

Gıdalarda Trans Yağ Asitlerinin Varlığı ve Önemi

Arzu KAVAZ YÜKSEL

*Atatürk Üniversitesi, Erzurum Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Erzurum,
arzukavaz@atauni.edu.tr; <https://orcid.org/0000-0001-8292-9259>*

Mehmet YÜKSEL

*Atatürk Üniversitesi, Hınıs Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Hınıs, Erzurum,
mehmet.yuksel@atauni.edu.tr; <https://orcid.org/0000-0001-6566-1385>*

Geliş tarihi/Received: 26.04.2020

Kabul tarihi / Accepted: 27.05.2020

Öz

Trans yağ asitleri (TYA), trans konfigürasyonunda en az bir tane konjuge olmayan çift bağ ihtiva eden doymamış yağ asitlerdir. Diyetimizde bulunan TYA, endüstriyel olarak üretilmiş yağlardan ve doğal olarak ruminantlardan elde edilen ürünlerden kaynaklanabilmektedir. Endüstriyel TYA oluşumuna katkıda bulunan ana işlem bitkisel yağların hidrojenasyonudur. Hidrojenasyon, doymamış yağ asitlerinin karbonları arasındaki çift bağlara hidrojen ilavesi yapılarak yağlarda oksidasyona duyarlılığı azaltma, tat stabilitesini sağlama ve yağların fiziksel özelliklerini değiştirerek ürünün kullanım alanlarını artırma işlemidir. Genel olarak TYA, hidrojenasyon, rafinasyon ve kızartma gibi termal işlemler sırasında meydana gelirken, doğal TYA, ruminant hayvanların rumeninde, biyohidrojenasyon yoluyla oluşmaktadır. Diyetle birlikte alınan TYA'nin %82-90'ı endüstriyel kaynaklı kısmi hidrojenasyon işlemlerinden kaynaklanırken, %2-8'i hayvansal ürünlerden kaynaklanmaktadır. Bu derleme çalışmasında, kalp rahatsızlığı başta olmak üzere, birçok hastalığa yol açtığı bilinen ve birçok gıdanın içeriğinde bulunan trans yağ asitlerinin tanımı, oluşum mekanizmaları ve insan sağlığı üzerindeki etkileri hakkında bilgi verilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Trans yağ asitleri, hidrojenasyon, biyohidrojenasyon, cis yağ asidi, sağlık*

The Presence and Importance of Trans Fatty Acids in Foods

Abstract

Trans fatty acids (TFA) are unsaturated fatty acids containing at least one unconjugated double bond in the trans configuration. TFA in our diet can be stemmed from industrially produced oils and products that are naturally derived from ruminants. The main process that contributes to the formation of industrial TFA is the hydrogenation of vegetable oils. Hydrogenation is the process, where sensitivity to oxidation in oils is reduced, taste is stabilized by adding hydrogen to the double bonds between the carbons of unsaturated fatty acids and uses of products are increased by changing the physical properties of the oils. In general, TFA is formed during thermal processes such as hydrogenation, refining and frying, while natural TFA is formed in the rumen of ruminant animals through biohydrogenation. 82-90% of the TFA is taken into the body in diet is originates from industrial partial hydrogenation processes, while 2-8% of it from animal products. This review attempts to define, explain the formation of trans fatty acids that are found in majority food and known to cause many diseases such as heart disease, and the impact of it on human health.

Keywords: *Trans fatty acids, hydrogenation, biohydrogenation, cis fatty acid, health*

GİRİŞ

Trans yağ asitleri (TYA), insanoğlunun beslenme serüveninde sürekli var olmuştur. Çünkü geviş getiren pek çok hayvanın süt ve et yağlarında az miktarda da olsa doğal kaynaklı TYA bulunmaktadır (Taşan ve Dağlıoğlu, 2005; Taşan ve Geçgel., 2008). Buna karşılık, TYA izomerlerine doğada çok sık rastlanmamaktadır. Bitki kökenli yağlar hidrojenasyon ve rafinasyon, deodorizasyon süreçlerinde özellikle sıcaklık ve süre kombinasyonuna bağlı olarak uygulanan bazı teknolojik işlemler ile farklı tip izomerlerin varlığı ortaya çıkabilmektedir (Noble, Moore, Harfoot., 1974; Kırılan, Yorulmaz, Ercoşkun., 2005; Demir ve Taşan, 2019).

Et ve süt ürünleri; doymuş yağ asitleri, trans yağ asitleri ve konjuge linoleik asit (KLA)'in doğal kaynaklarıdır. Ruminantlarda TYA, rumendeki mikrobiyal biyohidrojenasyon reaksiyonları sırasında az miktarda da olsa oluşmaktadır. Mikrobiyal biyohidrojenasyon, doymamış yağ

asitlerinin bağırsak mikroflorası tarafından daha doymuş son ürünlere dönüştürülmesi işlemidir (Herzallah, Humeid, Al-Ismael., 2005). Genel olarak ruminantlarda TYA'nin ana bileşeni trans-vaksenik asittir (18:1, t11). Ruminantların süt ve et yağlarındaki TYA oranı üzerine; mevsim, hayvanın yediği yemin cinsi, iştahın mikrobiyal popülasyonu ve ürünlerin işleme koşulları gibi faktörler etkili olabilmektedir. Yapılan araştırmalarda; süt ve ürünlerinde %1,9 ile 7,9 arasında, geviş getiren hayvanların etlerinde ise %2 ile 10,6 arasında TYA olduğu saptanmıştır (Semma, 2002).

