

TRANS YAĞ ASİTLERİ KAYNAKLARI VE İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİLERİ

Mustafa KIRALAN*

Aslı YORULMAZ**

Hüdayi ERCOŞKUN***

ÖZET

İnsan diyetinde hem bitkisel hem de hayvansal kökenli yağlar önemli yer tutmaktadır. Bu yağların büyük oranını farklı yağ asitlerinin gliserol esterleri olan trigliseritler oluşturmaktadır. Yağ asitleri temelde doymuş ve doymamış yağ asitleri olarak sınıflandırılmaktadır. Doymamış yağ asitlerinde geometrik izomeri bunun yanında pozisyonel izomeri görülmektedir. Trans izomeriye doğada çok nadir rastlanmaktadır fakat hidrojenasyon ve rafinasyon gibi yağlara uygulanan bazı işlemler bu tip izomer oluşumuna neden olabilmektedir. Yapay olarak ısıl işlem, hidrojenasyon gibi çeşitli etkenlerle meydana gelmektedir. Trans yağ asitleri çeşitli sağlık sorunlarına neden olabilmektedir. Bu derlemede, trans yağ asitleri içeren gıdalardan ve trans yağ asitlerinin insan sağlığı üzerine etkilerinden bahsedilmektedir. Burada bazı sağlık problemlerine neden olan yüksek trans yağ asidi içeren bazı gıdalar belirtilmektedir. Bu derlemede, gıdaların trans yağ asidi içerikleri ve bunların sağlık üzerine etkileri tartışılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Trans yağ asitleri, koroner kalp rahatsızlığı, hidrojenasyon

SUMMARY

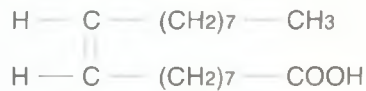
Oils and fats of vegetable and animal origins have an importance in human diet. They are mainly composed of triglycerides, esters of different fatty acids with glycerol. Fatty acids are basically classified as saturated and unsaturated. Geometric isomerism as well as positional one can be seen on unsaturated fatty acids. Trans isomerization is rarely found in nature but some treatments to oils such as hydrogenation and refining may result in formation of this type of isomer. It has been stated that some foods having high percent of trans fatty acids which may cause some health problems. In this review, trans fatty acid contents of the foods and their effects on the human health were discussed.

Key Words: Trans fatty acids, coronary heart disease, hydrogenation

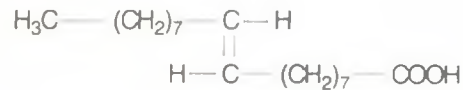
1.GİRİŞ

Trans yağ asitleri en az bir çift bağ içeren doymamış yağ asitlerinde görülen bir geometrik izomeri çeşididir. Trans izomeri şeklinde cis izomeri formuna kıyasla C atomuna bağlı H'ler ters pozisyonda yer almaktadır (Dutton 1979). Trans formda çift bağ açısı cis forma kıyasla daha küçüktür ve açıl zinciri daha doğrusaldır. Bu özelliklere sahip olmasından dolayı daha dayanıklı bir molekül yapısına sahip olmaktadır (Schofield 1979). Trans formdaki yağ asitlerinin erime noktası cis formdaki yağ asitlerine nazaran 25-30 °C gibi daha yüksek bir sıcaklık derecesinde ergimeleridir. Örneğin oleik asidin trans formu olan elaidik asitin ergime noktası 43.5-45.5 °C arasında iken, oleik asidin ergime noktası 13.4°C'dir. Elaidik asit ile oleik asitin kimyasal yapıları Şekil 1'de gösterilmektedir (Kayahan 1998).

Şekil 1. Oleik Asit ile Elaidik Asidin Kimyasal Yapıları



Oleik asit (cis)



Elaidik asit (trans)

* Gıda Mühendisi

** Gıda Yüksek Mühendisi

*** Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü - ANKARA

Doğadaki yağ asitlerinin büyük çoğunluğu cis formundadır. Buna karşın daha çok teknolojik işlemler sonucu oluşan trans yağ asitleri, eskiden eldeki koşullara bağlı olarak yağlardaki varlığı saptanamadığından, yağlarda doğal olarak bulunmadıkları kabul edilirdi. Ancak daha sonra duyarlı analiz yöntemlerinin geliştirilmesi sonucu, çok düşük düzeyde de olsa, doğal yağlarda da var olduğu tespit edilmiştir. Günümüzde trans yağ asitlerinin, özellikle hidrojenizasyon yolu ile elde edilen katı yağların yapısında oldukça yüksek oranlarda buldukları bilinmektedir. Bu durum, cis formdaki yağ asitlerinin doyma tepkimeleri sırasında trans formdaki yağ asitlerine dönüşmelerinden kaynaklanmaktadır.

Bazı araştırmacılara göre, hidrojenizasyon tepkimeleri sırasında, ortamdaki doymamış yağ asitlerinin 2/3'ü trans ve 1/3'ü cis forma dönüşecek şekilde bir denge oluşmalıdır (Kayahan 2002).

Trans yağ asitleri gıda olarak tüketilebilir yağların işlenmesi sırasında, kısmi hidrojenizasyonda ve ısıtılma işlemi sırasında yapay olarak oluşabilmektedir (Jensen ve ark. 2000). Ayrıca gıdaların depolanması ve işlenmesi sırasındaki oksidasyonla da trans ve konjuge yağ asitlerinin miktarı artabilmektedir. Doğada ise memelilerin yağlarında az miktarda dahi olsa trans ve konjuge yağ asitleri bulunabilmektedir (Smith ve ark. 1978).

2. TRANS YAĞ ASİTLERİ KAYNAKLARI

Trans yağ asitleri günlük tüketilen gıda maddelerinde ve diğer hayvan yağlarında geviş getiren hayvanların midesinde biyolojik hidrojenasyonla doğal olarak meydana gelmektedir. Fakat büyük oranda yağların katalitik hidrojenasyonu ile endüstriyel işlemler sırasında meydana gelebilmektedir. Diyetteki trans yağ asitlerinin %80-90'ını endüstriyel ölçekte işlem görmüş hidrojene yağlar oluştururken, %2-8'ini ise günlük tüketilen gıdalar oluşturmaktadır (Mounts 1979, Kromer 1976). Diyetle başlıca trans forma sahip yağ asitleri 18 C'lu olan tekli doymamış yağ asitleridir. Bu formlara bitkisel yağların kısmi hidrojenasyonu ve geviş getiren hayvanların yağlarında rastlanmaktadır. Trans formdaki çoklu doymamış yağ asitlerine ise diyetle iz (eser) miktarda rastlanmaktadır. Kısmi hidrojene edilmiş bitkisel yağlarda rastlanılan en yaygın trans formdaki yağ asidi 18:1 10t (Schofield ve ark. 1967) ve sütte bulunan başlıca trans izomeri ise 18:1 11t (vaccenik asit)'dir (Hay ve Morrison 1970).

Çeşitli miktarlarda trans yağ asitleri insan sütünde bulunmuştur. Trans yağ asidi miktarı ve tipleri, anne tarafından alınan memeli sütlerinin niceliğine ve bu sütlerin ürünlerine ve kısmi hidrojene edilmiş yağların tüketimine bağlı olarak değişmektedir (Jensen 1999). İnsan sütünde trans 18:1 yağ asitlerinin ortalama değerleri %1.8 ile 6.6 arasında değişebilmektedir (Wolff ve ark. 1998).

