# Trans Yağ Asitlerinin Yapısı, Oluşumu ve Gıdalarla Alınması

**M. TAŞAN** **O. DAĞLIOĞLU**

T.Ü.Tekirdağ Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, TEKİRDAĞ

*Trans* yağ asitleri, *trans* konfigürasyonda en az bir çift bağa sahiptir. Bu asitlerde çift bağ açısı *cis* izomerlere göre daha küçük, açil zinciri daha doğrusaldır. Dolayısıyla, erime noktası ve termodinamik stabilitesi daha yüksek olan farklı fiziksel özellikte sert bir molekül ortaya çıkmaktadır. *Trans* yağ asitleri, ruminal aktiviteden dolayı süt kaynaklı yağlarda, ayrıca hidrojenasyonla oluşmaktadır. Margarinler, şorteningler ve fırın ürünleri nispeten daha fazla *trans* yağ asidi içermektedir. Bu bileşikler, doymuş yağ asitleri gibi LDL kolesterol miktarını artırırken HDL kolesterol miktarını düşürür ve kalp hastalıkları riskini yükseltir. Söz konusu hastalıkların oluşum riskini artırması nedeniyle, yüksek miktarda trans yağ asidi tüketimi üzerinde önemle durulması gereken bir konudur.

**Anahtar kelimeler:** T*rans* yağ asidi, hidrojenasyon, ruminal aktivite, margarin.

## *Trans* Fatty Acids: Their Chemical Structures, Formation and Dietary Intake

*Trans* fatty acids are unsaturated fatty acids with at least a double bond in *trans* configuration or geometry. The double-bond angle of the *trans* fatty acids is smaller than the *cis* isomeric configuration and the acyl chain is more linear, resulting in a more rigid molecule with different physical properties such as a higher melting point and greater thermodynamic stability. These appear in dairy fat because of ruminal activity, and in hydrogenated oils. *Trans* unsaturated fatty acids are solid fats produced artificially by heating liquid vegetable oils in the presence of metal catalysts and hydrogen. *Trans* fatty acids are found in numerous foods. Margarines, shortenings and baked goods contain relatively high levels of *trans* fatty acids. Similar to saturated fatty acids, *trans* fatty acids also increase LDL cholesterol and lower HDL cholesterol therefore increasing the risk of heart diseases. Therefore, the possible increase in risk for those diseases caused by a high trans fatty acid consumption should be carefully considered.

**Keywords:** T*rans* fatty acid, hydrogenation, ruminal activity, margarine.

## Giriş

*Trans* yağ asitleri, çok eski çağlardan bu yana insan beslenmesinde yer almaktadır. Çünkü, inek ve koyun gibi geviş getiren hayvanların sütlerinde ve yağlarında az miktarlarda bulunurlar. Buna karşılık, *trans* yağ asidi içeriği yüksek yağların büyük çaplı ticari üretimleri, gelişen margarin endüstrisiyle başlamıştır. Margarinler ve şorteningler, genellikle kısmi hidrojenasyon yöntemleriyle elde edilen bitkisel yağlardan üretilmektedir. Hidrojenasyon işlemleri süresince, doymamış yağ asitlerinin *trans* izomerleri meydana gelmektedir. Oluşan *trans* yağ asitlerinin büyük bir bölümünü de *trans* $C_{18:1}$ oluşturmaktadır. Kısmi hidrojenasyonla elde olunan yağlardaki *trans* izomerleri günümüz insan beslenmesinde yer alır hale gelmiştir. Doymuş ve *trans* yağ asitlerinin insan sağlığı ve beslenme üzerindeki etkileri tartışmalara yol açan konulardır. Çeşitli bilimsel çalışmalarda, *trans* izomerlerinin insan sağlığı üzerine olumsuz etkilerinin bulunduğu belirtilmektedir. FAO ve WHO (1993), tüketimde miktarlarının düşürülmesi için

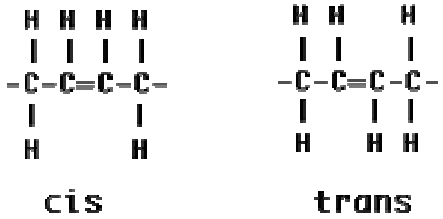
gıda endüstrisi ürünlerinde *trans* izomer oluşumunu engelleyici veya azaltıcı uygulamalara yönelik önerilerde bulunmaktadır. FDA (2004), 1 Ocak 2006'dan itibaren bütün gıda etiketlerinde *trans* yağ asidi içeriğine ait bilgilerin bulundurulmasıyla ilgili kriterleri açıklamıştır. Bu kriterler, gıda endüstrisinde büyük etkilerde bulunabilecektir.

Yağları işlevsellik ve oksidasyona dayanıklılık açısından geliştirmek için hidrojenasyon haricinde interesterifikasyon, fraksiyonizasyon ve çeşitli kombinasyonlar gibi farklı modifikasyon teknikleri uygulanmaktadır. Dünya çapında yağların yaklaşık %10'u interesterifikasyon/ fraksiyonizasyonla üretilirken, üçte birinin hidrojenasyona tabi tutulduğu tahmin edilmektedir. Ayrıca, adı geçen ilk iki tekniğin gelecekte daha çok kullanım alanı bulacağı düşünülmektedir (Haumann, 1994). Toplum sağlığının önemini kavrayan ülkelerde, *trans* yağ asidi içermeyen veya çok düşük düzeylerde içeren margarin ve şortening formülasyonları geliştirilmekte, bu tip ürünlerin üretim ve tüketimi her geçen gün yaygınlaşmaktadır (Gürcan, 2002). Birçok gelişmiş ülkede yağ endüstrileri, *trans* izomer ve doymuş yağ asidi içeriklerini azaltacak çeşitli proses ve formülasyon stratejileri geliştirmekte, çalışmalara devam etmektedir.