Yağ asitleri, doymuş ve doymamış olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Doymamış yağ asitlerinde çift bağlar iki izomer halinde bulunabilmektedir. Bu izomerler, pozisyon ve geometrik izomerlerdir (Semma, 2002; Kayahan, 2003). Pozisyon izomerizmi, doymamış yağ asitlerindeki çift veya üçlü doymamış bağların aynı sayıda olmalarına karşın zincir üzerindeki yerleşimlerinin

farklılığından kaynaklanmaktadır (Nas, Gökalp, Ünsal., 2001). Geometrik izomerizm ise çift bağların etrafındaki karbon atomlarına bağlanmış olan hidrojen atomlarının konumuna göre şekillenen bir izomerizmdir. Bu izomerizm cis ve trans olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Larque, Zamora, Gill, 2001). Cis formunda, çift bağların yapısındaki karbon atomları çift bağ ile aynı yönde iken, trans yapısındaki çift bağlarda karbon atomları birbirine zıt yöndedir. Yağ asitlerinin cis ve trans konfigürasyonları arasında fizyolojik birtakım özellikler bakımından önemli farklılıklar bulunmaktadır. Cis yağ asitlerinin erime noktaları düşük iken; trans yağ asitlerinin erime noktaları oldukça yüksektir. Cis yağ asitleri, kaynama noktalarına bağlı olarak normal basınç altında distile edilebilmekte ve yağ çözücü maddelerle trans formundaki yağ asitlerine oranla daha kolay çözünmektedir (Wolff, 1992; Semma, 2002; Bensadoun, 2003; Kayahan, 2003).

TYA içeriği yüksek yağlar, gelişen margarin üretim teknolojisiyle birlikte hayatımıza girmiştir. Margarin ve şorteningler, genel olarak kısmi hidrojenasyon metotlarıyla bitki kökenli sıvı yağlardan üretilmektedir (Taşan ve Dağlıoğlu, 2005). Bitkisel sıvı yağların katılaştırılması ve diğer bir ifadeyle doymamış yağ asitlerinin doyurulmasını esasına dayanan hidrojenasyon işlemi ile cis formdaki yağ asitlerinin önemli bir kısmı trans forma dönüşmektedir (Kayahan, 2003).

TYA'nin oluşumunda etkili olan faktör, yağların dayanıklılığını arttırmak ve raf ömrünü uzatmak amacıyla uygulanan hidrojenasyon prosesidir. Bitkisel yağlara ve bazı ülkelerde balık yağlarına uygulanan hidrojenasyon işlemiyle yağların fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özellikleri geliştirilmektedir. Bu uygulamayla

farklı gıdaların üretiminde kullanılma olanağı çeşitlenirken, oksidasyona karşı dayanıklılıkları da artırılmış olmaktadır (Belitz ve Grosch, 1999). Bu yöntemle sıvı yağların erime noktaları yükseltilerek oda sıcaklığında katı forma getirilmekte ve margarin, şortening ve kızartma yağı gibi ürünlere dönüştürülmektedir (Nas vd., 2001). Gıda fabrikalarının ve işletmelerinin endüstriyel çapta trans yağları tercih etmelerindeki ana etken, hem elde edilen ürünün hemen bozulmaması ve hem de maliyetinin düşük olmasıdır. TYA; restoranlarda ve hazır yemek sektöründe de kızartma yağı olarak daha uzun süre kullanılabilir olması nedeniyle çok tercih edilmektedir.

TYA'lerinin doymuş yağ asitlerinde olduğu gibi LDL kolesterol seviyesini arttırdığı, HDL kolesterol seviyesini ise düşürdüğü ve bu kapsamda çeşitli hastalıkların oluşumunu tetiklediği yapılan pek çok araştırmada bildirilmiştir (Mensink ve Katan, 1990). Son yıllarda çoğu ülkede halk, hidrojenize yağların kullanımının kısıtlanması ve trans yağ asitleri tüketiminin azaltılması yönünde bilinçlendirilmeye başlanmıştır (Taşan ve Dağlıoğlu, 2005).

Bu derleme çalışmasının amacı, trans yağ asitlerinin önemi, buldukları kaynaklar, kullanım alanları ve sağlık üzerindeki etkileri konusunda bilgi vermektir.

GIDALARDA YAĞ ASİTLERİNİN OLUŞUMU

Trans yağ asitleri üç yolla oluşmaktadır. Bunlar; biyohidrojenasyon, kısmi hidrojenasyon ve yüksek sıcaklık uygulamalarıdır (Willett ve Ascherio, 1994; Combe, Billeaud, Entressangles., 2000; Çakmakçı, Tahmas-Kahyaoğlu, 2012).

Biyohidrojenasyon

Biyohidrojenasyon geniş getiren hayvanların rumeninde bulunan bakteriler tarafından gerçekleştirilmektedir. Ruminantlarda yağlar, mikrobiyotadaki çeşitli mikroorganizmalara ait lipazlarca katalizlenen reaksiyonlar sonucu çoklu doymamış yağ asitlerinin biyohidrojenasyonu gerçekleşmektedir. Bu işlem, doymamış yağ asitlerinin doymasına ve trans yağ asitlerinin oluşumuna yol açmaktadır (Sanders, 1988; Kırılan vd., 2005). Biyohidrojenasyon olayının ilk adımı, rumendeki başlıca anaerobik bakteriler olan *Butyrivibrio fibrisolvens* ve *Megasphaera esdenii* tarafından linoleik asidin izomerizasyonunun sağlanmasıdır. Bu mikroorganizmaların etkisiyle çoklu doymamış yağ asitlerinin izomerizasyonu ve konjuge linoleik asitin (KLA) (18:2 9c, 11t ve 18:2 10t, 12c) oluşumu gerçekleşmektedir (Bauman, Baumgard, Corl, Griinari, 1999; Martin, Milinsk, Visentainer, Matsushita, De-Souza, 2007). Oluşan KLA, hayvan bünyesi tarafından absorbe edilmekte veya (18: 1 11t) ve (18: 1 10t) oluşturmak üzere biyohidrojenasyona uğratılmaktadır (Martin vd., 2007). Tipik bir yem diyetiyle beslenen sığırların ruminal içeriklerde bulunan ana trans monoen izomeri, trans-11 C18: 1'dir. Kalan izomerlerin çoğu, 12-16 karbonları arasında eşit olarak dağılım gösteren çift bağa sahiptir (Herzallah vd., 2005).

