

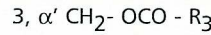
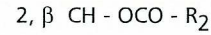
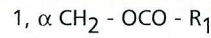
# Yağ Tüketimi ve Sağlık (II)

**B**ir önceki sayıda aynı konu incelenirken, yağ tüketiminin sağlık esaslarını tam kavrayarak uygulamaya koyabilmek yönünden, vücuda alınan yağın sindirilmesi, emilmesi ve vücutta taşınıp yıkımı konusundaki metabolik oluşumlar üzerinde de durulması gerektiği, ancak oldukça kapsamlı olan bu konunun gereken detayda incelenmesinin bu sayıda ele alınacağı belirtilmişti.

Özellikle yağ tipi ve tüketim biçiminde bilinmesi gereken ayrıntılara ışık tutacağından, vücuda alınan yağların tam kullanımına değin geçirdiği tüm metabolik evreler ve biyokimyasal değişimler üzerinde, günümüz bilimsel verilerinin tanıdığı olanaklar ölçüsünde durulacaktır.

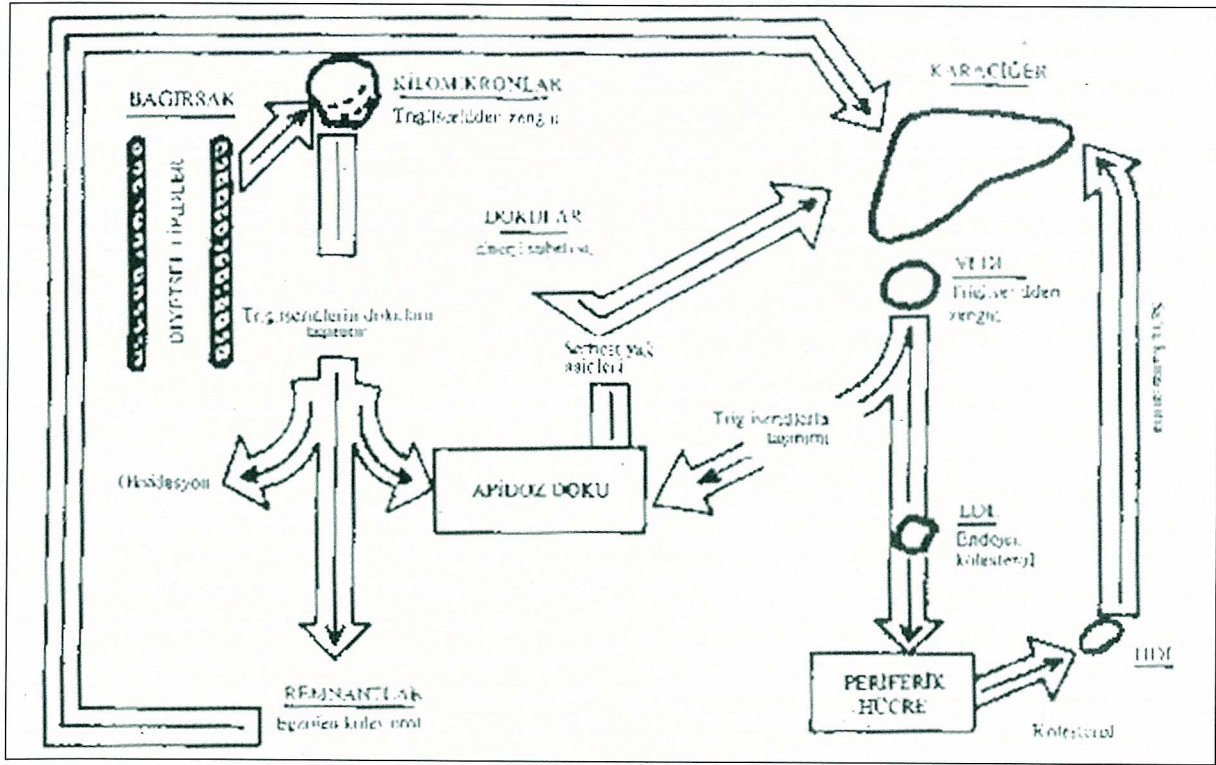
Ancak yağlarla sağlık ilişkisi ne zaman gündeme gelse, daima yağ adına yağların tamamına yakın kısmını oluşturan trigliseritler sorgulandığından, bu maddelerin yapısı ve temel yapıtaşları hakkında kimi özet bilgilerin, konunun daha iyi ve kolay anlaşılabilmesi için, bilinmesi gerekir.