Çoklu doymamış trans yağ asitleri memeli hayvan yağlarında %2-9 arasında değişen oranlarda mevcuttur. Trans yağ asitleri memeli hayvanların rumenlerinde mevcut mikroorganizmaların doğrudan aktivitesi ve diyet triaçilgliserollerindeki çoklu doymamış yağ asitlerinin biyohidrojenasyonu ile meydana gelmektedirler. Oluşan trans yağ asitleri biftek, sosis gibi değişik gıda ürünlerine geçebilmektedir (Schwarz 2000).

Doughnut (yağda kızarmış şekerli çörek) ve Danish pastry (Danimarka hamur tatlısı) gibi fırıncılık ürünlerinde %37, imitation cheese (taklit peynir) %38, margarinlerde %11-49 arasında, şekerleme yağlarında %27 oranlarında trans yağ asidi ihtiva bulunabilmektedir, kızarmış piliç, cipsler gibi derin kızartılmış gıdalarda kullanılan yağın yüksek oranda trans yağ asidi içermesi durumunda bu gıdalarda trans yağ asidi içeriği %36'lara kadar uzanmaktadır (Enig 1993). Günlük tüketilen gıdalarda trans yağ asidi içeriği sezona ve çevreye göre %2'den %7'ye kadar değişmektedir (Emken 1984).

Erp-Baart ve ark., 14 Avrupa ülkesinden temin ettikleri fırıncılık ürünlerinde yağ asidi kompozisyonunu özellikle de trans yağ asidi kompozisyonunu incelemişlerdir. Kurabiye, çörek, kuru pasta ve bisküvitlerde trans yağ asidi miktarının %1'in altından %5'lere kadar varan oranlarda olduğunu tespit etmişlerdir. Hamur tatlılarında trans yağ asidi içeriğinin %0'dan %33'e kadar uzandığını belirlemişlerdir. Ayçöreklerinde ve yağda kızarmış şekerli çöreklerde trans yağ asidi içeriğinin çok değişik miktarlarda olduğunu, ayçöreklerinde en yüksek değer %15 olduğunu, yağda kızarmış şekerli çöreklerde ise en yüksek değer %32 olduğunu saptamışlardır. İzlanda ve Norveç fırıncılık ürünlerinin daha fazla oranda hidrojene deniz ürünleri yağları bazlı oldukları saptanmıştır (Erp-Baart ve ark. 1998).

Trans yağ asitleri açısından başlıca kaynaklar günlük tüketilen yağlar, sığır don yağı ve hidrojene yağlardır. Diğer önemli trans yağ asitleri kaynakları hidrojene yağların kullanıldığı yan sanayilerden en önemlisi olan margarin sanayidir (Schwarz 2000).

Trans yağ asitleri pek çok bitkisel ve hayvansal yağın bileşiminde değişik miktarlarda da olsa bulunmaktadır. Özellikle geviş getiren hayvanlarla keseli hayvanların depo ve organ yağlarında, Çizelge 1'de görüldüğü gibi, doğal olarak bulunan trans yağ asitlerinin kısmen işkembe suyu ya da sindirim ekstraktında yer alan mikroorganizmalar tarafından ve polienik yağ asitlerinin mikrobiyel yolla kısmi hidrojenasyonu sırasında oluşturuldukları saptanmıştır (Kayahan 2002).

Çizelge 1. Hayvansal Depo ve Organ Yağlarında Doğal Olarak Yer Alan Trans Yağ Asitleri (Kayahan 2002).

Hayvansal yağın adı	Trans yağ asidi miktarı (%)
Öküz iç yağı	4.5-10.0
Keçi iç yağı	6.8-11.1
Koyun iç yağı	10.7-15.8
Kanguru iç yağı	18.1-19.0

1985 yılında 90'nın üzerinde ticari margarin üzerinde yapılan çalışmalar toplam trans yağ asidi miktarının, %10-30 arasında değiştiğini göstermiştir. 10 yıl sonra ise Almanya'da 197 gıda ürünü incelenmiştir. Bu çalışma, süt ve süt ürünlerinde trans yağ asidi içeriğinin %1.9-7.9 arasında olduğunu, geviş getiren hayvanların etlerinde ise %2-10.6 arasında değiştiğini, hidrojene yağlarda ise 0 ila %34.9 arasında değiştiğini, domuz etinde ise %0.5'in altında bulunduğunu göstermiştir (Pfalzgraf ve ark. 1994).

Önemli bir diğer trans yağ asidi kaynağı ise hidrojene yağlardan üretilen derin kızartma yağlarıdır. Bu yağlar %45-65 gibi yüksek değerler arasında trans yağ asitleri içermektedir (Schwarz 2000). Patates cipsleri derin kızartılmış gıda ürünlerinden biridir ve restoranlarda ve fast-food burger menülerinde kendine yer edinmiştir. Bu cipslerin yağ asidi kompozisyonu kızartma işleminde kullanılan yağla ilgili olarak değişmektedir. Aro ve ark. tarafından yapılan çalışmada fast-food restoranlardan temin edilen kısmi hidrojene bitkisel yağların kızartma yağı olarak kullanıldığı patates cipslerinde trans yağ asidi içeriğinin %12-35 arasında olduğu saptanmıştır. Ayrıca mikrodalga patlamış mısır örneklerinde trans yağ asitleri içeriğinin %27-34 arasında olduğu tespit edilmiştir (Aro ve ark. 1998a).

Aro ve ark. tarafından yapılan diğer bir çalışmada ise, 14 Avrupa ülkesinden günlük tüketilen ürünler ve et ürünleri alınmak suretiyle yağ asidi kompozisyonları özellikle de trans yağ asitleri içerikleri ve kompozisyonları incelenmiştir.

Yaptıkları bu çalışmanın sonucunda inek sütü, tereyağ ve peynir ürünlerinde trans yağ asidi içeriğinin yağ asitlerinin %3.2 ile %6.2'sini oluşturduklarını, keçi ve koyun süt ve peynirlerinin %2.7 ile %7.1 arasında trans yağ asidi içerdiklerini saptamışlardır. Kısmi hidrojene bitkisel yağ ihtiva eden dondurmaların %21 ve %31 arasında trans yağ asidi içerdiklerini, düşük trans yağ asiti içeren modifiye türde dondurmaların ise %0.2 ve %0.9 arasında trans yağ asidi içerdiklerini saptamışlardır.

Sığır etinin %2.8-9.5 ve kuzu etinin ise %4.3-9.2 arasındaki oranlarında trans yağ asidi içerdiklerini saptamalarına karşın, domuz eti (%0.2-2.2) ve tavuk eti (%0.2-1.7) ve diğer memeli olmayan hayvan etlerinde düşük miktarlarda trans yağ asitleri belirlemişlerdir (Aro ve ark. 1998b).

Kayahan ve Tekin tarafından yapılan çalışmada, Ankara piyasasından toplanan 17 adet değişik margarin örneği alınmıştır. Örnekler, gerek üretimlerinde kullanılan teknoloji ve gerekse beslenme fizyolojisi açısından önemli kriterler olan, kayma noktası % konjuge yağ asitleri, genel yağ asitleri ve trans yağ asitleri analizlerine tabi tutulmuştur. Bu çalışmaya göre, trans yağ asitleri içeriği pastacılık margarinlerinde genellikle düşük çıkarken, margarin örneklerinin bir tanesinde trans yağ asitlerine rastlanmamış iken bir tanesinde ise %34.52 gibi yüksek bir değer tespit edilmiştir (Kayahan ve Tekin 1994).