Geniş getiren hayvanların rumeninde TYA, biyohidrojenasyon sonucu doğal olarak meydana geldiğinden dolayı bu hayvanların vücut yağlarında ve sütlerinde yaklaşık olarak %3-8 oranında toplam TYA bulunmaktadır. Hayvanların meralarda otlanma süresi ve çeşitliliğine bağlı olarak süt ve et yağlarındaki TYA'nin oranı değişim gösterebilmektedir (Aro, Amaral, Kesteloot,

Rimestad, Thamm, Van Poppel, 1998; Kırılan vd., 2005; Çakmakçı, Tahmas-Kahyaoğlu, 2012). Ruminant diyetlerinde tipik yağ asitleri olan linoleik ve linolenik asitlerin, biyohidrojenasyon sırasında trans-11 bağları içeren birkaç monoen ve dien ara ürününe dönüştürüldüğü kabul edilmektedir (Harfoot ve Hazelwood, 1988). Ruminantların süt ve et yağlarındaki TYA'nin izomer kompozisyonu, endüstriyel çapta hidrojenizasyon uygulanmış yağlardaki kadar farklılık göstermemektedir. Trans formda çift bağların çoğunluğu n-7, bir kısmı da n-9 pozisyonundadır. Rumende genel olarak ortaya çıkan yağ asidi ise trans vassenik asittir (Mensink ve Katan, 1990; Semma, 2002).

Süt yağının TYA konsantrasyonu ve ruminantların iç yağı miktarı, açık havada ve merada yemlenme dönemlerinde daha yüksek seviyelere ulaşırken mevsimsel olarak iç mekânda beslemenin gerekli olduğu kış dönemlerinde daha düşük seviyelerde kalmaktadır. Bu da mevsimsel farklılıkların ruminantların süt ve etindeki çeşitli yağ asitleri konsantrasyonundaki değişimde önemli bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır. Çünkü hayvansal yağlardaki TYA'nin konsantrasyonu, yazın bitkilerde bol miktarda bulunan oleik asit miktarıyla doğrudan ilişkili iken doymuş yağ asitleri miktarı ile ters bir ilişkilidir (Renner ve Yoon, 1982; Precht, 1995; Precht ve Molquentin, 1995).

Kısmi hidrojenasyon

Kimyasal hidrojenasyon, yağ asitlerinin karbon zincirleri üzerindeki çift bağlara hidrojen iyonları ilave edilerek çift bağ sayısını azaltma işlemidir. Hidrojenasyon işlemi ilk defa 1911 yılında ABD'de çığit yağından (pamuk tohumu yağı) bitkisel şortening elde etmek için uygulanmıştır (Semma, 2002). Hidrojenasyon

işlemlerle esansiyel yağ asitleri yok denecek kadar azalmakta ve yeni ürünler oluşmaktadır. Bu ürünler yapısal olarak doymuş yağ asitlerine benzer özellik kazanmaktadır. Bu proseste sıvı faz doymamış yağ asitlerince, katı faz katalizörler ve gaz fazı ise hidrojen tarafından oluşturulmaktadır. İşlem sırasında trans yağ asitleri oluşum derecesini ve hızını; sıcaklık, hidrojen miktarı, gaz basıncı, katalizör çeşidi ve miktarı gibi faktörler etkilemektedir (Kayahan, 2003). Bu işleme, sıvı yağların erime noktası yükselmekte, katı veya yarı katı forma dönüşmekte, raf ömürleri ve aroma stabiliteyi artmaktadır (Mozaffarian, Katan, Ascherio, Stampfer, Willett, 2006; Agrawal, Gupta, Varma, Mathur, 2008).

Yüksek sıcaklık uygulamaları

Sıcaklığın 240°C'ye kadar çıktığı fiziksel rafinasyon veya deodorizasyon, yağ üretimindeki yüksek sıcaklık uygulamalarının başlıcalarıdır. (Semma, 2002; Tasan ve Dağlıoğlu, 2005). Bitkisel yağlar, rengi, tadı ve aromayı değiştirebilen belirli safsızlıklarından arındırılmak (serbest yağ asitleri, fosfolipitler, karbonhidratlar, proteinler ve bunların bozunma yan ürünleri) amacıyla rafine edilmektedir (Nawar, 1996). Rafinasyon sırasında bitkisel yağlar genel olarak 60°C ile 100°C arasında ısıtılır ve daha sonra, yağın organoleptik özelliklerini iyileştirmeyi amaçlayan deodorizasyona (koku giderme) maruz bırakılır. Koku giderme işlemi sırasında sıcaklık 180-270°C'ye yükseltilir ve bu da bitkisel yağlarda TYA oluşumuna yol açar (Donnelly ve Robinson, 1995; Martin vd., 2007). Ayrıca, derin yağda kızartma gibi işlemler sırasında da yağın ısıtılması (150°C-190°C veya daha fazla) yiyeceklerin kızarmasını sağlar ve bu da yiyeceklerin yapısına ve lezzetine katkıda bulunur (Bouchon, 2009). Bu işlem sırasında