Trigliseritler kimyasal olarak Şekil 1 de verilen açık formülde görüldüğü gibi, üç değerlikli bir alkol olan gliserinle, değişik zincir uzunluğu ve yapısındaki yağ asitlerinin oluşturduğu esterlerdir.  $C_3 H_5 (H)_3$  genel formülü ile gösterilebilen gliserinin içerdiği hidroksil gruplarından biri (2 veya  $\beta$ ), molekülün niteliklerini diğerlerine kıyasla farklı yönde etkilediğinden, içerdiği karbon atomları  $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\alpha'$  veya 1, 2 ve 3 şeklinde simgelenmiştir. Bu simgeleme şekli ayrıca molekülün katıldığı değişik kimyasal ve biyokimyasal tepkimeler sonucu oluşan ürünlerin, kimyasal yapılarını açıklayabilmek yönünden de yararlı olmaktadır.



Şekil 1. Trigliserit molekülü

Trigliseritlerin yapıtaşlarından diğerini oluşturan yağ asitleri, kimyasal olarak mono bazik organik asitler olup, yağlar arasında ortaya çıkan her türlü farklılık yağ asitlerinden kaynaklanmaktadır. Çünkü trigliseritlerin temel yapıtaşlarından olan gliserin, kaynağı ne olursa olsun, tüm yağlar için ortak bir bile-



Şekil 2: Yağların sindirilmesi ve kanda dolaşmaları

şendir. Buna karşın zincir uzunluk ve yapılarındaki farklılık nedeniyle doğada saptanan ve yapısı aydınlatılabilen yağ asitlerinin sayısı 200 ün üstündedir. Bu nedenle yağlar adına trigliseritler sorgulandığı gibi, trigliseritler adına da yağ asitlerinin sorgulanması gerektiği kolaylıkla anlaşılır.

### Yağların Sindirimi ve Emilimi

Yağların vücuda alındıktan sonra gerek enerji kaynağı olarak,  $\beta$ -oksidasyonu yoluyla yakılmaları, gerekse vücudun gelişme ve büyümesi için kullanılmaları, Şekil 2 de görüldüğü gibi, oldukça kompleks ve karmaşık bir yapı gösteren biyokimyasal tepkimeler sonucu gerçekleşmektedir. Bu nedenle yağların bu süreçte geçirdiği karmaşık tepkime mekanizmalarının ana hatları ile de olsa aydınlatılabilmesine, ısrarla sürdürülen çok uzun ve zahmetli çalışmalar sonucu ulaşılabilmektedir. Ulaşılan tüm bu bulgulara karşın yağların sağlık üzerine etkileri hakkında hala karanlık noktalar söz konusu olduğundan, bu konudaki fizyolojik ve biyokimyasal araştırmaların uzunca bir süre daha sürdürüleceği anlaşılmaktadır.

Yağlar vücuda alınıp mideden geçerek duodenum (onikiparmak bağırsağı) mukozası ile temasa geldikten sonra, safra kesesinin boşalmasına ve pankreas enzimlerini içeren salgının salgılanmasına neden olan ve *kolesistakinin-pankrezozinin* denilen bir hormonun saliverilmesine neden olur. Ancak yağların sindirilmelerinin her ne kadar *pankreatik lipaz enzimi* etkisinde hidroliz edilmeleri ile başladığı kabul edilirse de, moleküldeki karbon atomu sayısı altı adet ve daha az olan küçük zincirli yağ asitleri söz konusu olduğunda, hidroliz için gerekli emülsiyonu asidik ortamda da oluşturabildiklerinden, bu grup yağ asitlerinin sindirilmeleri *gastrik (mide kaynaklı) lipaz enzimi* etkisi ile midede başlayabilmektedir. Buna karşın daha büyük molekülü yağ asitlerinin oluşturdukları gliseritler, düşük yani asidik pH derecelerinde emülsiyon oluşturamadıklarından, bunların sindirilmeleri onikiparmak bağırsağında başlamaktadır.