Tekin ve ark. tarafından yapılan çalışmada da, Türkiye'de satışa sunulan 12 farklı kase ve paket margarin örneklerinde trans yağ asidi, katı faz içerikleri ve kayma noktaları incelenmiştir. Dört margarin örneğinde trans izomerlerine rastlanmaz iken diğer 10 üründe %7.7 ile %37.8 arasında değişen miktarlarda trans yağ asidi içeriğine rastlanmıştır. Kuzey Amerika'ya kıyasla Türkiye'de üretilen margarinler daha fazla miktarda trans yağ asidi içermektedir. (Tekin ve ark. 2002).

Çetin ve ark. tarafından yapılan çalışmada; Türkiye'de üretilen 10 adet margarin örneğinin Kapiler Gaz Kromatografi ve Fourier Transform-Infrared Spektroskopisi (FT-IR) kullanmak suretiyle, yağ asidi kompozisyonunu ve toplam trans yağ asidi içeriklerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda toplam trans yağ asidi içeriğini kapiler gaz kromatografi kullanmak suretiyle %0.9 ve %32.0 arasında olduğunu, FT-IR vasıtasıyla yaptıkları ölçümlerde ise %0 ve %30.2 arasında olduğunu tespit etmişlerdir. Tespit ettikleri bu verilere dayanarak Türkiye'nin ve Arjantin'in birçok margarin üreticisi ülkeye kıyasla daha yüksek trans yağ asidi içeriğine sahip margarinlere sahip olduklarını öne sürmüşlerdir (Çetin ve ark. 2003).

Tavella ve ark. tarafından yapılan çalışmada; Arjantin'de yaygın olarak tüketilen 46 gıda örneğini alarak toplam yağ asitleri, doymuş yağ asitleri ve bir trans monoen yağ asiti olan elaidik asit içeriklerini incelemişlerdir. Dilimlenmiş ekmeklerde toplam yağ asidi miktarının % 2.0-3.4 arasında, pasta ve kraker gibi ürünlerde %2.9-25 arasında, margarinlerde %50-80 arasında, tereyağında %85, çerez benzeri ürünlerde %34-39 arasında olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı ürünlerde trans yağ asitlerinden olan elaidik asit miktarları ise; dilimlenmiş ekmeklerde %2.35-27.7, pasta ve kraker gibi ürünlerde %2.85-28.95, margarinlerde %18.15-31.84, tereyağında %4.63, çerez benzeri ürünlerde % 0-10.58 olarak belirlenmiştir (Tavella ve ark. 2000).

3. HİDROJENİZASYON İŞLEMİNDE TRANS YAĞ ASİTLERİ İÇERİĞİNE ETKİLİ FAKTÖRLER

Hidrojenasyon işlemi sırasında çift bağ içeren doymamış yağ asitleri katalizör yüzeyine adsorblanarak doymuş yağ asitlerine dönüşmekte ya da pozisyonel veya geometrik izomerizasyona uğramaktadır (Gümüşkesen 1999). Hidrojene yağlarda trans yağ asidi içerikleri hidrojenasyon metodu ve derinliğine bağlı olarak %5'den %70'e kadar geniş bir aralıkta değişmektedir (Schwarz 2000).

Hidrojenasyon ortamında sıcaklığın yükselmesi bir yandan hidrojenasyonun seçiciliğini artırırken, diğer yandan da ortamda trans yağ asitlerinin oluşumunu arttırmaktadır (Gümüşkesen 1999, Kayahan 2002).

Hidrojenasyon tepkimeleri sırasında ortamdaki hidrojenin basıncı, tepkimenin hızı ve seçiciliği yanında, trans yağ asitlerinin oluşumunu da etkilemektedir. Basıncın yüksek olması, hidrojenin yağdaki çözünürlüğünü arttırdığından, tepkime hızını yükseltmekte ve doyma tepkimesi sonucu birim zamandaki doymamış bileşen miktarı hızla düştüğünden, oluşan trans yağ asidi miktarı da azalmaktadır (Kayahan 2002).

Hidrojenasyon işleminde karıştırma, katalizör yüzeyinde yeterli miktarda hidrojenin bulunmasının sağlanması açısından çok önemli bir işleve sahiptir. Uygulanan karıştırma işlevinin yeterli olmaması durumunda yağ içerisindeki hidrojen konsantrasyonunun düşmesi sonucu katalizör yüzeyinde adsorbe edilen hidrojen miktarı azalmakta ve böylece hidrojenasyon yetersiz kalmakta ve yağ molekülünün katalizör yüzeyine hidrojen vermesi sonucunda trans izomerizasyon daha fazla meydana gelmektedir (Gümüşkesen 1999).

Hidrojenasyon işleminde kullanılan katalizör miktarı da trans yağ asidi içeriği üzerine etkilidir. Katalizör miktarının artması az miktarda da olsa trans izomer oluşumunu düşürürken, reaksiyonun seçiciliğini de azaltmaktadır (Gümüşkesen 1999).

Hidrojenasyon işleminde kullanılan katalizör çeşidi de trans yağ asidi içeriği üzerine etkilidir. Örneğin homojen katalizörlerden Cr(CO)₃-Metilbenzoat kullanılması durumunda cis-trans dönüşümü %10 düzeyinde gerçekleşir iken, heterojen katalizörlerden olan Ni₂S₃ kullanılması durumunda ise cis-trans dönüşümü %90'dan daha fazla düzeyde gerçekleşmektedir (Kayahan 2002).

Katalizör inhibitörleri katalizör konsantrasyonunu azaltmak suretiyle seçiciliği, izomerizasyonu ve reaksiyon hızını etkilemektedir. Trans izomerlerin oluşumu katalizör inhibitörlerinin konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak düşünülmektedir. Bu durum sabun ve klorofil gibi katalizör inhibitörlerinin trans izomer oluşumuna serbest yağ asitleri ve fosfolipitlerin oluşumuna kıyasla daha fazla katkıda bulunmasıyla açıklanmaktadır (Koman ve ark. 1983).

Kolza yağında yüksek oranda bulunan klorofil kolza yağına ait karakteristik bir özelliktir. Kolzada bulunan klorofil hidrojenizasyon işlemine katılmak suretiyle trans yağ asidi içeriğini etkilemektedir. 1-10 ppm arasında klorofil içeren rafine edilmiş ve ağartılmış kolza yağlarının hidrojenasyon koşulları eğer seçici karakterde değil ise trans yağ asidi içeriğini azaltmaktadır. Eğer hidrojenasyon koşulları seçici karakter taşıyorsa trans yağ asidi içeriği değişmemektedir (Platek 1999).