yenilebilir sıvı yağlar / katı yağlar; oksidasyon, hidroliz, izomerizasyon ve polimerizasyon gibi çeşitli kimyasal reaksiyonlara maruz kalır. Sonuç olarak; serbest yağ asitleri, mono ve diasilgliseroller, oksitlenmiş monomerler, dimerler ve polimerler gibi çok sayıda ürün oluşur ve bunlar daha sonra gıdalara dahil olur ve kızarmış yiyeceklerin görünümü, aroması ve tadını meydana getirir (Moreno, Olivares, Lopez, Advelantado, Reig, 1999; Goyal ve Sundararaj, 2009). Fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi kullanılarak kızartma sonrası yağ kalitesini değerlendiren çalışmalar kızartma yağlarında TYA seviyesindeki artış ile birlikte cis formundaki çift bağlarında kayıp meydana geldiğini ortaya koymuştur. Bu durum uygulanan yüksek sıcaklık işlemlerinin TYA oluşumunu teşvik ettiğini doğrulamaktadır (Goburdhun, Jhaumeer-Laulloo, Musruck, 2001).

GIDALARDAKİ TRANS YAĞLAR

TYA, ruminant hayvanlardan elde edilen ürünlerde doğal olarak düşük miktarlarda da olsa bulunmaktadır. Bu nedenle TYA, diyetimizde az da olsa yer almaktadır (Sanders, 1988). Buna karşılık; TYA'nın esas olarak diyetimizde yer almaya başlaması, TYA içeriği yüksek olan yağların büyük çaplı ticari üretimleri, margarin endüstrisinin ve hazır yemek sektörünün gelişimi ile başlamıştır. TYA tükettiğimiz pek çok gıdanın içerisinde farkında olarak ya da olmayarak bir şekilde yer alabilmektedir. Bu yağ asitlerinin yediğimiz gıdalardaki oranı, üretim veya hazırlama işleminde kullanılan katı ve sıvı oranına bağlı olarak önemli ölçüde farklılık gösterebilmektedir (Innis, Green, Halsey, 1999). Yapılan araştırmalarda, hidrojene yağ içeren gıdalardaki TYA oranının %0 ile 34,9 arasında değişim gösterdiği saptanmıştır (Pfalzgraf vd., 1994). Ülkemizde ve dünyanın

pek çok yerinde margarin ve şortening gibi hidrojenize yağlar gıda sektöründeki önemini halen daha korumaktadır. Özellikle fast food restoran zincirleri, %25–35 trans yağ asidi içeren kızartma yağlarını ürünlerini pişirirken kullanmaktadırlar (Willett ve Ascherio, 1994; Marangoni, Idziak, Rush, 2008).

Genel olarak sıkça tüketilen ve TYA ihtiva eden gıdalar; kahve kreması, pastane ürünleri (Kraker, kurabiye, kek, dondurulmuş börek, dondurulmuş pizza ve diğer unlu mamuller), snack ve fast food ürünler, aperatif yiyecekler, tavuk veya patates gibi yağda kızartılmış ürünler, margarinler, çikolata ile şekerlemelerdir (Feldman, Kris, Kritchevsky, Lichtenstein, 1996; Ovesen, Leth, Hansen, 1996; Agrawal vd., 2008;). Ticari olarak hazırlanan bu yiyeceklerin çoğu, kısmen hidrojeneye edilmiş yağlardan (margarin ve şortening) gelen trans yağ asitlerini ihtiva etmektedir (Martin vd., 2007).

Trans Yağ Asitlerinin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri

Sağlık alanındaki gelişme ve araştırmaların artmasıyla birlikte doymuş yağların yanı sıra, trans yağların da sağlık üzerindeki olumsuzluklarından daha sık söz edilmektedir. TYA'nin erime noktası, *cis* formlarına göre oldukça yüksek olduğundan dolayı sindirilebilirlik süreçleri de uzamaktadır (Kayahan, 2003; Çakmakçı, Tahmas-Kahyaoğlu, 2012). Toplam izomer alımına bağlı olarak sağlık üzerinde meydana gelen olumsuz etkinin, geniş getiren hayvan kaynaklı gıdalardan alınan trans izomerlerinden ziyade hidrojeneye bitkisel yağlardan alınanlarla ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Zaten; diyetle alınan TYA'nin %80-90'ı endüstriyel kaynaklı trans yağ ihtiva eden gıdalardan kaynaklanırken, %2-8'i ise hayvansal kaynaklı gıdalardan kaynaklanmaktadır.

En yaygın olarak tüketilen ve hidrojeneye yağ içeren gıdalar arasında ilk sırayı margarinler almaktadır. Margarin yapımında uygulanan işlemler süresince TYA'nin miktarı değişim göstermektedir. Kısmi hidrojeneye sert margarinlerin TYA oranı, yumuşak margarinlere kıyasla oldukça fazladır. Örneğin; sert tip margarinlerde TYA'nin miktarı ortalama %10-35 arasında değişim gösterirken, bu oran yumuşak margarinlerde %8-8,9 arasındadır (Mansour ve Sinclair, 1993; Arıcı, Taşan, Geçgel, Özsoy, 2002). Son yıllarda ülkemizde kahvaltılık ve yemeklik margarin tüketimi azalmış olmasına rağmen, endüstriyel üretimin vazgeçilmezi olan şorteningler, hidrojeneye yağlar ve margarin kullanılarak yapılan ürünlerle birlikte TYA'nin vücudumuza girmesi devam etmektedir (Taşan ve Dağlıoğlu, 2005). Endüstriyel TYA, sağlığımız üzerinde kardiyovasküler problemlere, insülin direncine, kadınlarda kısırlığa, fetal ve bilişsel gelişimde geriliğe neden olabilmektedir (Bhardwaj, Passi, Misra, 2011).

