량 추정이 가능하므로 유해물질 관리를 위한 정책개발의 우선순위 선정과 방향 설정 등에도 유용하다.

## 4.6.2 노출평가 결과

### 1) 노출 기여 식품군 및 식품

트랜스지방의 주요 노출 기여 식품군은 육류가 거의 절반 가까이 차지하였다(표 11).

표 11. 트랜스지방 노출량 (g/kg b.w./day)에 대한 식품군별 기여율(%)

식품군	트랜스지방
곡류	14.9
감자류	0.5
당류	0.8
두류	16.0
종실류	0.2
채소류	2.1
버섯류	0.0
과실류	0.0
육류	45.5
난류	0.6

식품군	트랜스지방
어패류	3.6
해조류	2.5
우유류	4.5
유지류	1.3
음료 및 주류	0.0
조미료류	7.4
조리가공식품류	0.1
기타	0.0

트랜스지방 노출량에서는 수입우(16.1%), 두부(14.4%), 닭고기(10.9%) 순으로 기여율이 높았다 (표 12). 연령군별 식품별 기여율은 표 13과 같다.

표 12. 트랜스지방 노출량 (g/kg b.w./day) 에 대한 식품별 기여율(%)

순위	식품명	노출량	기여율
1	쇠고기,수입우	0.00221	16.1
2	두부	0.00197	14.4
3	닭고기	0.00150	10.9
4	된장	0.00064	4.7
5	돼지고기가공품,햄,통조림	0.00059	4.3
6	돼지고기가공품,햄	0.00056	4.1
7	라면	0.00052	3.8
8	돼지고기	0.00037	2.7
9	조미김	0.00032	2.4
10	과자,비스켓,쿠키	0.00031	2.2

표 13. 트랜스지방 노출량에 대한 연령군별 식품별 기여율(%)

순위	1~2세 (n=1,379)		3~5세 (n=2,032)		6~11세 (n=4,460)	
	식품명	기여율	식품명	기여율	식품명	기여율
1	치즈	13.7	쇠고기,수입우	12.3	닭고기	13.3
2	두부	10.2	두부	10.1	쇠고기,수입우	11.9
3	쇠고기,수입우	9.4	돼지고기가공품,햄	7.2	두부	11.3
4	닭고기	5.6	과자,비스켓,쿠키	6.7	돼지고기가공품,햄,통조림	7.6
5	돼지고기가공품,햄	5.1	닭고기	6.5	돼지고기가공품,햄	6.4
6	돼지고기가공품,햄,통조림	4.9	치즈	6.5	과자,비스켓,쿠키	3.5
7	과자,비스켓,쿠키	4.8	돼지고기가공품,햄,통조림	4.1	라면	3.3
8	케이크	4.2	조미김	4.0	된장	2.8
9	쇠고기,한우	3.6	아이스크림	3.5	돼지고기	2.7
10	카라멜	3.5	케이크	3.0	조미김	2.6

순위	12~18세 (n=4,241)		19~64세 (n=27,244)		65세 이상 (n=8,839)	
	식품명	기여율	식품명	기여율	식품명	기여율
1	닭고기	15.5	쇠고기,수입우	18.2	두부	26.1
2	쇠고기,수입우	14.4	두부	15.5	쇠고기,수입우	14.8
3	두부	9.6	닭고기	11.2	된장	14.0
4	돼지고기가공품,햄	6.4	된장	4.8	대두	5.1
5	돼지고기가공품,햄,통조림	5.2	라면	4.1	개고기	3.8
6	라면	4.6	돼지고기가공품,햄,통조림	3.8	쇠고기,한우	3.4
7	케이크	2.8	돼지고기가공품,햄	3.2	라면	3.2
8	돼지고기	2.7	돼지고기	3.0	배추김치	3.1
9	과자,비스켓,쿠키	2.6	조미김	2.2	조미김	3.1
10	아이스크림	2.5	케이크	2.0	닭고기	2.6

## 2) 1인 1일 트랜스지방 노출량 및 분포

트랜스지방 1인 1일 평균 노출량은 13.693 mg/kg b.w./day 이었다(표 14).

표 14. 트랜스지방 노출량 및 분포 (mg/kg b.w./day)

Mean	SE	1 <sup>st</sup>	5 <sup>th</sup>	10 <sup>th</sup>	25 <sup>th</sup>	50 <sup>th</sup>	75 <sup>th</sup>	90 <sup>th</sup>	95 <sup>th</sup>
13.693	0.133	0.198	0.854	1.604	3.934	8.522	16.888	30.358	43.147

## 3) 연령군별 1인 1일 트랜스지방 노출량 및 분포

트랜스지방의 연령군별 1인 1일 노출량은 전체 평균 7.007 ~ 31.004 mg/kg b.w./day로, 연령이 낮을수록 노출량이 높게 나타났다.