Yukarıda kısaca değinilen bu mekanizma sonucu, ortamda yağ, serbest yağ asitleri, gliseritler ve *pankreatik lipaz* enziminden oluşan karışım, safra tuzları tarafından ortam pH derecesi enzimin opti-



mum çalışma koşulu olan 8.3 değerine ayarlanarak, ince bağırsaklarda kuvvetle emülgüye edilir. Böylece lipaz enziminin süspansiyonda küçük globüller halinde dağıtılmış olan gliserit molekülleri ile geniş bir yüzeyde temasa gelerek hidrolize etmesi sağlanmış olur. Safra tuzları aslında sodyumun iyonize tuzları olup, vücuda dışarıdan alınan (eksojen) veya vücut tarafından sentezlenen (endojen) kolesterol-den karaciğerde üretilmektedir. Çünkü bu tuzların içerdiği karboksil ve diğer polar uçları, suda erime özelliği gösterirken, kolesterolün yapısındaki steran halkası, hidrofob karakterde olduğundan, yağda erime özelliğine sahiptir. Bu yapının doğal bir sonucu olarak da, yağ globülleri ile bunları saran su fazının homojen bir kitle oluşturmaları sağlanabilmektedir. Bu arada yağların yapısında değişik oranlarda da olsa yer alan lesitin, fazlar arasındaki emülsiyonun gücünü artırırken, bağırsak hareketi sonucu yaratılan çalkalama hareketi de, emülsiyon direnci düşürülen yağ fazının su fazı içinde, çok küçük zerrecikler halinde dağılmasını ve yağ fazına ait toplam yüzey alanının bin katına kadar artmasını sağlamaktadır.

Oluşan emülsiyon kitlesindeki yağ globüllerinin pankreatik lipaz yanında ince bağırsakların epitel tabakası kaynaklı lipaz enzimleri tarafından hidrolizi, geri dönüşümlü bir tepkime olduğundan, hidroliz sonucu oluşan ürünler yağ globüllerinin çevresinden uzaklaştırılmadıkları takdirde, hidroliz işlemi bloke olur. Bu nedenle oluşan monogliserit, digliserit ve serbest yağ asitleri yanında, doğrudan emilebilen küçük molekülü trigliseritlerin yağ globüllerinden süratle uzaklaştırılmaları, hidroliz aşamasının tam olarak gerçekleşebilmesi açısından gerekir. Bu önemli görevi yine safra tuzları üstlenmiş olup, 20-40 safra tuzu molekülünün hidrofob karakterdeki steran halkaları iç bölümü oluşturacak şekilde bir araya gelmesi ile oluşan miseller, hidroliz sonucu oluşan ürünleri bağırsak epitel katmanına aktarır, burada lipoproteinlere dönüştürülerek emilmelerini sağlarlar. Böylece hidroliz sonucu oluşan ürünler yağ globüllerinden uzaklaştırıldıklarından hidroliz süreklilik kazanmış olur. Yine bu mekanizma sonucu aktarma işlemini tamamlayarak serbest hale gelen safra tuzları, hidrolizdeki işlevlerini sürdürmek üzere, tekrar kimus denilen bağırsak sıvısı içine geçerler.

Pankreas tarafından salgılanan *lipaz grubu enzimler*, *steapsin*, *lesitinaz* ve *kolesterol-esteraz* olmak

üzere üç enzimden oluşmuştur. Bunlardan lipaz diye de adlandırılan steapsin, trigliseritlerin mono- ve digliseritlerle gliserin ve serbest yağ asitleri düzeyine kadar hidrolizini sağlarken, lesitinaz lesitin ve sefalin yapısındaki 1- ve 2-yerleşimli yağ asitlerinin hidrolizini gerçekleştirir. Buna karşın aynı karışımda yer alan kolesterol-esteraz ise, yağda bulunan yağ asidi kolesterol esterlerini hidroliz ettiği gibi, gerektiğinde oluşan hidroliz ürünlerini de yeniden ester formuna dönüştürür.