Yağların çoğunluğu tigliseridlerden oluşmaktadır. Trigliseridler ve kolesterol, proteinlerle birlikte lipoprotein yapıları meydana getirmektedir. Düşük dansiteli lipoprotein (LDL), kolesterolün %60-75'ini oluşturmaktadır. Yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) ise LDL'ye göre daha fazla miktarda protein ve %20-30 kadar kolesterol ihtiva etmektedir. HDL, LDL'nin aksine kanda bulunan fazla kolesterolün hücre duvarlarında ve damarçeperlerinde birikmesini engellemekte ve bu fazlalığın uzaklaştırılması için karaciğere yönlendirmektedir. Bundan dolayıdır ki HDL iyi kolesterol, LDL ise kötü kolesterol olarak adlandırılmıştır (Norris, 2005). TYA'nin, LDL kolesterolü arttırdığı, bunun yanı sıra HDL kolesterol düzeyini ise düşürdüğü pek

çok araştırmada ortaya konulmuştur. Bu bakımdan, TYA'nin doymuş yağ asitlerinden daha zararlı olduğu yapılan araştırmalarda da bildirilmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda, TYA'nin kalp damar rahatsızlıklarının kalıtsal risk faktörü olan lipoprotein (a) seviyesini arttırdığı da tespit edilmiştir (Mensink ve Katan, 1990; Judd, Clevidence, Muessing, 1994; Gürcan, 2002; Hayes 2002; Craig Schmidt, 2006; Lee, Lee, Park, 2008). Ayrıca, gıdalarla birlikte alınan TYA'nin, çeşitli hastalıkların ortaya çıkmasında önemli bir rol oynadığı da bilinmektedir. Diyetle alınan toplam enerjinin %30'dan fazlasının yağlardan gelmesi ve özellikle TYA içeriği yüksek gıdaların tüketiminin çok fazla olması kalp rahatsızlıklarına yakalanma riskini de önemli düzeyde artırdığı saptanmıştır. Uzun yıllar süren epidemiyolojik araştırmalar, beslenme sürecinde doymuş yağ asitlerinin varlığı ile serum kolesterol seviyesinin fazlalığı ve kalp damar rahatsızlıklarının yaygınlığı arasında bir korelasyon olduğunu ortaya koymuştur (Caggiula ve Mustad, 1997; Mozaffarian vd., 2006).

TYA'ların meydana getirdiği riskler aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir:

- a.** TYA, lipoprotein (Lp (a) seviyesini artırmakta ve LDL-c partikül boyutunu azaltmaktadır. Bu nedenle, hidrojene ve kısmen hidrojene edilmiş bitkisel yağların diyetle birlikte alınması, miyokard enfaktüsü riskini artırıcı bir faktördür (Ascherio, Hennekens, Buring, Master, Stampfer, Willett, 1994; Mozaffarian vd., 2006).
- b.** TYA, arterlerin kalınlaşmasına (ateroskleroz), diyabete ve kalbe bağlı ani ölüme yol açan C-reaktif protein (CRP) seviyelerini artırarak sistemik inflamasyonu teşvik etmektedir (Lopez, Schulze, Meigs, Manson, Rifai, Stampfer, Willet, Hu 2005).
- c.** TYA, çözünebilir hücreler arası yapışma molekülleri (sICAM-1), gibi dolaşımdaki biyolojik belirteçleri artırarak endotel disfonksiyonuna neden olmaktadır. Endotel disfonksiyonu ise ateroskleroz gelişiminde önemli bir adımdır (Mozaffarian, Rimm, King, Lawler, McDonald, Levy, 2004; Lopez vd., 2005).
- d.** TYA'nin insülin direncini artırdığı ve insülin direnci ve metabolik sendrom yolları ile bağlantılı bir kardiyometabolik baskı oluşturduğu tespit edilmiştir (Mozaffarian vd., 2006).
- e.** TYA tüketiminin kadınlarda infertilite riskini artırdığı saptanmıştır (Chavarro, Rich-Edwards, Rosner, Willett, 2007).
- f.** TYA gebelik esnasında fetal gelişimi engellemektedir ve ayrıca esansiyel yağ asidi metabolizmasına müdahale ederek büyüme ve gelişme üzerinde olumsuz bir etki meydana getirebilmektedir. Direkt etkisi, membran yapıları veya metabolizması üzerinde meydana getirdiği olumsuzluklar, ikincil etkisi ise anne veya çocukta cis yapıdaki esansiyel yağ asitlerinin alımını azaltmasıdır (Hornstra, Van Eijsden, Dirix, Bonsel, 2006; Innis, 2006). Bazı araştırmalar ise TYA'nin insan plasentasına transfer olması sonucunda, insanlarda erken gelişimin zayıfladığını rapor etmişlerdir (Kıralan vd., 2005).
- g.** Prospektif epidemiyolojik çalışmalardan elde edilen kanıtlar, doymuş yağ asitleri ve TYA tüketiminin nörodejeneratif hastalıklar ile de ilişkili olduğunu ortaya koymuştur (Morris, Evans, Bienias, Tangney, Wilson, 2004).
- h.** TYA tüketimi ile kalın bağırsak kanseri oluşum riski arasında güçlü bir ilişki olabileceği vurgulanmıştır (Bakker, Vant Veer, Zock, 1997).

i. Çoklu doymamış yağ asitlerinin (özellikle n-3 ve n-6 yağ asitlerinin), çocuklarda alerjik rahatsızlıklara sebep olduğu ve astım oluşumunu tetiklediği bilinmektedir. Fakat bu yağ asitlerinin, cis-trans konfigürasyonunun belirtilen hastalıklar üzerine etkisinin olup olmadığı hakkında yeterli bilgi bulunmamaktadır (Stender ve Dyerberg, 2003; Kıralan vd., 2005).