Diğer yağlara kıyasla kolza yağının karakteristik özelliklerinden biri de organik sülfür bileşikleridir ve bu bileşikler kolzada yer alan tiyoglukozitlerin dekompozisyon ürünleridir. Rafinasyon işlemi uygulanmasına rağmen belli miktarda rafine edilmiş yağda kalmaktadır. Bu kalan miktar (1-3 mg/kg S) az olmasına karşın hidrojenasyon işlemi etkilemekte ve nihayetinde trans yağ asidi içeriğini de etkilemektedir (DeMan ve ark. 1983, Drozdowski ve Zajac 1977). Çizelge 2'de kısmi hidrojene edilmiş kolza yağında (İyot değeri=80) kükürt konsantrasyonunun trans yağ asidi içeriği üzerine etkisi gösterilmektedir (Drozdowski ve ark. 1996).

Çizelge 2. Kısmi Hidrojene Edilmiş Kolza Yağında (İyot değeri=80) Kükürt Konsantrasyonunun Trans Yağ Asidi İçeriği Üzerine Etkisi (Drozdowski ve ark. 1996).

Katalizör	Trans izomerler ([%] metil elaidat)		
	0 mg/kg S	3 mg/kg S	5 mg/kg S
1 numara	30.0	35.9	39.1
2 numara	29.1	46.9	74.9
3 numara	31.6	46.3	51.5

4.HİDROJENASYON DIŞINDA TRANS YAĞ ASİDİ İÇERİĞİNİ ETKİLEYEN ETMENLER

Yağların ısıtılmasına tabi tutulması cis formdan trans forma dönüşüm meydana getirmektedir. Kızartma gibi yağa uygulanan ısıtma işlemler trans yağ asidi oluşumunu arttırmaktadır (Kiritsakis 1998). Kızartma işleminin trans yağ asitleri oluşumuna bir kaynak teşekkül ettiği düşünülmektedir. Ama kızartma işlemine tabi tutulan gıdalarda bulunan trans yağ asitleri, kızartma işleminin kendisinden değil kızartma işleminde kullanılan yağdan gıdaya geçmektedir. Çeşitli dondurulmuş gıdalar ekstra sızma zeytinyağı, yüksek oleik asitli ayçiçek yağı, ayçiçek yağı tekrar tekrar kullanılarak veya yeni yağ eklenmek suretiyle 20 defa kızartma işlemine maruz bırakılmıştır. Tekrar tekrar kullanılan yağın trans yağ asidi içeriği yeni yağ ilave edilerek kullanılanla kıyasla daha yüksek çıkmıştır (Romero ve ark. 2000).

Yaz boyunca %25 linoleik asit (C18:2) ve %50'ye kadar linolenik asitten (C18:3) oluşan yüksek miktarda çoklu doymamış yağ asitleri ihtiva eden otlarla beslenen hayvanların süt yağlarının trans yağ asitlerince zengin olduğu belirlenmiştir. Buna karşın kış boyunca çiftlik içindeki düşük çoklu doymamış yağ asitlerini düşük oranda ihtiva eden otlarla beslenen hayvanların süt yağlarının trans yağ asitlerince fakir olduğu ifade edilmiştir (Precht ve Molckentin 2000).

Anne sütündeki trans yağ asitleri içeriğine en etkili faktör annenin diyetidir. Özellikle diyetle yer alan margarinler, hidrojene bitkisel yağlar, işlem görmüş bazı gıdalar önem arz etmektedir. Annenin aldığı trans yağ asidi içeriği ile anne sütünde meydana gelen trans yağ asidi içeriği arasında doğrusal bir korelasyon mevcuttur (Aitchison 1977).

Hayat ve ark. tarafından yapılan çalışmada, 20-30 yaş arasında 19 kadının doğum sonrası 6-14 hafta arasındaki periyotta sütleri incelenmiştir. Bu çalışma sonunda toplam trans yağ asidi içeriği (C14:1t, C16:1t, C17:1t, C18:1t, C20:1t ve C18:2t) anne sütlerinde %2.8 olarak tespit edilmiştir. Bu değer Kanada ve Almanya'daki eşdeğerlerine kıyasla daha düşük bir değer arz etmektedir. Kanada ve Almanya'daki anne sütlerindeki trans yağ asitleri içeriği sırası ile %7.2 ile %4.4'dür. Anne sütlerindeki trans yağ asitleri içeriğini toplumların geleneksel beslenme alışkanlıkları ile ilişkilendirmek mümkündür (Hayat ve ark. 1999).

Fırıncılık ürünlerinde kullanılan yağ çeşidi de trans yağ asidi içeriğini etkilemektedir. Erp-Baart ve ark. tarafından fırıncılık ürünleri üzerine yapılan çalışmada, İzlanda'da altı, Norveç'te beş, Almanya, Danimarka ve Belçika'da ise üç, Fransa'da iki, İsveç ve İspanya'da ise yalnızca bir üründe hidrojene deniz ürünleri yağı kullanıldığı tespit edilmesine karşın Finlandiya, Portekiz, İtalya, Hollanda ve İngiltere gibi ülkelerin fırıncılık ürünlerinde hidrojene deniz ürünleri yağının kullanılmadığı saptanmıştır (Erp-Baart ve ark. 1998).

5.TRANS YAĞ ASİTLERİNİN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİSİ

Yapılan klinik ve epidemiyolojik çalışmalar sonucunda; kalp rahatsızlıkları riski ile trans yağ asitleri arasında sıkı bir bağlantı olduğu tespit edilmiştir. Yüksek oranda trans yağ asidi tüketildiği zaman toplam kolesterol düzeyinin artmakta olduğu bildirilmiştir (Peter ve Martijn 1992, Rebecca ve ark. 1992, Randall ve ark. 1993). 1990'lı yılların başlarında kontrollü olarak yapılan diyet çalışmaları, hidrojene edilmiş bitkisel yağlardan ve balık yağlarından diyete katılan trans yağ asitlerinin serum lipoprotein kompozisyonu üzerine negatif bir etki gösterdiğini işaret etmiştir (Mensink ve Katan 1990, Almendingen ve ark. 1995).

Trans yağ asitlerinin koroner kalp rahatsızlıkları üzerine etkisi doymuş yağ asitlerinin etkisine benzer şekilde olmasına karşın trans yağ asitleri HDL seviyesini doymuş yağ asitlerine kıyasla daha fazla düşürmektedir (Lovegrove ve Jackson 2000).

Elaidik asit gibi trans yağ asitleri LDL kolesterol düzeyini artırmak suretiyle serum kolesterol düzeyini artırmaktadır ve trans yağ asitleri HDL kolesterol düzeyini düşürmektedir (Judd ve ark. 1994, Lichtenstein ve ark. 1993, Denke 1995, Willett ve ark. 1993, Mensink ve Katan 1990, Aro ve ark. 1997, Zock ve Mensink 1996). Yapılan iki çalışmada serum kolesterol düzeyinin trans yağ asidi içermeyen margariner ile düşürülebileceği doğrulanmıştır (Noakes ve Clifton 1998, Judd ve ark. 1998).