## *Trans* izomerlerin yapısı ve özellikleri

Organik bileşiklere özgü olan izomeri, kısaca "aynı kapalı formüllü bileşiklerin düzlemde veya üçlü boyutta farklı molekül yapılarına sahip olması"dır. Yağ asitlerinde de, fiziksel ve kimyasal özellik farklılıklarına neden olan tüm izomeri şekilleri söz konusudur. Doymamış yağ asitlerinde belirlenen önemli izomeri çeşitleri yerel (pozisyon) ve uzay (geometrik) olarak iki grupta incelenebilir (Kayahan, 2002; Kayahan, 2003).

Geometrik izomeri, çift bağlar ucundaki karbon atomlarına bağlı hidrojen atomlarının konfigürasyonuna göre şekillenir; *cis* ve *trans* olarak iki izomer oluşur. Hidrojen atomları karbon zincirinin aynı tarafında ise *cis*, aksi yönlerde ise *trans* izomerler ortaya çıkar (Şekil 1). Pozisyon izomerisi ise, molekül içinde çift bağların yer değiştirmesidir (Mensink ve Katan, 1990).

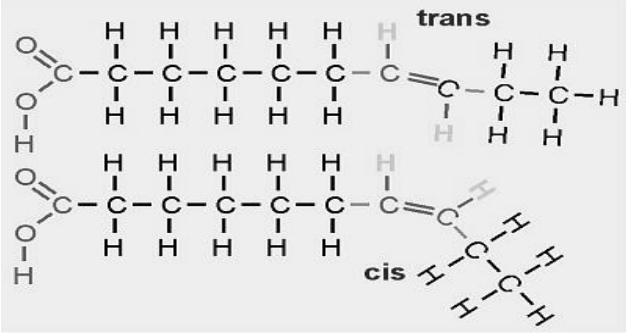



Şekil 1.Geometrik izomer kesitleri

*Trans* konfigürasyonu *t* harfiyle belirtilir. Bu harf, yağ asidinin karboksil ucundan itibaren sayılmak üzere çift bağın moleküldeki pozisyonunu belirtir. *Cis* izomeri ise *c* harfiyle gösterilir. Buna göre, 18:1 9*t*, elaidik aside (*trans*-Δ-9-oktadesenoik asit) karşılık gelmektedir. 18:1 9*c* ise, oleik asidi (*cis*-Δ-9-oktadesenoik asit) göstermektedir (Larque ve ark., 2001).

*Cis* formu molekülde bükülmeye yol açarken, *trans* formu doymuş yağ asitlerinin düz zincirine benzerlik göstermektedir (Şekil 2). *Trans* yağ asitlerinin çift bağ açısı daha küçük, açil zinciri daha doğrusaldır. Böylece aynı sayıda karbon, hidrojen ve oksijen atomlarına sahip olan iki izomer farklı üç boyutlu yapılara sahip olmaktadır. Bu durum, farklı fiziksel özelliklere sahip (örneğin erime noktası ve termodinamik stabilitesi daha yüksek) daha sert bir molekül oluşumuna yol açmaktadır (Larque ve ark., 2001). Örneğin; oleik asit (*cis*-$C_{18:1}$ *n*-9) ve elaidik asit (*trans*-$C_{18:1}$ *n*-9) geometrik izomerlerdir. Her iki molekülde de 18 karbon atomu, 34 hidrojen atomu, 2 oksijen atomu ve (*n*-9)

pozisyonunda bir tek çift bağ bulunmaktadır. Oleik asitin erime noktası 13°C, elaidik asitin 44°C ve $C_{18}$ serisinden doymuş bir yağ asidi olan stearik asitin ($C_{18:0}$) erime noktası 70°C'dir. Bu oldukça yüksek erime noktası, *trans* izomerlerini yarı-katı yağlar ve margarin/şortening üretimi için cazip hale getirmektedir.