TYA ve Alzheimer arasındaki ilişkinin belirlenmesine yönelik yapılan araştırmalarda, özellikle orta yaş ve üzeri bireyleri etkileyen Alzheimer hastalığı ile trans yağ asidi tüketim miktarı arasında pozitif bir ilişki olduğu ve trans yağ asitleri tüketiminin Alzheimer hastalığını tetiklediği saptanmıştır (Kıralan vd., 2005)

Trans yağlardan korunmak için dikkat edilecek hususlar aşağıda özetlenmiştir:

- a. Gıda ambalajı üzerinde bulunan içindekiler kısmı hidrojene yağ veya TYA varlığı ve miktarı bakımından incelenmeli ve miktarı fazla ise böyle gıdalar tüketilmemelidir.
- b. Margarin ve benzeri yağlar kullanılmak isteniyorsa; yumuşak margarinler tercih edilmelidir.
- c. Buharda pişirilmiş gıdalar ve etler daha çok tercih edilmeli ve pişirme işlemi sırasında ekstra yağ eklenmemelidir.
- d. Süt ve ürünleri tüketiminde az yağlı veya yağsız olanlar tercih edilmelidir.
- e. Kepekli tahıllar, yağ oranı düşük meyve ve sebzeler ile lif oranı yüksek gıdalar daha çok seçilmelidir.
- f. Kızartılmış patates ve hamburgerlerde TYA oranı oldukça yüksektir. Bu nedenle, fast food ürünlerinden özellikle kaçınılmalıdır.

SONUÇ

Son yıllarda trans yağ asitleri, sağlık açısından önem kazanan gıda bileşenleri arasına girmiştir. TYA, bitkisel yağların hidrojenasyonu ve bunun yanı sıra deodorizasyon, rafinasyon ve kızartma gibi ısı işlemlerin ara kademelerinde ortaya çıkabildikleri gibi geviş getiren hayvanların şirdenlerindeki mikroorganizmaların etkisi ile doğal olarak hayvansal kaynaklı ürünlerin yağlarında da ortaya çıkabilmektedir. Son yıllarda trans yağ ihtiva etmeyen gıda maddesi bulmak oldukça zorlaşmış durumdadır. Özellikle hazır ve paketlenmiş ürünlerin pek çoğunda TYA yer almaktadır. Yukarıda da özetlendiği gibi sağlığımız üzerinde pek çok olumsuz etkisi olan trans yağlardan uzak durmalı ve gıdaların içerikleri kontrol edildikten sonra diyeteye dahil edilmelidir.

KAYNAKÇA

- Agrawal, A., Gupta, R., Varma, K., Mathur, B. (2008).** High trans fatty acid content in common Indian fast foods. *Nutrition & Food Science*, 38(6), 564-569. <https://doi.org/10.1108/00346650810920178>
- 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. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 79(5), 439-444.
- Aro, A., Amaral, H.M., Kesteloot, H., Rimestad, A., Thamm, M., Van Poppel, G. (1998).** Trans FA in french fries, soups and snacks from 14 european countries: The Transfair study", *Journal of Food Composition and Analysis*, 11(2), 170-177. <https://doi.org/10.1006/jfca.1998.0572>

- 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(1), 94-101. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.89.1.94>
- Bakker, N., Vant Veer, P., Zock, P.L. (1997).** Adipose fatty acids and cancers of the breast, prostate and colon: An ecological study. *International Journal of Cancer*, 72(4), 587-591. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0215\(19970807\)72:4<587](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0215(19970807)72:4<587)
- Bauman, D.E., Baumgard, L.H., Corl, B.A., Griinari, J.M. (1999).** Biosynthesis of conjugated acid in ruminants. *Proceedings of the American Society Animal Science*, <http://www.asas.org/jas/symposia/proceedings/0937.pdf>
- Belitz, H.D., Grosch, W. (1999).** Food Chemistry. *Springer*, p.: 145-157, Berlin.
- Bensadoun, A. (2003).** Trans fatty acids- health and labeling issues. Division of Nutritional Sciences, Cornell University. <https://www.nutrition.cornell.edu/index.html>.
- Bhardwaj, S., Passi, S.J., Misra, A. (2011).** Overview of trans fatty acids: Biochemistry and health effects. *Clinical Research & Reviews*, 5(3), 161-164. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2012.03.002>
- Bouchon P. (2009).** Understanding oil absorption during deep-fat frying. *Advances in Food and Nutrition Research*, 57, 209-234. [https://doi:10.1016/S1043-4526\(09\)57005-2](https://doi:10.1016/S1043-4526(09)57005-2)
- Boue', C., Combe, N., Billeaud, C., Entressangles, B. (2000).** Nutritional implication of *trans* fatty acids during perinatal period in French pregnant women. Human Nutrition and Animal Feeding, Joint International Congress and Expo, Lipids, Fats and Oils Opportunities and Responsibilities in the New Century, Wurzburg, Germany.
- Caggiula, A.W., Mustad, V.A. (1997).** Effects of dietary fat and fatty acids on coronary artery disease risk and total and lipoprotein cholesterol concentrations: epidemiologic studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 65(5), 1597-1610. <https://doi.org/10.1093/ajcn/65.5.1597S>
- Chavarro, J.E., Rich-Edwards, J.W., Rosner, B.A., Willett, W.C. (2007).** Dietary fatty acid intakes and the risk of ovulatory infertility. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 85(1), 231-237. <https://doi.org/10.1093/ajcn/85.1.231>
- Craig Schmidt, M.C. (2006).** Worldwide consumption of trans fatty acids. *Atherosclerosis Supplements*, 7(2), 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosisissup.2006.04.001>
- Çakmakçı, S., Tahmas-Kahyaoğlu, D. (2012).** Yağ asitlerinin sağlık ve beslenme üzerine etkilerine genel bir bakış. *Academic Food Journal/Akademik Gıda*, 10(1), 103-113.
- Donnelly, J.K., Robinson, D.S. (1995).** Free radicals in foods. *Free Radical Research*, 22(2), 147-176. <https://doi.org/10.3109/10715769509147536>
- Feldman, B.E., Kris, M.P., Kritchevsky, D., Lichtenstein, H.A. (1996).** Position Paper on Trans Fatty Acids. *American Journal Clinical Nutrition*. 63(5), 663-670. <https://doi.org/10.1093/ajcn/63.5.663>
- Goburdhun, D., Jhaumeer-Laulloo, S.B., Musruck, R. (2001).** Evaluation of soybean oil quality during conventional frying by FTIR and some chemical indexes. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 52(1), 31-42. <https://doi.org/10.1080/09637480020027183>