표 15. 연령군별 트랜스지방 노출량 및 분포 (mg/kg b.w./day)

연령군	Mean	SE	1 <sup>st</sup>	5 <sup>th</sup>	10 <sup>th</sup>	25 <sup>th</sup>	50 <sup>th</sup>	75 <sup>th</sup>	90 <sup>th</sup>	95 <sup>th</sup>
1 ~ 2	31.004	1.326	0.519	2.720	5.400	10.553	21.379	39.394	62.326	79.339
3 ~ 5	26.805	0.915	1.565	3.728	5.553	10.825	18.562	33.891	53.400	72.314
6 ~ 11	22.291	0.607	0.850	2.676	3.925	7.820	14.979	27.643	45.141	62.409
12 ~ 18	17.606	0.399	0.433	1.486	2.862	6.154	11.931	21.852	37.972	51.226
19 ~ 64	12.384	0.135	0.237	0.917	1.657	3.879	8.009	15.503	26.752	37.523
65세 이상	7.007	0.136	0.025	0.276	0.578	1.683	4.072	8.760	15.857	23.065

## 4) 국내 · 외 트랜스지방의 노출량 비교

트랜스지방의 단위체중당 평균섭취량은 0.745 g/person/day으로 캐나다, 미국 등 제외국의 섭취량에 비해 낮은 수준이었다.

표 16. 트랜스지방의 단위체중당 섭취량

This study	국내 · 외 섭취량
13.693 mg/kg b.w./day 0.745 g/person/day	3.44 g/person/day Canada (2008) 1.3 g/person/day U.S.A. (2003-2006)

# 제5장 위해도 결정 (Risk Characterization)



트랜스지방산(*trans* fatty acid)이란 트랜스형태(*trans* form)의 이중결합을 가지고 있는 지방산으로, 마가린, 쇼트닝 등 식물성기름을 고체화하기 위하여 경화(hydrogenation)하는 과정이나 식품을 기름에 튀기거나 고온으로 처리할 때 생성된다.

우리 국민의 식품섭취를 통한 트랜스지방의 섭취수준은 평균 노출의 경우 WHO 권고 섭취량인 2g/day와 비교하여 위해도를 평가하였을 때, 안전한 것으로 평가되었다. 그러나 극단노출의 경우 6세 이상 64세 이하 연령군에서 섭취 권고량을 초과하여 섭취하고 있는 것으로 나타났다. 식생활의 변화와 소득 증대로 인해 우리나라 국민의 식습관 특히 식생활 패턴이 급속히 서구화되어 스낵류, 과자류, 빵, 초콜릿과 같이 트랜스지방이 많이 함유된 식품들의 섭취가 증가하고 있어 노출 수준이 안전 영역을 벗어날 수 있으므로, 지속적으로 노출 추이를 지켜보면서 노출이 증가하는 식품을 중심으로 저감화 방법을 찾아 노출을 줄여나가는 등 지속적인 관리가 필요할 것으로 사료된다.

표 17. 식품 섭취로 인한 WHO 권고치 대비 트랜스지방 섭취 수준(%)

구분	전체연령	1-2세	3-5세	6-11세	12-18세	19-64세	65세 이상
평균	40.6	19.0	25.6	41.5	52.5	40.3	20.5
P95	128.0	48.5	69.0	116.2	152.9	122.2	67.3

# 제6장 결 론





트랜스지방은 트랜스 구조를 1개 이상 가지고 있는 모든 불포화 지방산을 말하는 것으로, 마가린, 쇼트닝 등 식물성기름을 고체화하기 위하여 경화(hydrogenation)하는 과정 중에 생성되며, 식품을 기름에 튀기거나 고온으로 처리할 때도 생성된다. 현재까지 독성을 가진다는 명백한 증거는 없으나 심혈관계 질환과의 관련 연구가 보고되었다.

본 위해평가는 위해평가의 방법 및 절차에 관한 규정, 위해평가지침서에 따라 위험성 확인, 위험성 결정, 노출평가, 위해도 결정의 4단계로 수행하였다. 대상 식품은 2008~2013년(6년) 통합 데이터 베이스를 이용하였으며, 우리 국민의 총 식품 섭취량의 97.4% 를 포괄하였다. ‘식품×조리법 pair’에 조리 없이 그대로 섭취하는 식품을 추가하여 최종 1,224 pair 시료(농산물 293건, 축산물 96건, 수산물 233건, 가공식품 581건)를 선정하였다. 식품 중 트랜스지방 분석은 검체 중의 유지를 추출, 가수분해하고 생성된 지방산을 메틸에스테르로 유도체화한 후 기체크로마토그래피-불꽃이온화검출기(GC-FID)를 이용하여 분석하였다.