Yalnızca trigliseritlerin hidrolizini sağlayan steapsin ya da lipaz enzimi, öncelikle trigliseritlerdeki 1,3-yerleşimli ester bağlarını hidrolize etmektedir. Bu nedenle hidrolizin başlangıcında karışımdaki 1,2-veya 2,3-digliseritlerle 2-monogliseritlerin oranı yüksek olursa da, tepkimenin ilerlemesi ile, karışımda serbest yağ asitleri yanında serbest gliserin molekülleri de yer almaya başlamaktadır. Araştırma verilerine göre, vücuda alınan yağların % 10 luk kısmı doğrudan trigliserit yapısında emilirken, % 50-60 lık bölümü 2-monogliserit ve yaklaşık % 30-40 lık kısmı ise, gliserin ve serbest yağ asitleri düzeyine kadar hidroliz edilerek emilmektedir. Ayrıca karışımın ince bağırsak epitelinden lenf dolaşımına geçişinde, absorpsiyonla birlikte pasif bir difüzyon da rol oynamaktadır.

Emilim sırasında serbest yağ asitlerinden 12 ve daha fazla sayıda karbon atomu içerenler, gliserofosfatın etkisi ile bağırsak epitel hücrelerinde yeniden trigliseritlere dönüştürülerek lenf dolaşımına verilirken, bunlardan orta zincir uzunluğundaki (C<sub>12-14</sub>) yağ asitleri, albümine bağlanarak karaciğere gönderilir. Karaciğere gelen bu ürünler, daha sonra vücut gereksinimine göre, ya yeni ürünlerin sentezlenmesinde kullanılır, ya da yeniden trigliserit formuna dönüştürülerek depolanmak üzere yağ dokularında biriktirilir.

Yağlarda bulunan sterollerden yalnızca hayvansal organizma tarafından sentezlenenler bağırsaklarda emilirlerse de, bitkisel yağlarda bulunan  $\beta$ -sitosterol kolesterolün emilmesini engellemektedir. Diğer taraftan vücuda gıdalarla alınan kolesterolün büyük bir çoğunluğu, fosfolipidlerde olduğu gibi, yağ asitleri ile esterleşmiş formdadır. Bunlardan fosfolipitler emilim aşamasında, *fosfolipaz A<sub>2</sub>* enzimi tarafından hidroliz edilirken, kolesterol esterlerini ise *kolesterol-*



*ester-hidrolaz enzimi* hidrolize ederek, yapıdaki bağlı yağ asitlerini serbest hale getirir. Daha sonraki aşamada oluşan serbest kolesterolün, epitel doku tarafından emilerek lenf dolaşımına verilmesinde de, yine safra tuzlarının oluşturduğu miseller görev yaparlar. Bu nedenle vücutta safra tuzlarının bulunmaması halinde, gıdalarla vücuda alınan eksojen kolesterolün emilmesi, kesinlikle gerçekleşmemektedir.

Yağlarda bulunma miktarı yönünden trigliseritlerden sonra gelen fosfatitler, hem beyin ve sinir dokularında yer almaları, hem de sterollerle birlikte hücre membranında işlevsel olmaları nedeniyle, vücut için önemli olan yağ bileşenleridir. Safra tuzlarının emülgiye ettiği karışımdaki trigliseritlerin hidrolizi sırasında, fosfatitler de *fosfolipaz A<sub>2</sub>* tarafından hidroliz edilerek, gliserinin  $\alpha$ - ve  $\beta$ -yerleşimindeki yağ asitleri serbest hale getirilir.

Bu arada yine ulaşılan araştırma verilerine göre, yağda eriyen vitaminlerle (*A, D, E, K vitaminleri*) provitaminlerin ( *$\beta$ -Karoten ve kimi steroller*) emilme dereceleri, yapısında yer aldığı yağın absorbe edilebilme derecesine bağlı olarak değişik düzeylerde olmaktadır.