- Goyal, N., Sundararaj, P. (2009).** Are we unknowingly consuming trans fats and abused oils? *Bulletin Nutrition Found India*, 30(2), 4-7.
- Gürcan, T. (2002).** Trans yağ asitleri ve kalp damar hastalıkları açısından önemi. *Dünya Gıda*, 8, 70-71.
- Harfoot, C.G., Hazelwood, G.P. (1988).** Lipid metabolism in the rumen. In the rumen microbial ecosystem. P. N. Hobson, Editor. Elsevier Science Publishing, New York., p.285-322.
- Hayes, K.C. (2002).** Dietary fat and heart health: in search of the ideal fat. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 1, 394-400. <https://doi.org/10.1046/j.1440-6047.11.s.7.13.x>
- Herzallah, S.M., Humeid, M.A., Al-Ismael, K.M. (2005).** Effect of heating and processing methods of milk and dairy products on conjugated linoleic acid and trans fatty acid isomer content. *Journal of Dairy Science*, 88(4), 1301-1310. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72796-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72796-X)
- Hornstra, G., Van Eijsden, M., Dirix, C., Bonsel, G. (2006).** Trans fatty acids and birth outcome: some first results of the MEFAB and ABCD cohorts. *Atherosclerosis Supplement*, 7(2), 21-23. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosissup.2006.04.006>
- Innis, S.M. (2006).** Trans fatty intakes during pregnancy, infancy and early childhood. *Atherosclerosis Supplement*, 7(2), 17-20. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosissup.2006.04.005>
- Innis, S.M., Green, T.J. and Halsey, T.K. (1999).** Variability in the trans fatty acid content of foods within a food category: implications for estimation of dietary trans fatty acid intake. *Journal of the American College of Nutrition*, 18(3), 255-260. <https://doi.org/10.1080/07315724.1999.10718860>
- Judd, J.T., Clevidence, B.A., Muesing, R.A. (1994).** Dietary trans fatty acids: Effects on plasma lipids and lipoproteins of healthy men and woman. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 59(4), 861-868. <https://doi.org/10.1093/ajcn/59.4.861>
- Kayahan, M. (2003).** Yağ Kimyası. Ankara: ODTÜ Yayıncılık, Bölüm 2, s.101- 132.
- Kıralan, M., Yorulmaz, A., Ercoşkun, H. (2005).** Trans yağ asitleri kaynakları ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Gıda ve Yem Teknolojisi*, 7, 52-64.
- Larque, E., Zamora, S., Gill, A. (2001).** Dietary trans fatty acids in early life: A review. *Early Development*, 65(2), 31-41. [https://doi.org/10.1016/S0378-3782\(01\)00201-8](https://doi.org/10.1016/S0378-3782(01)00201-8)
- Lee, E., Lee, S., Park, Y. (2008).** n-3 Polyunsaturated fatty acids and trans fatty acids in patients with the metabolic syndrome: A case-control study in Korea. *British Journal of Nutrition*, 100(3), 609-614. <https://doi.org/10.1017/S0007114508925435>
- Lopez, G.E., Schulze, M.B., Meigs, J.B., Manson, J.E., Rifai, N., Stampfer, M.J., Willet, W.C., Hu, F.B. (2005).** Consumption of trans fatty acids is related to plasma biomarkers of inflammation and endothelial dysfunction. *The Journal of Nutrition*, 135(3), 562-6. <https://doi.org/10.1093/jn/135.3.562>
- Mansour, M.P., Sinclair, A.J. (1993).** The trans fatty acid and positional (sn-2) fatty acid composition of some Australian margarines, dairy blends and animal fats. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 3(2), 155-163.
- Marangoni, A.G., Idziak, S.H.J., Rush, J.W.E. (2008).** Controlled Release of Food Lipids Using Monoglyceride Gel Phases Regulates Lipid and Insulin Metabolism in Humans. *Food Biophysics*, 3(2), 241-245. <https://doi.org/10.1007/s11483-008-9054-y>