총식이조사(TDS)에 근거한 위해평가 결과, 식품섭취를 통한 트랜스지방의 노출수준은 안전한 것으로 평가되었다. 그러나 식습관이나 환경변화에 따라 노출 수준이 안전 영역을 벗어날 수 있으므로 지속적으로 노출추이를 지켜보면서 노출이 증가하는 식품을 중심으로 제조·조리·가공 중에서 저감화 방법을 찾아 노출을 줄여나가는 등 지속적인 관리가 필요하다.

식품의약품안전처에서는 그동안 어린이 먹거리 중 과자류의 트랜스지방 저감화 사업에 노력을 기울여 왔으며, 특히 국산 과자의 트랜스지방함량이 눈에 띄게 감소하는 경향을 나타내었다. 식품위생법 시행규칙 제6조의 영양표시 대상 식품은 「식품 등의 표시기준」에 따라 2007년 12월 1일부터 트랜스지방을 의무 표시하도록 하고 있으며, 영양표시 대상 식품은 장기보존식품(레토르트식품), 과자

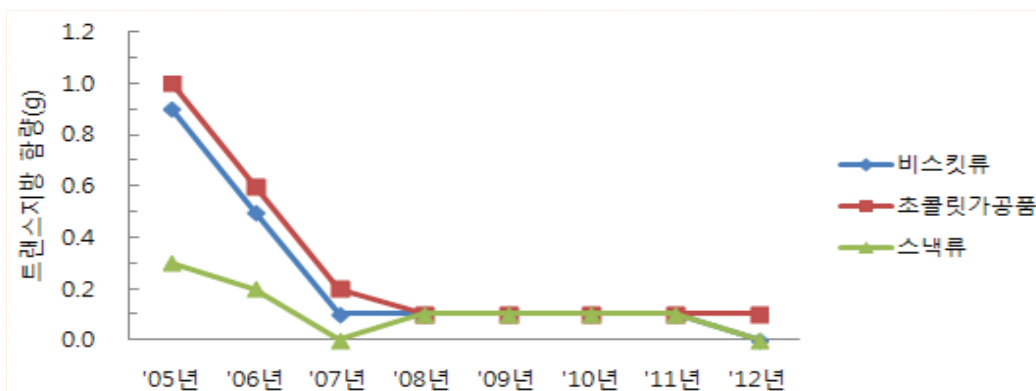


그림 7. 국산 과자류의 연도별 트랜스지방 함량

류(과자, 캔디류 및 빙과류), 빵류 및 만두류, 초콜릿류, 잼류, 식용 유지류(油脂類), 면류, 음료류, 특수용도식품, 어육가공품(어육소시지), 즉석섭취식품(김밥, 햄버거, 샌드위치)이다.

트랜스지방의 저감화를 통해 알려진 단일제품 자체의 트랜스지방 함량은 적게 검출되나 이들을 활용하여 조리되는 식품의 경우 그 복합성에 따라 조리 가공 중 트랜스지방의 생성 가능성을 배제할 수 없다. 트랜스지방이 많은 것으로 잘 알려진 과자류, 초콜릿가공품, 감자튀김 보다 오히려 단백질 함량이 많은 소고기, 두부, 닭고기 순으로 트랜스지방 노출 기여율이 높게 나타났다.

쇠고기와 닭고기 등의 육류는 조리과정에서 지방을 충분히 제거하거나 물에 데쳐서 섭취하면 트랜스지방의 섭취를 줄일 수 있다. 트랜스지방의 바람직하지 않은 영향(심혈관계질환 등)으로 이제는 포화지방산보다 더 좋지 않은 위험인자로 인식되고 있는 만큼 영양표시 기준을 강화하고 대상 식품을 늘려서 소비자의 선택을 존중하는 것이 현 수준의 트랜스지방 노출을 줄일 수 있는 방법이 될 수 있겠다.