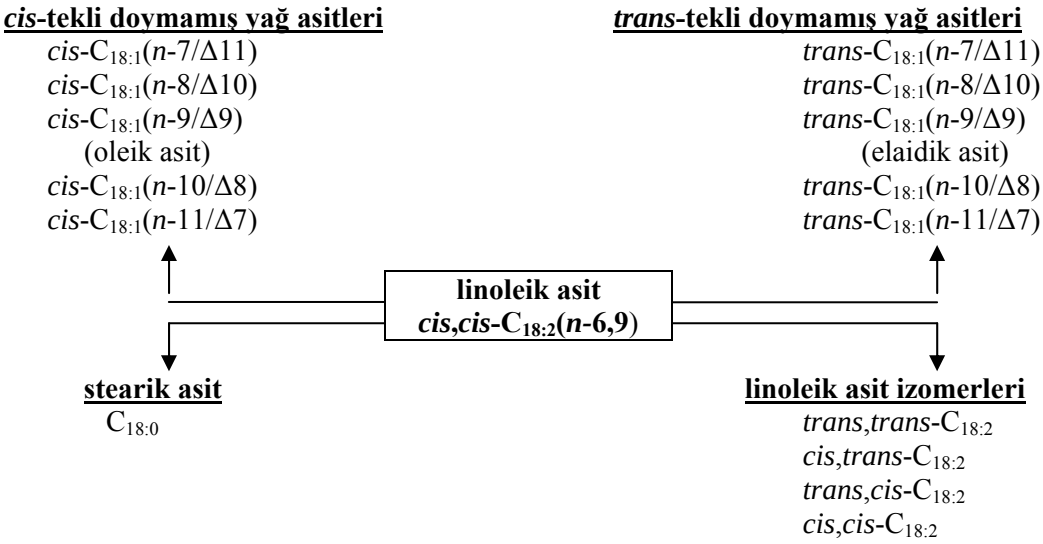



Şekil 2. *Cis* ve *trans* yağ asiti zincirleri

### *Trans* izomerlerin oluşumu

### Hidrojenasyon

Bitkisel yağlara ve bazı ülkelerde de balık yağlarına uygulanan hidrojenasyon işlemi o yağın kimyasal, fiziksel ve duyusal özelliklerini değiştirerek çeşitli ürünlerin üretiminde kullanılmaya elverişli hale getirmektedir. Hidrojenasyon koşullarına (sıcaklık, karıştırma hızı, hidrojenasyon basıncı, katalist ve konsantrasyonu) bağlı olarak üç tip reaksiyon meydana gelebilmektedir. Hidrojen, *cis*-karbon-karbon çift bağına ilave edilip hidrojen ile doymuş hale getirilebilir. Örneğin; linoleik (*cis,cis*-$C_{18:2}$*n*-6) veya α-linolenik (*cis,cis,cis*-$C_{18:3}$*n*-3) asitlerin tam hidrojenasyonu stearik asiti ($C_{18:0}$) vermektedir. Böylece hiç çift bağ kalmamaktadır. Alternatif olarak, *cis* formu hidrojen almadan *trans* formuna izomerize olabilir. İlave olarak, çift bağın yağ asiti molekülü boyunca hareketiyle pozisyon (yerel) izomerleri oluşabilir. Bu son iki işlem hidrojenasyon değil izomerizasyon olarak isimlendirilmelidir. Sıvı yağ daha katı bir ürüne dönüşmüş olsa da yağ asiti molekülüne hiç hidrojen katılmamaktadır. Bu nedenle, bitkisel yağ endüstrisinde geniş bir kullanım alanı olan bitkisel yağların kısmi hidrojenasyonu ile yağ asitlerinin kompleks bir karışımı elde edilir (Şekil 3).




Şekil 3. Linoleik asidin hidrojenasyonunda linoleik asidin geometrik ve pozisyonel izomerlerinin, elaidik ve pozisyonel izomerlerinin, oleik asit ve pozisyonel izomerlerinin ve stearik asidin oluşumu (Mensink ve Katan, 1990).

Kısmi hidrojenasyonda kullanılan yağların yağ asiti bileşimleri ve yağa uygulanan hidrojenasyon koşulları kısmi hidrojenize ürünün nihai kompozisyonunu belirlemektedir. Kısmi hidrojenize bitkisel yağlarda *trans*-$C_{18:1}$ en fazla bulunan yağ asididir. Buna rağmen oleik asit (*cis*-$C_{18:1}$*n*-9)'in pozisyonel *cis* izomerleri de oluşur. Herhangi bir doymamış yağ asidinin verebileceği *cis* ve *trans* izomeri form adedi, asidin içerdiği çift bağ sayısına bağlı olarak artış göstermektedir. Örneğin bir yağ asidindeki çift bağ sayısı (n) ve bu asidin oluşturacağı toplam izomer sayısı (N) ise, oluşacak *trans* ve *cis* izomer toplamı $N=2^n$ eşitliğinden yararlanılarak hesaplanabilir. Bu durumda oleik asit bir adet çift bağ içermesinden dolayı *trans* ve *cis* form olarak, yalnızca iki izomer verirken, iki çift bağ içeren linoleik asit, toplam 4 adet izomer form oluşturur (Kayahan, 2003).

**Biyohidrojenasyon**

Çoklu doymamış yağ asitlerinin biyohidrojenasyonu inek, koyun ve diğer ruminantların rumenlerinde de gerçekleşmektedir.

Ruminant hayvanlar tarafından tüketilen yağlardaki ester bağları mikrobiyal lipazlar tarafından katalizlenen reaksiyon ile hidroliz edilir. Bu oluşum doymamış yağ asitlerinin biyohidrojenasyonu için gereklidir. Rumende doymamış yağ asitlerinin biyohidrojenasyonundan çoğunlukla bakteriler sorumludur. Oksijensiz ortamda, bakteriler yağ asitlerinin çift bağlarını metabolizma sırasında üretilen hidrojen için akseptör olarak kullanır. Bu işlem, doymamış yağ asitlerinin doymasına ve *trans* yağ asitlerinin oluşumuna yol açmaktadır (Sanders, 1988).

**Deodorizasyon/buhar distilasyonu**

*Trans* yağ asitleri varlığının belirlenmesi üzerine yapılan ilk çalışmalarda hayvansal yağlar ve kısmi hidrojene yağ içeren ürünler üzerinde duruluyordu. Ancak son yıllarda yapılan çalışmalarda, bitkisel sıvı yağların rafinasyonu sırasında deodorizasyon/ buhar distilasyonu aşaması sonrasında *trans* yağ asiti oluşumu belirlenmiştir. Bazı araştırmacılar, deodorizasyon/buhar distilasyon aşamalarının yüksek sıcaklık uygulamalarından dolayı yağ asiti bileşimlerine etkili olduğunu ve doymamış yağ asitlerinde geometrik izomerizm olayının söz konusu olduğunu belirlemişlerdir (Kellens, 1997; Henon ve ark., 1999; Medina ve ark., 2000; Kemeny ve ark., 2001; Taşan ve Demirci, 2003). Rafinasyon tekniklerinde deodorizasyon/buhar distilasyonu aşamasında uygulanan sıcaklık derecesi ve süresi, basınç miktarı ve kullanılan buhar oranı *trans* yağ asiti oluşumunda önemli etkilere sahiptir (Wolff, 1993-b; Kemeny ve ark., 2001).