Gıda olarak tüketilen yağların vücutta sindirim ve emilmeleri, 3-5 saatlik bir süreçte tamamlanmakta ve gereksinim fazlası yağ, yağ dokularına gönderilerek depolanmaktadır. Ancak depolanan yağ özellikle alından fazla enerji gereksinimi söz konusu olduğunda,  $\beta$ -oksidasyonu yolu ile yıkılarak yakılmaktadır. Bu arada özellikle bitkisel yağların yapılarında yer alan ve hayvansal organizma tarafından sentezlenemeyen esas yağ asitleri gibi, biyolojik etkinliği yüksek kimi bileşenler ise, canlı metabolizmasını ve yaşamsal işlevlerini düzenleyen bileşiklerin sentezlenmesinde kullanılmaktadır.

Günümüze değin yapılan araştırmalar, yağların hidroliz edilme ve emilme dereceleri ile fiziksel ve fizikokimyasal özellikleri arasında, yakın bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Yağlarda sindirilme derecesinin, içerdiği yağ asitlerinin zincir uzunlukları ile ters, buna karşın doymamışlık derecesi ile doğru orantılı bir değişim gösterdiği belirlenmiştir. Nitekim tereyağının normal oda sıcaklığında katı olmasına karşın, kısa ve orta zincir uzunluğundaki yağ asitlerini toplam % 30 civarında içermesi nedeniyle, en yük-

sek oranda sindirilebilen bir yağ olduğu ve bunu zeytinyağının izlediği, ifade edilmektedir. Çünkü zincir uzunluğu 10 karbon atomundan az olan yağ asitlerinin tümü, oda sıcaklığında sıvı formda oldukları gibi, vücuda alındıklarında da, % 100 oranında sindirilebilmektedir. Özellikle bitkisel yağları bu açıdan değerlendiren diğer bir yaklaşımda ise, zeytinyağının sindirilebilirlik derecesi 100 olarak kabul edildiğinde, diğer bitkisel yağların sindirilebilirlik dereceleri, ayçiçeği yağı için 83, susam yağı için 57, haşhaş yağı için 48 ve mısırözü yağı için 36 olarak saptanmışsa da, yağın ergime noktasının sindirilebilirlik üzerine aynı derecede etkili olduğu söylenememektedir.

Sonuç olarak, yağın bileşiminde gerek kısa zincirli, gerekse doymamış yapıdaki yağ asitleri oranının yükselmesi, onların sindirilebilme derecelerini olumlu yönde etkilerken, özellikle doymamışlık düzeyinin emilme derecesi üzerine pek etkili olmadığı, ancak tümü ile doymuş yapıdaki yağ asitlerinden oluşan yağların emilebilmesi için, ortamda mutlaka doymamış yağ asitlerinin bulunması gerektiği, pek çok araştırmacı tarafından ortak bir görüş olarak ileri sürülmektedir.

### Yağların Kanda Dolaşımı

Daha önce de kısaca değinildiği gibi, yağlar ince bağırsak mukozasında trigliseritleri ve sterollerini ve kimi proteinleri içeren kilomikronlar (Lipoproteinler) haline dönüştürüldükten sonra, lenf dolaşım sistemi üzerinden kan plazmasına aktarılır. Çünkü yağlar normal olarak suda çözünmemeleri nedeniyle lenf dolaşımında iken, lipoprotein kompleksleri ya da lipoproteinlere bağlanmış bir yapıya dönüştürülmüş olarak bulunmaları gerekir. Ayrıca yapısında 12 adetten daha fazla karbon atomu içeren doymuş yağ asitlerinden oluşan trigliseritlerin doğrudan kana geçmesi halinde, kanda ateroskleroz plakçıklarının oluşum ve küçülenmesi, dolayısı ile damar sağlığının risk altına girmesi söz konusudur.

Plazma lipitleri basit veya tekdüze bir yapıda olmayıp, nötr yağlar (trigliseritler), yağ asitleri, kolesterol, fosfolipit ve bunların esterlerini içerirler ve kan plazmasında çözünmüş halde bulunabilmeleri için, kompleks lipoprotein bileşikleri halinde bulunurlar. Kilomikronlar diye de adlandırılan bu kompleks yapı-



daki lipoproteinler, dolaşım sırasında, trigliseritleri adipoz doku denilen yağ dokusunda bırakırlarken, kendileri de remnant denilen daha küçük moleküllü lipoproteinlere dönüşürler. Ancak bu remnantlarda hala besinler vasıtası ile alınmış eksojen kolesterol mevcuttur ve bu eksojen kolesterol karaciğere taşınarak, burada sentezlenen endojen kolesterolün seviyesinin kontrol altında tutulmasını sağlar.