## 제7장 참고문헌



- (1) 식품의약품안전처. (2007) 수산물 중 포름알데히드 모니터링. 식품의약품안전처 연구보고서.
- (2) 식품의약품안전처. (2010) 유해물질총서, 트랜스지방.
- (3) Antonino S. (1981) Fatty acid composition and triglyceride structure of corn oil, hydrogenated corn oil, and corn oil margarine. J. Food Sci. 47, 36.
- (4) Applewhite, T. H. (1981) Nutritional effects of hydrogenated soya oil. J. Am. Oil. Chem. Soc. 58, 260.
- (5) Emken E. A, Rohwedder, W K, Dutton H. J, De Jarlais W. J, Adlof, R. O, Mackin J, Dougherty R, Iacono, J. M. (1979) Incorporation of deuterium labeled cis- and trans-9-octadecenoic humans; plasma, erythrocyte and platelet neutral lipids. Metabolism. 28, 575.
- (6) Enig M. G. (1985) Modification of membrane lipid composition and mixed function oxidases in mouse liver microsomes by dietary trans fatty acids. Chem. Biochem. 46, 1033.
- (7) Firestone D, Labouliere P. (1965) Determination of isolated trans isomers by infrared spectrophotometry. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 48, 437.
- (8) Gillan F. T, Johns R. B, Verheyen T. V, Volkmen J. K, Bavor H. J. (1981) Trans-monounsaturated acids in a marine bacterial isolate. Appl. Environ. Microbiol. 41, 849.
- (9) Grandgirad A, Sebedio J. L, Fleury J. (1984) Geometrical isomerization of Linolenic acid during heat treatment of vegetable oils. J. Am. Oil. Chem. Soc. 61, 1563.
- (10) Hunter E. J, Applewhite T. H. (1986) Isomeric fatty acids in the US diet; Levels and health perspectives. Am. J. Clin. Nutr. 44, 707.
- (11) Kim H. A, Jang J. W, Kim D. H, Lee H. J, Lee S. M, Chang H. W, Lee K. W, Lee C. H, Jang Y. M, Kang C. S. (2010) Analysis of formaldehyde in fisheries products. Korean H. Food Sci. Technol. 43, 17-22.
- (12) Krauss R. M, Eckel R. H, Howard B, et al. (2000) AHA dietary guidelines: a statement for healthcare professionals from the Nutrition Committee of the American

Heart Association. *Circulation*. 102, 2284–2299.

- (13) Krichevsky, D. (1982) Trans fatty acid effects in experimental atherosclerosis. *Federation Pro.* 41, 2813.
- (14) Kummerow F. A. (1974) Current studies on relation of fat to health. *J. Am. Oil. Chem. Soc.* 51, 255.
- (15) Mattias S. (1983) Trans unsaturated fatty acids in natural products and processed foods. *Prog. Lipid Res.* 21, 221.
- (16) Mcmillan G, Silver M. D, Weigensberg B. I. (1973) Elaidinized olive oil and cholesterol atherosclerosis. *Arch. Pathol.* 76, 118.
- (17) Mieke, M, van den Reek, Margaret C, Craigschmidt M. S, Weate J. D, Clark A. J. (1986) Fat in the diets of adolescent girls with emphasis on isomeric fatty acids. *Am. J. Clin. Nutr.* 43, 530.
- (18) Norliana S, Abdulamir A S, Abu Bakar F, Salleh A. B. (2009) The health risk of formaldehyde to human beings. *Amer. J. Pharmacol. Toxicol.* 4, 98–106.
- (19) Oomen C. M, Coke M. C, Feskens E. J. M, van Erp-Baart M. J, Kok F. J, Kromhout D. (2001) Association between trans fatty acid intake and 10-year risk of coronary heart disease in the Zutphen Elderly Study: a prospective population-based study. *Lancet.* 357, 746.
- (20) Sowinski P, Wardenki W, Partyka M. (2005) Development and evaluation of headspace gas chromatography method for the analysis of carbonyl compounds in spirits and vodkas, *Analytica. Chmica. Act.* 539, 17–22.
- (21) Yang S. T, Lee H. S. (2000) A study for determination of formaldehyde in water. *J. KSQA.* 16, 275–282.



## 트랜스지방 위해평가

---

발 행 일 : 2016년 12월  
발 행 인 : 식품의약품안전평가원장 손여원  
평가위원장 : 식품위해평가부장 홍진환  
평 가 위 원 : 권기성, 최장덕, 조천호, 윤지숙, 구용익, 황명실, 서진향  
자 문 위 원 : 김초일, 이지연, 박현미, 이계호, 이광근, 신한승, 김영석, 이재환,  
권훈정, 고은미, 황한준, 마재형, 표희수  
발 행 처 : 식품의약품안전평가원  
문 의 처 : 식품위해평가부 신종유해물질팀  
(Tel: 043-719-4453, Fax:043-719-4450)  
주 소 : 충청북도 청주시 흥덕구 오송읍 오송생명2로 187, 오송보건의료행정  
타운  
홈 페이지 : 식품의약품안전처, 식품의약품안전평가원  
: 식품의약품안전평가원 <http://www.nifds.go.kr>

---









식품의약품안전처

---

식품의약품안전평가원