Rafine sıvı yağlarda *trans* izomerler kısmi hidrojene edilmiş yağlardaki izomerlerden tip ve miktar bakımından farklıdır. Kısmi hidrojene yağlarda başlıca monoenoik *trans* yağ asitleri, rafine sıvı yağlarda ise daha çok di ve trienoik *trans* yağ asitleri bulunmaktadır (Duchateau ve ark., 1996).

**Gıdalarda *trans* yağ asitlerinin bulunuşları**

**Bitkisel ürünler**

Bitkisel dokulardaki doymamış yağ asitleri *cis* formda olup çift bağlar genellikle *n*-3, *n*-6 ve/veya *n*-9 pozisyonunda yer almaktadır. Bu karşılık bazı istisnalarda vardır. Palmitoleik asit, oleik asit ve çoklu doymamış yağ asitlerinin *trans* izomerleri çeşitli bitkilerin yapraklarında ve tohumlarında bulunmuştur. Ancak bitkilerin yapraklarındaki yağ miktarları düşüktür.

Yemeklik yağ olarak kullanılmayan bitki tohumlarının bazılarının yağlarında yüksek miktarlarda *trans* yağ asiti bulunmasına karşın insan beslenmesinde hemen hemen hiç yer almadıklarından dolayı önemli bir etkileri söz konusu değildir.

Bitkisel yağ kaynaklarından (yağlı tohum ve yağlı meyveler) elde edilen ve yemeklik bitkisel yağ olarak kullanılan yağların yağ asiti bileşimlerinde yer alan yağ asitlerinin hemen hemen tamamı *cis* formdadır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, bitkisel ham sıvı yağlarda ihmal edilebilir miktarlarda *trans* yağ asitlerinin bulunduğu ve bu yağların rafinasyonu sırasında özellikle de deodorizasyon/buhar distilasyonu aşaması sonrasında *trans* yağ asiti miktarlarında artışlar olduğu belirlenmiştir. Bu konudaki ilk çalışma 1970'li yılların başlarında Ackman ve ark. (1974) tarafından yapılmış olup endüstriyel rafinasyon şartlarında deodorizasyon aşamasında linoleik ve linolenik asitlerin geometrik izomerlerinin oluştuğu belirlenmiştir. Bu alanda çok sayıda çalışma 1990'lı yıllarda özellikle Wolff (1992, 1993-a, 1993-b, 1993-c, 1994) tarafından yapılmıştır.

Schwarz (2000), bitkisel ham sıvı yağlarda toplam *trans* yağ asiti miktarının %0.1-0.3 düzeylerinde olduğunu bildirmektedir. Ferrari ve ark. (1996) çalışmalarında, ham mısır, soya ve kolza yağlarında %0.1 düzeylerinde toplam *trans* yağ asitinin bulunduğunu belirlemişlerdir. Brueh (1996), bitkisel sıvı ham yağlarda *trans* yağ asitlerinin bulunabileceğini ve miktarlarının toplam %0.05 düzeylerinde olduğunu bildirmektedir. Taşan ve Demirci (2003) tarafından yapılan çalışmada, ham ayçiçeği yağlarında düşük miktarlarda *trans* oleik ve *trans* linoleik asitlerin bulunduğu ve toplam *trans* yağ asiti miktarının %0.06'a ulaştığı ifade edilmektedir. Türk Gıda Kodeksi yemeklik zeytinyağı hakkındaki tebliğde (Anon., 1998) kalite ve saflık kriterleri içerisinde naturel zeytinyağları için her bir *trans* yağ asiti limitleri verilmiştir.

*Trans* izomerlerin teşekkülünün deodorizasyon/buhar distilasyon aşaması sıcaklık ve süresine bağlı olduğunu bildiren Wollf (1993-a), yüksek sıcaklıkta ve uzun sürede gerçekleştirilen deodorizasyon işlemleri sonucu elde edilen sıvı yağlarda %3.5'ten fazla toplam *trans* izomerleri olduğunu bildirmektedir. Ferrari ve ark. (1996) çalışmalarında, rafine mısır, soya ve kolza yağlarında sırasıyla %1.5, %4.6 ve %2.4 düzeylerinde toplam *trans* yağ asiti belirlemişlerdir. Medina ve ark. (2000), fiziksel ve kimyasal rafinasyon işlemleri uygulanmış rafine yağlarda %0.90-2.93 arasında toplam *trans* yağ asitleri belirlemişlerdir. Fiziksel rafinasyon tekniğinde buhar-distilasyon aşamasında kimyasal rafinasyon tekniğine göre daha yüksek sıcaklık uygulanmasından dolayı fiziksel rafinasyon ürünü ayçiçeği yağlarında *trans* yağ asiti içeriği yüksektir (Taşan ve Demirci, 2003).

**Hidrojenize yağlar ve işlenmiş gıdalar**

Margarinlerin *trans* yağ asidi içerikleri margarin çeşidine göre değişiklik göstermektedir. Margarindeki *trans* yağ asidi oranını margarin formülasyonunda yer alan kısmi hidrojenize yağ oranı ve bu yağın *trans* yağ asidi içeriği belirlemektedir. Kısmi hidrojenize bitkisel yağları yüksek oranda içeren sert tip margarinlerin *trans* yağ asidi içerikleri yumuşak tip margarinlerden oldukça yüksek düzeylerdedir. Yumuşak margarinler daha az miktarda kısmi hidrojenize bitkisel yağ içermektedir. Hidrojenasyona alternatif olarak interesterifikasyon, fraksiyonizasyon ve çeşitli kombinasyonlar yapma gibi farklı yağ modifikasyon teknikleri kullanmak

suretiyle üretilen yağlarda yumuşak margarin formülasyonlarında yer almaktadır.