Chisholm ve ark. trans yağ asidi içeren margariner ile tereyağının orta derecede hiperkolestrolemik ortamda kandaki lipit düzeyi üzerine etkilerini değerlendirmişlerdir. Tereyağına kıyasla margarin alımından sonra LDL kolesterol düzeyinin daha fazla düştüğü tespit edilmiştir. HDL kolesterol düzeyinin ise kaynağa bakılmaksızın aynı kaldığı tespit edilmiştir (Chisholm ve ark. 1996). Son yıllarda yapılan çalışmalar trans yağ asidi alımı ile koroner kalp rahatsızlıkları arasında pozitif bir bağlantı olduğunu göstermektedir (Kromhout ve ark. 1995, Willett ve ark. 1993, Ascherio ve ark. 1994). Ancak, gıdalardaki trans yağ asitlerinin belirlenmesinde kullanılan metotların kesinlik ifade etmemesi ve bunun yanında doz-tepki düzeyi hakkındaki bilgi yetersizliği trans yağ asitleri ile kardiyovasküler hastalıklar arasındaki bağlantının açıklanmasında daha fazla çalışma gerektiğini vurgulamaktadır (Kromhout ve ark. 1985, Dolecek 1992, Norell ve ark. 1986, Aursnes ve ark. 1986, Seidelin ve ark. 1992).

11 Avrupa ülkesinde yağ aspiratları kullanılarak yapılan çalışma da kolorektal kanser oluş derecesi ile trans yağ asidi ile bağlantısı araştırılmıştır. Trans yağ asitleri ile kolorektal kanser oluş derecesi arasında güçlü bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir (Bakker ve ark. 1997).

1990'lı yılların başında yapılan bir seri besinsel, biyokimyasal ve epidemiyolojik çalışmalar, koroner kalp rahatsızlıkları üzerine trans yağ asitlerinin en az doymuş yağ asitleri kadar olumsuz etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca trans yağ asitlerinin elzem yağ asitlerinin metabolizmasını etkilediği de düşünülmektedir (Mensink ve Katan 1990, Nestel ve ark. 1992, Willett ve ark. 1993, Kritchevsky 1995, Koletzko 1994).

Kolesterol ester transfer protein aktivitesinin HDL konsantrasyonu üzerine doğrudan bir etkiye sahip olduğu düşünülmektedir. In vitro çalışmalarda, cis yağ asitleriyle zenginleştirilmiş HDL'nin kolesterol ester transfer protein aktivitesini inhibe etmesine karşın trans yağ asitleriyle zenginleştirilmiş HDL'nin ise kolesterol ester transfer protein aktivitesini arttırdığı tespit edilmiştir (Lagrost ve ark. 1994).

Yapılan bir çalışmada, yüksek trans yağ asidi içeren veya stearik asit içeren diyetlerin kolesterol ester transfer protein aktivitesi ve fosfolipit transfer protein aktivitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Trans yağ asidi içeren veya stearik asit içeren diyetlerin kolesterol ester transfer protein aktivitesi üzerine bir etkisi olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Buna karşın, stearik asit içeren diyetin trans yağ asidi içeren diyete kıyasla fosfolipit transfer protein aktivitesi üzerine önemli oranda azaltıcı bir etki gösterdiği belirtilmiştir (Aro ve ark. 1997).

Van Tol ve ark. tarafından yapılan çalışmada, yüksek oranda trans yağ asidi içeren diyet ile yüksek miktarda linoleik veya stearik asit içeren diyetin kolesterol ester transfer protein aktivitesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Kolesterol ester transfer protein aktivitesi trans yağ asidi içeren diyet fazla miktarda alındığı zaman linoleik veya stearik asit içeren diyetlere kıyasla çok yüksek bulunmuştur. Trans yağ asidi alımından sonra kolesterol ester transfer protein aktivitesinin yüksek bulunması, LDL miktarının artmasına ve HDL miktarının ise azalmasına katkıda bulunduğu sonucuna ulaşmışlardır (van Tol ve ark. 1995).

18:1 yağ asitlerinin trans izomerlerinin bu tip yağ asitlerini tüketen yetişkin kadınların dokularında ve bebeklerinin plazma lipitlerinde depolanmakta olduğu belirtilmiştir. Prematüre bebeklerde ve 1-15 yaş arası sağlıklı çocuklarda trans yağ asitleri ile araşidonik asit (C20:4) arasındaki korelasyon ters olarak tespit edilmiştir. Araşidonik asit bebekler ve çocukların normal gelişimi ve büyümesi için gerekli bir yağ asididir. Yüksek miktarda trans yağ asidi alımı kısmi olarak hamile farelerde karaciğerdeki Δ -6 yağ asidi desaturaz enzimini inhibe etmektedir. Bu durumda fetal dokularda ve hamile dokularındaki dokosaheksanoik asit (C22:6) miktarının düşük değerde olması ile kısmi olarak açıklanabilmektedir. Buna karşın diyetteki trans yağ asidi oranı hamile farelerin ve bunların ceninlerinin, beyindeki yağ asidi bileşimini etkilememektedir (Larque ve ark. 2000).

In vitro çalışmalar trans yağ asitlerinin elzem yağ asitlerinin desaturasyonunu inhibe ettiğini göstermektedir. Büyük ihtimalle de bu etkiyi elzem yağ asitlerinin öncü maddeleri olan linoleik ve linolenik asidin uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri olan araşidonik asit ve dokosaheksanoik asitin sentezini azaltmak suretiyle göstermektedir (Rosenthal ve Doloresco 1984, Cook ve Emken 1990). Prematüre bebeklerin plazma kolestril esterlerinde (Koletzko 1992) ve küçük çocukların fosfolipitlerinde trans yağ asitleri ile araşidonik asit ve dokosaheksanoik asit arasında ters bir ilişki vardır (Desci ve Koletzko 1995).

Trans yağ asitlerinin kolesterol seviyesi üzerine istenmeyen etkileri olmasına karşın kan dolaşımı rahatsızlıkları üzerine herhangi bir risk oluşturup oluşturmadığı kanıtlanamamıştır. Günde alınması tavsiye edilen trans yağ asidi miktarının 8-10 g'ı geçmemesi istenmektedir (Schwarz 2000).

Çocuklarda alerji ve astım oluşumuna çoklu doymamış yağ asitlerinin özellikle de n-3 ve n-6 yağ asitlerinin neden olduğu bilinmektedir. Fakat bu yağ asitlerinin konfigürasyonunun (cis-trans) bu rahatsızlıklar üzerine etkisi hakkında yeterli bilgi mevcut değildir. Bir grup araştırmacı 13 ve 14 yaşlarındaki çocuklar arasında yaptıkları çalışmalar sonucunda trans yağ asitleri alımı ile astım, alerjik rhinoconjunctivitis ve atopik alerji gibi rahatsızlıklar arasında yüksek bir korelasyon tespit etmişlerdir. Çalışmalar sonucunda trans yağ asitleri alımında kaynak olarak hidrojene bitkisel yağların kullanıldığı bisküvi, kek ve cips gibi ürünler tespit edilmiştir. Cis konfigürasyonunda ise buna benzer rahatsızlık semptomlarına rastlanmamıştır (Weiland ve ark. 1999).

Huang ve Fang adlı iki araştırmacı hamsterleri, çoklu doymamış yağ asitleri, doymuş yağ asitleri, trans yağ asitleri kompozisyonuna sahip 3 grup gıda ile beslemişlerdir. Yaptıkları bu çalışmanın sonucunda; diyetteki trans yağ asitlerinin serum kolesterolünü doymuş yağ asitleri gibi arttırdığını saptamışlardır. Bu arttırma işini ise hepatik ACAT (Açıl-CoA kolesterol açıltransferaz) aktivitesini arttırmak suretiyle yapmışlardır (Huang ve Fang 2000).