- Martin, C.A., Milinsk, M.C., Visentainer, J.V., Matsushita, M., De-Souza, N.E. (2007).** Trans fatty acid-forming processes in foods: a review. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, 79(2), 343-350.
- 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. *New England Journal of Medicine*, 323(7), 439-445. <https://doi.org/10.1056/NEJM199008163230703>
- Moreno, M.C., Olivares, D.M., Lopez, F.J.A., Advelantado, J.V.G., Reig, F.B. (1999).** Determination of unsaturation grade and trans isomers generated during thermal oxidation of edible oils and fats by FTIR. *Journal of Molecular Structure*, 482-483, 551-556. [https://doi.org/10.1016/S0022-2860\(98\)00937-5](https://doi.org/10.1016/S0022-2860(98)00937-5)
- Morris, M.C., Evans, D.A., Bienias, J.L., Tangney, C.C., Wilson, R.S. (2004).** Dietary fat intake and 6-year cognitive change in an older biracial community population. *Neurology*, 62(9), 1573-1579. <https://doi.org/10.1212/01.WNL.0000123250.82849.B6>
- Mozaffarian, D., Katan, M.B., Ascherio, A., Stampfer, M.J., Willett, W.C. (2006).** Trans fatty acids and cardiovascular disease. *The New England Journal of Medicine*, 354(15), 1601-1613. <https://doi.org/10.1056/NEJMra054035>
- Mozaffarian, D., Rimm, E.B., King, I.B., Lawler, R.L., McDonald, G.B., Levy, W.C. (2004).** Trans fatty acids and systemic inflammation in heart failure. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 80(6), 1521-1525. <https://doi.org/10.1093/ajcn/80.6.1521>
- Nas, S., Gökalp, H.Y., Ünsal, M. (2001).** Bitkisel yağ teknolojisi. Denizli: Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Matbaası, Bölüm 2, 15-25.
- Nawar, W.W. (1996).** Lipids. In: Fenema OR, editor. Food chemistry. New York: Marcel Dekker.
- Noble, R.C., Moore, J.H., Harfoot, C.G. (1974).** Observations on the pattern on biohydrogenation of esterified and unesterified linoleic acid in the rumen. *British Journal of Nutrition*, 31(1), 99-108. <https://doi.org/10.1079/BJN19740012>
- Norris, S. (2005).** *Trans* Fats: The Health Burden, Parliamentary Information and Research Service Science and Technology Division.
- Ovesen, L., Leth, T., Hansen, K. (1996).** Fatty Acid Composition of Danish Margarines and Shortenings with Special Emphasis on *Trans* Fatty Acids. *Lipids*, 31(9), 971-975. <https://doi.org/10.1007/BF02522691>
- Pfalzgraf, A., Timm, M., Steinhart, H. (1994).** Content of *trans*-fatty acids in food. *Zeitschrift für Ernährungswissenschaft*, 33(1), 24-43. <https://doi.org/10.1007/bf01610576>
- Precht, D. (1995).** Variation of *trans* fatty acids in milk fats. *Zeitschrift für Ernährungswissenschaft*, 34(1), 27-29. <https://doi.org/10.1007/bf01612782>
- Precht, D., Molkentin, J. (1995).** *Trans* fatty acids: implications for health, analytical methods, incidence in edible fats and intake. *Die Nahrung* 39(5-6), 343-374. <https://doi.org/10.1002/food.19950390503>
- Renner, E., Yoon, Y.C. (1982).** Untersuchungen über isomere Formen ungesättigter Fettsäuren in Nahrungsfetten. 2. Isomere der Octadecadiensäure. *Milchwissenschaft*, 37, 408-411.

Lemaitre, L.R., King, I.B., Mozaffarian, D., Sotoodehnia, N., Thomas, D.R., Kuller, L.H., Tracy, R.P., Siscovick, D.S. (2006). Plasma Phospholipid *Trans* Fatty Acids, Fatal Ischemic Heart Disease, and Sudden Cardiac Death in Older Adults. *Circulation*, 114(3), 209-215. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.620336>

Sanders, T.A.B. (1988). Essential and trans-fatty acids in nutrition. *Nutrition Research Reviews*, 1(1), 57-78. <https://doi.org/10.1079/NRR19880007>

Semma, M., 2002. *Trans* fatty acids: Properties, benefits and risks. *Journal of Health Science*, 48(1), 7-13. <https://doi.org/10.1248/jhs.48.7>

Stender, S., Dyerberg, J. (2003). Influence of *Trans* Fatty Acids on Health, A Report from the Danish Nutrition Council, Yayın No: 34.

Taşan, M., Dağlıoğlu, O. (2005). Trans yağ asitlerinin yapısı, oluşumu ve gıdalarla alınması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(1), 79-88.

Taşan, M., Geçgel, Ü. (2008). Trans yağ asitleri ile ilgili yasal düzenlemeler ve yağ endüstrisine etkileri. TMMOB Kimya Mühendisleri Odası Güney Bölge Şubesi, Bitkisel Yemelik Yağlar Sempozyumu, s.82-86, Adana.

Taşan, M., Demir, B.A. (2019). Trans Yağ Asidi İçermez Beyanı Bulunan Bazı Endüstriyel Gıdaların Yağ Asidi Profilleri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1), 23-33.

Willet, W.C., Ascherio, A. (1994). Trans fatty acids: Are the effects only marginal. *American Journal Public Health*, 84(5), 722- 724. <https://doi.org/10.2105/ajph.84.5.722>

Wolff, R.L. (1992). Trans polyunsaturated fatty acids in French edible rapeseed and soybean oils. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 69(2),106-110.