Kısmi hidrojenize yağlardan üretilen erime noktası yüksek olan sert tip margarinler ve şorteninglerin *trans* yağ asidi içerikleri oldukça yüksektir. Sert tip margarinlerdeki *trans* yağ asiti miktarları yaklaşık olarak %10-35 arasında değişmektedir (Mansour ve Sinclair, 1993; Kafatos ve ark., 1994; Emken, 1995; Henninger ve Ulberth, 1996). Ülkemizde üretilen sert tip margarinlerde *trans* yağ asiti bu değerlere yakındır (Arıcı ve ark.,2002; Tekin ve ark., 2002). Diğer taraftan ülkemize ait yumuşak tip margarinlerin *trans* yağ asiti içerikleri %0.8-8.9 arasında değişmektedir (Arıcı ve ark., 2002).

*Trans* yağ asiti alım kaynağı sadece margarinler değildir. Kısmi hidrojenize yağlar kek, bisküvi, kurabiye, mayonez, cips, milföy hamuru, pizza, gofret ve benzeri bir çok ürünün üretiminde ve derin yağda kızartılmış fast-food tipi gıdaların hazırlanmasında kullanılmaktadır. Bu ürünlerin yağ asitleri ve *trans* yağ asitleri içeriklerinde farklılıklar da söz konusu olmaktadır. Steinhart ve Pfalzgraf (1994), *trans* yağ asiti miktarlarını şortening, kek, cips, kızartılmış patateslerde sırasıyla %0.1-31.8, %0-15.5, %0.1-20.2, %5.8-32.8, Fernandez (2000) ise patates cipsi, patlamış mısır, pizza, kek, bisküvi ürünlerinde sırasıyla %0.9, %0.1, %3.1, %2.8, %1.8 olarak belirlemişlerdir. Ülkemize ait bu ürünlerin *trans* yağ asiti içerikleri, bisküvi çeşitlerinde %1.0-30.5 (Dağlıoğlu ve ark., 2000), gofret, mısır cipsi, kek, kraker, milföy hamuru ürünlerinde sırasıyla %21.8, %0.7, %4.6, %2.1, %2.1, %16.3'tür (Dağlıoğlu ve ark., 2002).

Balık yağları çeşitli ülkelerde geleneksel olarak margarin üretiminin önemli bir hammaddesi olmuştur. Ancak günümüzde kısmi hidrojenize edilmiş balık yağlarının kullanımı İngiltere, Norveç ve Hollanda ile sınırlı kalmaktadır. Kısmi hidrojenasyon sırasında balık yağlarının karakteristik yağ asitleri olan eikosapentaenoik (EPA; $C_{20:5}$ *n*-3) ve dokosahekzaenoik asit (DHA; $C_{22:6}$ *n*-3) kısmen doymuş hale gelirken *trans* formları da oluşmaktadır (Mensink ve Katan, 1990; Larque ve ark., 2001).

**Et ve süt ürünleri**

*Trans* yağ asitleri yalnızca geviş getiren hayvanların rumenlerinde bulunan flora aracılığı ile oluşmakta ve dolayısıyla bu hayvanların yağlarının bileşimlerinde doğal olarak düşük miktarlarda bulunmaktadır (Smith ve ark., 1978). Ruminant hayvanların etlerinde *trans* yağ asiti oranı %1-11 arasında değişmektedir (Steinhart ve Pfalzgraf, 1994). Sağdıç ve ark. (2004), keçi, koyun ve inek sütlerinden üretilmiş tereyağlarında 0.11-0.26 arasında değişen oranlarda *trans* yağ asiti belirlemişlerdir. Precht ve ark. (1999) süt yağlarında *trans* yağ asiti varlığını tespit ederken, yüksek sıcaklık uygulamalarının *trans* yağ asiti miktarlarında artışlara neden olduğunu bildirmektedirler.

Hayvansal yağlarda bulunan *trans* izomerlerin miktarları ve çeşitleri endüstriyel olarak kısmi hidrojenize edilmiş yağlar kadar farklılıklar göstermemektedir (Steinhart ve Pfalzgraf, 1994).

**Anne sütünde *trans* yağ asitleri**

Anne sütündeki *trans* yağ asitleri beslenme sırasında alınan gıda maddelerinden kaynaklanmaktadır. Anne sütlerindeki *trans* yağ asitlerinin farklı miktarlarda ve çeşitlerde bulunmasına neden olarak beslenmede yer alan gıdalardaki farklı *trans* yağ asiti miktarları ve çeşitleridir. Özellikle kısmi hidrojenize edilmiş yağları içeren gıda maddelerinin etkisi söz konusudur.

Genelde anne sütündeki *trans* yağ asiti içeriği toplam yağ asitlerinin yaklaşık olarak %2-5'ini oluşturmaktadır (Larque ve ark., 2001). Koletzko ve ark (1988), Alman annelerinden laktasyonun 3. ve 4. aylarında alınan sütlerin yağ asiti bileşimlerinde toplam *trans* yağ asitinin %4.4 ve *trans* $C_{18:1}$ miktarının %3.1 olduğunu belirlemişlerdir. Çalışmada, sütlerde 7 farklı *trans* yağ asitinin bulunduğu ve $C_{14:1}$, $C_{16:1}$, $C_{20:1}$ ve $C_{18:2}$ asitlerinin *trans* izomerlerininin % 0.5'ten daha az olduğu ifade edilmektedir. Amerikalı annelerin sütlerinde %2.8 oranında *trans* $C_{18:1}$ bulunmuştur (Chappell ve ark., 1985). Toplam *trans* yağ asitleri, Kanadalı annelerin sütlerinde %7.19 (Chen ve ark., 1995), Nijeryalı annelerin sütünde ise %1.2 düzeyinde belirlenmiştir (Koletzko ve ark., 1991). Bu çalışmada, Nijeryalı annelerin kısmi hidrojenize ve hayvansal yağ alımının düşük olduğu da bildirilmektedir.