Trans yağ asitleri lipoprotein (a) düzeyini arttırmaktadır. Yüksek miktarda lipoprotein (a) ise koroner kalp rahatsızlıklarının gelişme riskini arttırmaktadır (Wild ve ark. 1997). Baskın yağ kaynağı olarak hidrojene soya yağı veya balık yağı kullanılan diyetlerin alımının baskın yağ kaynağı olarak tereyağının kullanıldığı diyetlerin alımına kıyasla lipoprotein (a) seviyesini daha fazla arttırdığı belirlenmiştir (Almendingen ve ark. 1995).

Avrupa Birliği FAIR projesi koroner kalp rahatsızlığı ile ilgili faktörler üzerinde trans yağ asitlerinin etkisini değerlendirmiştir ve sonuç olarak trans yağ asitlerinin cis forma kıyasla daha fazla negatif etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, yüksek miktarda trans yağ asidi alımı ile lipoprotein (a) düzeyi artmakta ve bu artışta koroner kalp rahatsızlıklarında risk faktörlerinden birini oluşturmaktadır (Flair-Flow Europe 1998).

Hayvan diyetlerinde cis yağ asitlerinin trans yağ asitleri yerine geçmesi durumunda membran yağ asidi kompozisyonunu, membran akışkanlığını, enzim aktivitesi ve reseptör fonksiyonu gibi fonksiyonel özellikleri değiştirdiği bildirilmektedir (Alam ve ark. 1989, Ren ve ark. 1988, Barnard ve ark. 1989).

Tipik Batı diyetinde 100 g yağın yaklaşık %10'nunu trans yağ asitleri oluşturmaktadır ve bu trans yağ asitleri en fazla fırıncılık ürünlerinin tüketilmesinden kaynaklanmaktadır. %4'lük trans yağ asidinin tüketimi hiperkolestrol hastalarında LDL ve HDL kolestrol konsantrasyonlarında herhangi bir ters etkiye yol açmamıştır (Bakker ve ark. 1997).

Hindistan cevizi yağı, zeytinyağı veya trans yağ asidi içeren yüksek yağlı diyetlerin kolon kanserini artırıcı herhangi bir etkiye sahip olmadığı belirtilmektedir (Erickson ve Hubbard 1990). The Nurses Health Çalışması diyet trans yağ asitlerinin koroner kalp rahatsızlıklarında önemli bir role sahip olduğunu vurgulamaktadır. Trans yağ asitlerinden gelen toplam enerjinin %2'sinin hidrojene olmamış mono- ve çoklu doymamış yağ asitleri ile yer değiştirmesi sonucu koroner rahatsızlıklarda %53'lük bir düşüş gerçekleşmiştir (Hu ve ark. 1997).

Dr. B. Koletzko ve ark. trans yağ asitlerinin insan plasantasına transfer olacağını ve insanlarda erken gelişimi zayıflatacağını ve hamilelik, laktasyon, neonatal periyotta trans yağ asitlerinin alımının sağlık yönünden güvenlik problemlerine yol açabileceğini bildirmişlerdir (Thomas ve Holub 1994).

Trans yağ asitlerinin çeşitli hayvan türleri ve çoklu nesiller ile yapılan çalışmalarda büyüme, üreme, yaşam süresi üzerine zıt bir etkisi saptanamamıştır (Opstvedt ve ark. 1988, Emken 1984).

6.KAYNAKLAR

- AITCHISON, J. M., DUNKLEY, W. L., CANOLTY, N. L., SMITH, L. M. 1977. Influence of diet on trans-fatty acids in human milk. *Am. J. Clin. Nutr.*30, 2006–2015.
- ALAM, S. G., REN, Y. F. AND ALAM, B. S. 1989. Effect of Dietary *Trans* Fatty Acids on Some Membrane Associated Enzymes and Receptors in Rat Heart. *Lipids.* 24, 39–44.
- ALMENDINGEN, K., JORDAL, O., KIRERULF, P., SANDSTAD, B., PEDERSON, J. I. 1995. Effects of partially hydrogenated fish oil, partially hydrogenated soybean oil, and butter on serum lipoproteins and LP (a) in men. *J. Lipid. Res.* 36, 1370-1384.
- ARO, A., JAUHAINEN, M., PARTANEN, R., SALMINEN, I., MUTANEN, M. 1997. Stearic acid, trans fatty acids, and dietary fat: effects on serum and lipoprotein lipids, apolipoproteins, lipoprotein (a), and lipid transfer proteins in healthy subjects. *Am. J. Clin. Nutr.* 65, 1419-1426.
- ARO, A., AMELSVOORT, J. V., BECKER, W., ERP-BAART M-A. V., KAFATOS, A., LETH, T., POPPEL, G. V. 1998a.....Trans Fatty Acids in Dietary Fats and Oils from 14 European Countries:The TRANSFAIR Study. *Journal of Food Composition and Analysis.*11, 137-149.
- ARO, A., ANTOINE, J. M., PIZZOFERRATO L., REYKDAL, O., POPPEL, G. V. 1998b. Trans Fatty Acids in Dietary and Meat Products from 14 European Countries: The TRANSFAIR Study. *Journal of Food Composition and Analysis.* 11, 150-160.

- ASCHERIO, A., HENNEKENS, C. H., BURING, J. E., MASTER, C., STAMPFER, M. J., WILLETT, W.C. 1994. Trans fatty acids intake and risk of myocardial infarction. *Circulation*. 89, 94-101.
- Aursnes, I., Dorum, H. P., Smith, P., Arnesen, H., Christiansen, E. N., Norum, K. R., Fischer, S., WEBER, P. C. 1986. Low and high risk coronary patients discriminated by blood platelet fatty acid composition. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 46, 115-120.
- BAKKER, N., VAN'T VEER, P., ZOCC, P. L. 1997. Adipose Fatty acids and cancers of the breast. *Int. J. Cancer*. 72, 587-591.
- BARNARD, D. E., SAMPUGNA, J., BERLIN, E., BHATHENA, S. J. AND KNAPKA, J. J. 1989. Dietary *Trans* Fatty Acids Modulate Erythrocyte Membrane Fatty Acyl Composition and Insulin Binding in Monkeys. *J. Nutr. Biochem.* 1, 190-195.
- CHISHOLM, A., MANN, J., SUTHERLAND, W., DUNCAN, A., SKEAFF, M., AND FRAMPTON, C. 1996. Effect of lipoprotein profile of replacing butter with margarine in a low fat diet: Randomised crossover study with hypercholesterolaemic subjects. *Brit. Med. J.* 312, 931-934.
- COOK, H. W., EMKEN, E. A. 1990. Geometric and positional fatty acid isomers interact differently with desaturation and elongation of linoleic and linolenic acids in cultured glioma cells. *Biochem. Cell Biol.* 68, 653-660.
- ÇETİN, M., YILDIRIM, A., ŞAHİN, A. M. 2003. Determination of fatty acids and some undesirable fatty acid isomers in selected Turkish margarines. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 105, 683-687.
- DeMan, J. M., Pogorzelska, E., De Man, L. 1983. Effect of the Presence of Sulfur During the Hydrogenation of Canola Oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 60, 558-599.
- DENKE, M. A. 1995. Serum lipid concentrations in Humans: In trans fatty acids and coronary heart disease risk: report of the expert panel on trans fatty acids and coronary heart disease. *Am.J. Clin. Nutr.* 62, 693S-700S.
- DESCI, T., KOLETZKO, B. 1995. Do trans-fatty acids impair linoleic acid metabolism in children? *Ann. Nutr. Metab.* 39, 36-41.
- DOLECEK, T. A. 1992. Epidemiological evidence of relationships between dietary polyunsaturated fatty acids and mortality in the multiple risk factor intervention trial. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 200, 177-182.
- DROZDOWSKI, B., ZAJAC, M. 1977. Effect of Concentration of Some Nickel Catalyst Poisons in Oils on the Course of Hydrogenation. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 54, 595-599.
- Drozdzowski, B., Tynek, M., Pawlowicz, R., Huzuka, Z. 1996. Unpublished work.
- DUTTON, H. J. 1979. Hydrogenation of fats and its significance. In: Eraken E. A., Dutton H. J., editors. Geometrical and positional fatty acid isomers. Champaign, IL: American Oil Society. p. 1-16.
- EMKEN, E. A. 1984. Nutrition and biochemistry of trans and positional fatty acid isomers in hydrogenated oils. *Annu. Rev. Nutr.* 4, 339-376.
- ENIG, M. G. 1993. Trans fatty acids- an update. *Nutr. Q.* 17, 79-95.
- ERICKSON, K. L. AND HUBBARD, N. E. 1990. Dietary fat and tumor metastasis. *Nutr. Rev.* 48,6.
- ERP-BAART, M-A. V., COUET, C., CUADRADO, C., KAFATOS, A., STANLEY, J., POPPEL, G. V. 1998. Trans Fatty Acids in Bakery Products from 14 European Countries: The TRANSFAIR Study. *Journal of Food Composition and Analysis.* 11, 161-169.
- FLAIR-FLOW EUROPE. 1998. Health aspects of trans PUFAs. Flair-Flow Reports F-FE 285/98,1493-1501.