Karaciğere gelen lipoproteinler bir yandan lipaz enzimi, diğer yandan karaciğer hücreleri yüzeyindeki reseptörlerin etkisi ile, yapısındaki kolesterolü karaciğerde bırakırken, remnantlar da çok düşük dansiteli (VLDL= Very Low Density Lipoprotein) lipoproteinlere dönüşürler. Oluşan bu VLDL ler de, trigliseritleri yağ dokusuna transfer eder ve böylece kolesterolü periferik hücrelere taşıyan ve düşük dansiteli lipoproteinler (LDL= Low Density Lipoprotein) denilen yeni yapılar oluşur. Periferik hücreler, membranlarındaki belli reseptörler aracılığı ile LDL içindeki kolesterolü alıp, kendi metabolik gereksinimleri için kullanırken, LDL yi alan reseptörler yetersiz ya da kolesterol yapımı aşırı ise, o zaman ateroskleroz (Damar sertliği) oluşumunda temel risk faktörlerinden olan LDL miktarında bir artış ortaya çıkar.

Periferik hücrelere LDL yapısında taşınan kolesterol buradaki biyokimyasal işlevini yerine getirdikten sonra, HDL (High Density Lipoprotein) denilen yüksek dansiteli lipoproteinlerle, L-CAT enzimi vasıtasıyla esterleşerek hücrelerden alınıp, karaciğere taşınır ve daha sonra buradan safra kanalları yoluyla elimine edilir. Bu nedenle kanda HDL nin yükselmesi ateroskleroza karşı koruyucu bir faktör olarak kabul edilmektedir.

Kolesterolün vücutta taşınması ve plazmadaki düzeyinin regüle edilmesinde, karaciğer tarafından sentezlenmesi yanında, membrandaki reseptörler, HDL, LDL ve lipoproteinlerin içerdiği proteinler de önemli rol oynamaktadır. Özellikle membran reseptörlerini tanıyan ve LDL lerin yapısında yer alan apoprotein B ler, HDL lerin yapısında yer alan apoprotein A lar ve L-CAT enzimi, bu konuda dikkati çeken proteinlerdir. Çünkü daha önce de değinildiği gibi, kolesterolün karaciğere taşınması ve oradan safra kanalları vasıtasıyla elimine edilmesinde, ortamda HDL lerin bulunması ve bunlarla L-CAT enziminin katalizörlüğünde esterlere dönüşmesi gerekmektedir. Bu nedenle kanda LDL düzeyinin yükselmesi, ateroskleroz oluşumunda bir risk faktörünün artışı olarak kabul edilirken, HDL düzeyinin fazlaşması, olumlu bir gösterge olarak yorumlanmaktadır. ■

### Yararlanılan Kaynaklar

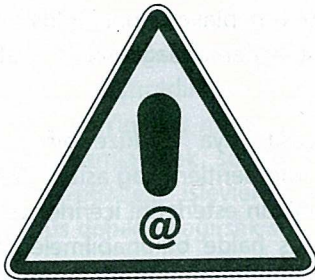
VIOLA, P. and AUDISIO, M. 1987. Olive oil and Health. International olive oil Council, 35 s.

BALTES, J 1975. Gewinnung und Verarbeitung von Nahrungsfetten. Verlag Paul Parey in Berlin und Hamburg.

BELITZ, H. D. und GROSCH, W. 1992. Lehrbuch der Lebensmittelchemie. Vierte überarbeitete Auflage, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York, 145-222.

KAYAHAN, M. 1998. Gıda Kimyası, Bölüm 3 Lipidler, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Edt. İlbilge SALDAMLı, 107 - 191.

KAUFMAN, H. P. 1958. Analyse der Fette und Fettprodukte, Allgemeiner teil, Springer Verlag, 1 - 308.



Etkili iletişim için

**e-mail**

adresinizi odamıza bildirdiniz mi?