**_Trans_ yağ asitlerinin gıdalarla alınması**

Birçok ülkeye ait beslenme ile ilgili istatistiklerde gıda maddelerinin *trans* yağ asiti içerikleri yer almaktadır. Çeşitli gıda maddelerinde *trans* yağ asitlerinin araştırıldığı pek çok yayında, belirlenen *trans* yağ asiti miktarı üzerinden günlük *trans* yağ asiti alım miktarları tahmini olarak yer almaktadır.

Günlük tüketimde *trans* yağ asitlerinin %2-8'i süt ürünlerinden kaynaklanırken, %80-90 gibi büyük kısmı hidrojenasyon işlemleri ile oluşan *trans* yağ asitleri oluşturmaktadır Diyetle alınan *trans* yağ asitleri miktarı toplam yağ asitlerinin Amerika Birleşik Devletleri'nde %6-8'i, İngiltere'de %4-6'sı, Almanya'da %2-4'ü ve İspanya'da %1.7'si civarındadır. Genel bir ifade olarak, *trans* yağ asitleri endüstrileşmiş ülkelerde daha fazla tüketilmekte olup 2-8 g/gün arasında değişmektedir(Larque ve ark., 2001).

Son yıllarda elde edilen veriler sonucunda, *trans* yağ asiti alım miktarında azalmalar görülmektedir (Tablo 1). Bunun nedeni olarak yemeklik yağlarda *trans* yağ asiti içeriğinin azaltılması ve hayvansal yağ tüketiminin azalması gösterilebilir. Gıda endüstrisinde kısmi hidrojenize yağların kullanımı, *trans* yağ asitleri alımının düşürülmesi amacıyla azalmaktadır. Margarin ve şortening üretimlerinde geliştirilen yeni metotların yaygın olarak kullanılmaya başlanmasıyla söz konusu ürünlerde *trans* yağ asidi içeriklerinde azalmalar belirlenmektedir. Bununda ötesinde, sıfır veya çok düşük *trans* içerikli ürünler üretilmeye başlanmıştır. Ancak yinede dünyanın pek çok yerinde margarin ve şortening formülasyonlarında kısmi hidrojenasyon yöntemiyle elde edilen hidrojenize yağlar önemini korumaktadır. Dolayısıyla margarin/şortening ürünleri *trans* yağ asitleri alım kaynağı olmaya devam etmektedir. Özellikle kısmi hidrojenasyon tekniği ile kullanılarak elde edilmiş yağları önemli miktarlarda içeren snack ve fast food ürünleri, çikolata ve benzer diğer ürünler çocuklar ve gençler tarafından yüksek oranlarda tüketilmektedir. Enig ve ark. (1995), Amerika Birleşik Devletleri'nde yaşayan 13-19 yaş grubunda, *trans* yağ asiti alım miktarının günlük 30 g'dan fazla olduğunu belirlemişlerdir.

Birçok Avrupa ülkesi için margarin kaynaklı *trans* yağ asiti alım miktarı günlük kişi başına 1.0-1.3 g'dır. Danimarka'da düşük miktarda *trans* yağ asiti içeriğine rağmen yüksek oranda margarin tüketimi sebebiyle *trans* yağ asiti alımı 1.8 g'dır. İspanya'da ise margarin tüketiminin az olması nedeniyle bu değer çok düşük kalmaktadır (Tablo 2).

**Tablo 1.** Çeşitli ülkelerdeki *trans* yağ asiti alım miktarları (Wagner ve ark., 2000).

| Ülke | Günlük alım (g) | Yıl |
|---|---|---|
| ABD | 12.1 | 1979 |
| | 9.7 | 1984 |
| | 8.1 | 1991 |
| | 1.6-38.7 | 1993 |
| | 4.0-5.0 | 1994 |
| Almanya | 4.5-5.4 | 1979 |
| | 3.4-4.1 | 1992 |
| | 1.9 (kadın) | 1997 |
| | 2.3 (erkek) | 1997 |
| İngiltere | 12.0 | 1983 |
| | 7.0 | 1988 |
| | 4.9 | 1990 |
| | 1.7 (kadın) | 1997 |
| | 2.0 (erkek) | 1997 |
| Avusturya | <4.0 | 2000 |
| | >10.0[b] | 2000 |
| | 1.5[a] | 1992 |
| | 0.6 | 1995 |
| Avrupa[c] | 1.7-4.1 (kadın) | 1999 |
| | 1.2-6.7 (erkek) | 1999 |

[a] margarin kaynaklı *trans* yağ asitleri;
[b] çocuk ve gençler için;
[c] 14 Batı Avrupa ülkesi ortalamaları

Ülkemize ait son on yıllık verilere bakıldığında, kahvaltılık ve yemeklik margarin tüketimi azalma eğilimi gösterirken, buna karşılık gıda endüstrisinde kullanılan margarin/ şortening miktarı artış göstermiştir. 2003 yılı verilerine göre kişi başına yıllık bitkisel kaynaklı yağ tüketimi 17.6 kg iken bu miktarın yaklaşık olarak 6.6 kg'ını margarin/ sortening oluşturmaktadır (Anon., 2004). Ülkemizde üretilen margarinler ile şorteningleri içeren gıda maddelerinin önemli bir bölümünün yüksek düzeylerde *trans* yağ asiti içerdikleri bazı araştırmacılar tarafından belirlenmiştir (Demirbaş ve Yılmaz, 2000; Dağlıoğlu ve ark., 2000; Tekin ve ark., 2002; Arıcı ve ark., 2002; Dağlıoğlu ve ark., 2002; Çetin ve ark., 2003). Bu nedenle ülkemizde, margarinler ile şorteninglerin yer aldığı gıda maddeleri önemli miktarda *trans* yağ asiti alım kaynağı olmaktadır.