- GÜMÜŞKESEN, A. S. 1999. Bölüm 4: Bitkisel Yağ Teknolojisi, Bölüm 4, Yağ Modifikasyon Yöntemleri. Bitkisel Yağ Sanayicileri Derneği Yayın no: 5
- HAY, H. D., MORRISON, W. R. 1970. Isomeric monoenoic fatty acids in bovine milk fat. *Biochim. Biophys. Acta.* 202, 237-243.
- HAYAT, L., AL-SUGHAYER, M. A., AFZAL, M. 1999. Fatty acid composition of human milk in Kuwaiti mothers. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B.* 124, 261-267.
- HU, F. B., STAMPFER, M. J., MANSON, J. A. E., RIMM, E., COLDITZ, G. A., ROSNER, B. A., HENNEKENS, C. H., WILLET, W. C. 1997. Dietary Fat Intake and the Risk of Coronary Heart Disease in Women. *N. Engl. J. Med.* 337, 1491-1499.
- HUANG, X., FANG, C. 2000. Dietary Trans Fatty Acids Increase Hepatic Acyl-CoA: Cholesterol Acyltransferase Activity In Hamsters. *Nutrition Research.* 20, 547-558.
- JENSEN, R. G. 1999. Lipids in human milk. *Lipids.* 34, 1243-1271.
- JENSEN, R. G., MCGUIRE, M. A., MCGUIRE, M. K. 2000. Trans fatty acids in human milk. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 102, 640-646.
- JUDD, J. T., CLEVIDENCE, B. A., MUESING, R. A., WITTES, J., SUNKIN, M. E., PODCZASY, J. J. 1994. Dietary trans fatty acids: effects on plasma lipids and lipoproteins of healthy men and women. *Am. J. Clin. Nutr.* 59, 861-868.
- JUDD, J. T., BAER, D. J., CLEVIDENCE, B. A., MUESING, R. A., CHEN, S. C., WESTRATE, J. A., MEIJER, G. W., WITTES, J., LICHTENSTEIN, A.-H., VILELLA-BACH, M., SHAEFER, E. J. 1998. Effects of margarine compared with those of butter on blood lipid profiles related to cardiovascular disease risk factors in normolipemic adults fed controlled diets. *Am. J. Clin. Nutr.* 68, 768-777.
- KAYAHAN, M., TEKİN, A. 1994. Türkiye’de Üretilen Bazı Margarinlerdeki Trans Yağ Asitleri ve Konjuge Yağ Asitleri Miktarları Üzerine Araştırma. *Gıda.* 19, 147-153.
- KAYAHAN, M. 1998. Gıda Kimyası, Bölüm 3, Lipidler, Hacettepe Üniversitesi yayınları, Edit. İ. Saldamlı, 107-193.
- KAYAHAN, M. 2002. Modifiye Yağlar ve Üretim Teknolojileri, Bölüm 1, Yağın Modifikasyonuna Ait Temel Bilgiler. ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayınları, 1-18. Ankara.
- KAYAHAN, M. 2002. Modifiye Yağlar ve Üretim Teknolojileri, Bölüm 3, Hidrojenasyon Teknolojisi. ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayınları, 39-116. Ankara.
- KOLETZKO, B. 1994. Trans fatty acids and the human infant. *World Rev. Nutr. Diet.* 75, 82-85.
- KOLETZKO, B. 1992. Trans-fatty acids may impair biosynthesis on long-chain polyunsaturates and growth in man. *Acta Paediatr.* 81, 302-306.
- KOMAN, V., PROKAJ, J., SCHMIDT, S. 1983. Study on hydrogenation rate in dependence on catalytic inhibitors (in Slovak). *Bull. Food Res.* 22, 239-250.
- KRITCHEVSKY, D. 1995. Fatty acids, triglyceride structure, and lipid metabolism. *J. Nutr. Biochem.* 6, 172-178.
- KRITSAKIS, A. K. 1998. Olive Oil From the tree to the table, In *Deterioration of Olive Oil*, Food & Nutrition Press, Inc. pp 155-189.
- KROMER, G. W. 1976. Trends and patterns in soybean oil use for food and industrial products. In: Hill L. D., editor. *World Soybean Conference*. Danville, IL: Interstate Print and Publ., Champaign, IL. p. 789-804.
- KROMHOUT, D., BOSSCHIETER, E. B., DE LEZENNE, C. C. 1985. The inverse relation between fish consumption and 20-year mortality from coronary heart disease. *New Engl. J. Med.* 312, 1205-1209.