**Tablo 2.** Bazı Avrupa ülkelerinde margarin kaynaklı *trans* yağ asiti alım miktarları (Greyt ve ark., 1996).

| **Ülke** | **Margarin tüketimi[a]** | **Margarindeki % TYA** | **Margarinden TYA alımı[b]** |
|---|---|---|---|
| Belçika | 8.6 | 6.36 (6.20) | 1.1 |
| Macaristan | 4.5 | 14.06 (7.59) | 1.2 |
| İspanya | 1.4 | 10.80 (8.80) | 0.3-0.5 |
| Fransa | 3.9 | 13.03 (6.80) | 1.0-1.1 |
| İngiltere | - | 22.20 (13.8) | 1.33 |
| Almanya | 4.0-4.5 | 10.8 | 0.75-1.0 |
| Danimarka | 17.5 | 7.40 (4.40) | 1.8 |

[a] kg/kişi/yıl; [b] g/kişi/gün; TYA: *trans* yağ asiti

## Sonuç

FDA (2004), 1 Ocak 2006'dan itibaren bütün gıda maddeleri etiketlerinde *trans* yağ asidi içeriğine ait bilgilerin bulundurulmasıyla ilgili kriterleri açıklamıştır. Bu kriterler, gıda endüstrisine büyük etkilerde bulunacaktır.

*Trans* izomerlerinin insan sağlığı üzerine olumsuz etkilerinin bulunduğu bilinen bir gerçektir. *Trans* yağ asitleri doymuş yağ asitleri gibi LDL kolesterol miktarını artırırken HDL kolesterol miktarını düşürür ve kalp hastalıkları riskini yükseltir. Toplum sağlığının önemini kavrayan ülkelerde, gıda endüstrisinde kısmi hidrojenize yağların kullanımı, *trans* yağ asitleri alımının düşürülmesi amacıyla azalma eğilimindedir. Margarin ve şortening üretimlerinde geliştirilen yeni metotların kullanılmasıyla *trans* yağ asidi içermeyen

veya çok düşük düzeylerde içeren ürünler üretilebilmektedir.

Tüketici sağlığını yakından ilgilendiren *trans* yağ asiti miktarlarının çeşitli yağlar ve yağ oranı yüksek gıda maddeleri için yasal üst limitlerinin belirlenmesi bir zorunluluktur. Ülkemizde üretilen özellikle kısmi hidrojenize yağ içeren gıda maddelerindeki *trans* yağ asitleri tip ve miktarlarının belirlendiği çalışmaların yapılması, *trans* yağ asitlerinin oluşumunun azaltılması veya önlenmesine yönelik uygulamalara ve yasal limitlerin oluşturulmasına yol gösterecektir.

**Kaynaklar**

Ackman, R.G., Hooper, S.N., Hooper, D.L., 1974. Linolenic acid artifacts from the deodorization of oils. J. Amer. Oil Chem. Soc., 51:42-49.

Anonymous, 1993. Fats and Oils in Human Nutrition. Report of a Joint Consultation, Food and Agriculture Organization of the United Nations and the World Health Organization.

Arıcı, M., Taşan, M., Gecgel, Ü., Özsoy, S., 2002. Determination of fatty acid composition and total *trans* fatty acids of Turkish margarines by capillary gas-liquid chromatography. J. Amer. Oil Chem. Soc., 79:439-441.

Bruehl, L., 1996. Determination of *trans* fatty acids in cold pressed oils and in dried seed. Fett/Lipid, 98:380-383.

Dağlıoğlu, O., Taşan, M., Tunçel, B. 2000. Determination of fatty acid composition and total *trans* fatty acids of Turkish biscuits by capillary gas-liquid chromatography. Eur. Food Res. Technol., 211:41-44.

Dağlıoğlu, O., Taşan, M., Tunçel, B. 2002. Determination of fatty acid composition and total *trans* fatty acids in cereal-based Turkish foods. Turk. J. Chem., 26:705-710.

Duchateau, G. S. M. J. E., van Oosten, H.J., Vasconcellos, M.A., 1996. Analysis of *cis* and *trans* fatty acid isomers in hydrogenated and refined vegetable oils by capillary gas-liquid chromatography. J. Amer. Oil Chem. Soc.,73:275-282.

Emken, E.A., 1995. *Trans* fatty acids and coronary heart disease risk: physicochemical properties, intake and metabolism, Amer. J. Clin. Nutr., 62:659-669.

Enig, M.G., Pallansch, L.A., Sampugna, J., Keeney, M., 1995. Fatty acid composition of the fat in selected food items with emphasis on *trans* components. J. Amer. Oil Chem. Soc. 60: 17881-1795.

Ferrari, R., Schulte, E., Esteves, W., Bruhl, L., Mukherjee, KD., 1996. Minor constituents of vegetable oils during industrial processing. J. Amer. Oil Chem. Soc., 73:587-592.

Fernandez, P.S.J., 2000. Fatty acid composition of commercial spanish fast food and snack food. J. Food Composition and Analysis, 13:275-281.

Greyt, W.de., Radanyi, O., Kellens, M., Huyghebaert, A., 1996. Contribution of *trans* fatty acids from vegetable oils and margarines to the Belgian diet. Fett/Lipid, 98:30-33.

Gürcan, T., 2002. *Trans* yağ asitleri ve kalp damar hastalıkları açısından önemi. Dünya Gıda, 8:70-71.

Henninger M, Ulberth F 1996. *Trans* fatty acids in margarines and shortenings marketed in Austria. Z. Lebens. Unters. Forsch., 203: 210-215

Hénon, G., Zs. Kemény, K. Recseg, F. Zwobada, K. Kővari, 1997. Degradation of α-linolenic acid during heating. J. Amer. Oil Chem. Soc., 74:1615:1617.

Kafatos, A., D. Chrysafidis, E. Peraki, 1994. Fatty acid composition of Greek margarines. Margarine consumption by the population of Crete and its relationship to adipose tissue analysis. Int. J. Food Sci. Nutr., 45:107-114.

Kayahan, M., 2002. Modifiye Yağlar ve Üretim Teknolojileri. ODTÜ Yayın. Ankara.

Kayahan, M, 2003. Yağ Kimyası. ODTÜ Yayıncılık, Ankara.

Kellens, M. 1997. Current Developments in Oil Refining Technology, Technical Report De Smet-Belgium, Antwerp, Belgium.

Kemeny, Z., Recseg, K., Henon, G., Kövari, K., Zwobada, F., 2001. Deodorization of vegetable oils: Prediction of *trans* polyunsaturated fatty acid content. J. Amer. Oil Chem. Soc., 78:973-979.

Koletzko B., Mrotzek M., Bremer Hj., 1988 Fatty-acid composition of nature human-milk in Germany. Amer. J. Clin. Nutr., 47: 954-959.

Koletzko, B. 1991. Intake, metabolism and biological effects of *trans*-isomeric fatty-acids with infants. Nahrung, 35: 229-283.

Larque, E., Zamora, S., Gil, A., 2001. Dietary *trans* fatty acids in early life :a review. Early Human Development, 65:31-41.

Mansour, M.P., A.J. Sinclair, 1993. The *trans* fatty acid and positional (sn-2) fatty acid composition of some Australian margarines, dairy blends and animal fats. Asia Pacific J. Clin. Nutr., 3:155-163.

Medina, J.L.A., Gamez, M.N., Ortega, G.J., Noriega, R.J.A., Angulo, G.O., 2000. *Trans* fatty acid composition and tocopherol content in vegetable oils produced in Mexico. J. Amer. Oil Chem. Soc., 77:721-724.

Mensink, R.P., Katan, M.B., 1990. Effect of dietary *trans* fatty acids on high-density and low-density lipoprotein cholesterol levels in healthy subjects. N. Eng. J. Med., 323:439-445.

Precht, D., Molketin, J., Vahlendieck, M., 1999. Influence of the heating temperature on the fat composition of milk fat with emphasis on *cis*/*trans* isomerization. Nahrung, 43:25-33.

Sağdıç, O., Dönmez, M., Demirci, M., 2004. Comparison of characteristics and fatty acid profiles of traditional Turkish yayik butter produced from goats', ewes' or cows' milk. Food Control, 15:485-490.

Schwarz, W., 2000. Formation of *trans* polyalkenoic fatty acids during vegetable oil refining. Eur. J. Lipid Sci. Technol., 102:648-649.

Sanders, T.A.B., 1988. Essential and *trans*-fatty acids in nutrition. Nutrition Research Reviews. 1:57-58.

Smith, L.M., Dunkley, W.L., Franke, A., Dairiki, T., 1978. Measurement of *trans* and other isomeric unsaturated fatty acids in butter and margarine. J. Amer. Oil Chem. Soc., 55:257.

Steinhart, H., Pfalzgraf, A., 1994. *Trans*-fettsauren in lebensmitteln. Fat Sci.Technol., 96:42-44.

Tekin A., Çizmeci, M., Karabacak H., Kayahan, M., 2002. *Trans* FA and solid fat contents of margarines marketed in Turkey. J. Amer. Oil Chem. Soc., 80:443-445.

Taşan, M., Demirci, M. 2003. *Trans* fatty acids in sunflower oil at different steps of refining. J. Amer. Oil Chem. Soc., 79:825-828.

Wolff, R.L., 1992. *Trans* -polyunsaturated fatty acid in french edible rapeseed and soybean oils. J. Amer. Oil Chem. Soc., 69:106-110.

Wolff, R.L., 1993-a. Heat-induced geometrical isomerization of α-linolenic acid: effect of temperature and heating time on the appearance of individual isomers, J. Amer. Oil Chem. Soc., 70:425-430.

Wolff, R.L., 1993-b. Occurence of artificial *trans* -polyunsaturated fatty acids in refined (deodorized) walnut oils. Sci. Aliments, 13:155-163.

Wolff, R.L., 1993-c. Further studies on artificial geometrical isomers of α-linolenic acid in edible linolenic acid-containing oils. J. Amer. Oil Chem. Soc.,70:219-224.

Wollf, R.L., 1994. *Cis-trans* isomerization of octadecatrieonic acids during heating. Study of linolenic (*cis*-5, *cis*-9, *cis*-12 18:3) acid geometrical isomers in heated pine seed oil. J. Amer. Oil Chem. Soc.,71:1129-1134.