- KROMHOUT, D., MENOTTI, A., BLOEMBERG, B., ARAVANIS, C., BLACKBURN, H., BUZINA, R., DONTAS, A. S., FIDANZA, F., GIAIPAOLI, S., JANSEN, A., KARVONEN, M., KATAN, M., NISSINEN, A., Nedeljkovic, S., PEKKANEN, J., PEKKARINEN, M., PUNSAR, S., RASANEN, L., SIMIC, B., TOSHIMA, H. 1995. Dietary saturated and trans-fatty-acids and cholesterol and 25- year mortality from coronary-heart-disease-the 7 countries study. *Prev. Med.* 24, 308-315.
- LAGROST, L., PERSEGOL, L., LALLEMANT, C., GAMVEN, P. 1994. Influence of apolipoprotein composition of high density lipoprotein particles on cholesteryl ester transfer protein activity. *IBC.* 269,3189-3197.
- LARQUE, E., PEREZ-LLAMAS, F., PUERTA, V., GIRON, M. D., SUAREZ, M. D., ZAMORA, S., GIL, A. 2000. Dietary trans fatty acids affect docosahexaenoic acid concentrations in plasma and liver but not brain of pregnant and fetal rats. *Pediatr. Res.* 47, 278-283.
- LICHTENSTEIN, A. H., AUSMAN, L. M., CARRASCO, W., JENNER, J. L., ORDOVAS, J. M., SCHAEFER, E. J. 1993. Hydrogenation impairs the hypolipidemic effect of corn oil in humans: hydrogenation, trans fatty acids, and plasma lipids. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* 13, 154-161.
- MENSINK, R. P., KATAN, M. B. 1990. Effect of dietary trans fatty acids on high density and low density lipoprotein cholesterol in healthy subjects. *New Engl. J. Med.* 32, 439-445.
- MOUNTS, T. L. 1979. Hydrogenation. In: Pryde E. H., editor. *Fatty acids*. Champaign, IL: American Oil Chemists Society. p. 391-402.
- NESTEL, P., NOAKES, M., BELLING, B., MCARTHUR, R., CLIFTON, P., JANUS, E., ABBEY, M. 1992. Plasma lipoprotein lipid and Lp (a) changes with substitution of elaidic acid for oleic acid in the diet. *J. Lipid Res.* 33, 1029-1036.
- NOAKES, M., CLIFTON, P. M. 1998. Oil blends containing partially hydrogenated or interesterified fats: differential effects on plasma lipids. *Am. J. Clin. Nutr.* 68, 768-777.
- NORELL, S. E., AHIBOM, A., FEYCHTING, M., PEDERSEN, N. L. 1986. Fish consumption and mortality from coronary heart disease. *Br. Med. J.* 293, 426. (letter)
- OPSTVEDT, J., PETERSEN, J., MORK, S. J. 1988. Trans fatty acids: 1. Growth, fertility, organ weights and nerve histology and conduction velocity in sows and offspring. *Lipids.* 23, 713-719.
- PETER, L. Z., MARTIJIN, B. K. 1992. Hydrogenation alternatives: effects of trans fatty acids and stearic acid versus linoleic acid on serum lipids lipoproteins in humans. *J. Lipid Res.* 33,399-410.
- PFALZGRAF, A., TIMM, M., STEINHART, H. 1994. Amounts of trans fatty acids in foods. *Z. Ernährungswiss.* 33, 24-43.
- PLATEK, T. 1999. Changes of Nutritional Value of Rapeseed Oil during Bleaching Process. *Roczniki Instytutu Przemysłu Mięsnego i Tłuszczowego.* 36, 235-250.
- PRECHT, D., MOKKENTIN, J. 2000. Trans unsaturated fatty acids in bovine milk fat and dairy products. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 102, 635-639.
- RANDALL, W., KAREN, K., BARBARA, O., STEPHEN, T., GAIL, M. 1993. Effect of butter, mono- and polyunsaturated fatty acid-enriched butter, trans fatty acid margarine, and zero trans fatty acid margarine on serum lipids and lipoproteins in healthy men. *J. Lipid Res.* 34, 1-11.
- REBECCA, T., WALTER, C. W., SCOTT, T. W. 1992. Trans fatty acid intake in relation to serum lipid concentrations in adult men. *Am. J. Clin. Nutr.* 56, 1019-1024.
- REN, Y. F., ALAM, S. Q., ALAM, B. S., KEIFER, L. M. 1988. Adenylate Cyclase and b-Receptors in Salivary Glands of Rats Fed Diets Containing *Trans* Fatty Acids. *Lipids.* 23, 304-308.

- ROMERO, A., CUESTA, C., SANCHEZ-MUNIZ, F. J. 2000. Trans Fatty Acid Production in Deep Fat Frying of Frozen Foods with Different Oils and Frying Modalities. *Nutrition Research*. 20, 599-608.
- ROSENTHAL, M. D., DOLEROSCO, M. A. 1984. The effects of trans-fatty acids on fatty acyl delta 5 desaturation by human skin fibroblasts. *Lipids*. 19, 869-874.
- SCHOFIELD, C. R., DAVISON, V. L., DUTTON, H. J. 1967. Analysis for geometrical and positional isomers of fatty acids in partially hydrogenated fats. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 44, 789-804.
- SCHOFIELD, CR. 1979. Analysis and physical properties of isomeric fatty acids. In: Emken E. A., Dutton H. J., editors. *Geometrical and positional fatty acid isomers*. Champaign, IL: American Oil Society. p. 41.
- SEIDELIN, K. N., MYRUP, B., FISCHER-HANSEN, B. 1992. n-3 fatty acids in adipose tissue and coronary artery disease are inversely related. *Am. J. Clin. Nutr.* 55, 1117-1119.
- SMITH, L. M., DUNKLEY, W. L., FRANKE, A., DAIRIKI, T. 1978. Measurement of trans and Other Isomeric Unsaturated Fatty Acids in Butter and Margarine. *Journal of American Oil Chemists' Society*. 55, 257-261.
- Schwarz, W. 2000. Trans unsaturated fatty acids in European nutrition. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 102, 633-635.
- TAVELLA, M., PETERSON, G., ESPECHE, M., CAVALLERO, E., CIPOLLA, L., PEREGO, L., CABALLERO, B. 2000. Trans fatty acid content of a selection of foods in Argentina. *Food Chemistry*. 69, 209-213.
- TEKIN, A., ÇIZMECI, M., KARABACAK, H., KAYAHAN, M. 2002. Trans FA and Solid Fat Content of Margarines Marketed in Turkey. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 79, 443-445.
- THOMAS, L. M. AND HOLUB, B. J. 1994. Nutritional aspects of fats and oils in *Technological Advances in improved and Alternative Sources of Lipids*. Ed by Kamel, B. S., Kakuda, Y. Blackie Academic and Professional, London. pp 15-49.
- VAN TOL, A., ZOCK, P. L., VAN GENT, T., SCHEEK, L. M., KATAN, M. B. 1995. Dietary trans fatty acids increase serum cholesteryl ester transfer activity in man. *Atherosclerosis*. 115, 129-134.
- WEILAND, S. K., MUTIUS V. E., HÜSING, A. 1999. Intake of trans fatty acids and prevalence of childhood asthma and allergies in Europe. *The Lancet*. 353, 2040-2041.
- WILD, S. H., FORTMANN, S. P., MARCOVINA, S. M. 1997. A prospective case-control study of lipoprotein (a) levels and apo (a) size and risk of coronary heart disease in Stanford Five-City Project participants. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* 17, 1657-1661.
- WILLETT, W. C., STAMPFER, M. J., MANSON, J. E., COLDITZ, G. A., SPEIZER, F. E., ROSNER, B. A., SAMPSON, L. A., HENNEKENS, C. H. 1993. Intake of trans fatty acids and coronary heart disease among women. *Lancet*. 341, 581-585.
- WOLFF, R. L., PRECHT, D., MOLKENTIN, J. 1998. Trans-18:1 acid content and profile in human milk lipids. Critical survey of data in connection with analytical methods. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 75, 661-671.
- ZOCK, P. L., MENSINK, M. B. 1996. Dietary trans fatty acids and serum lipoproteins in humans. *Curr. Opin. Lipidol.* 7, 34-37.