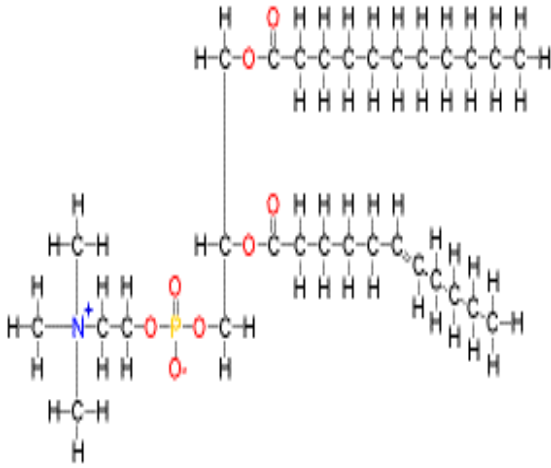
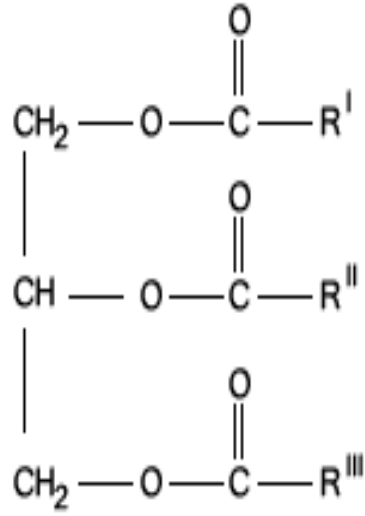
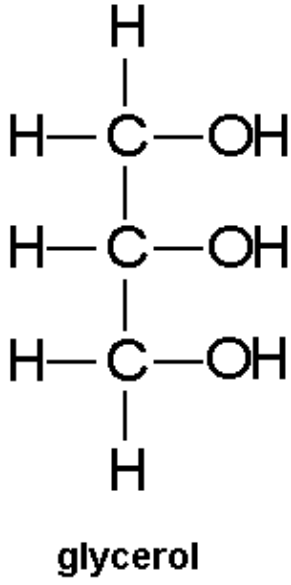


LİPİDLER

Lipidler pek çok C atomunun zincir yada halka konformasyonunda oluşturduğu organik moleküllerdir. Fiziksel özellikleri organik çözücülerde çözünürlüklerine göre belirlenir ve suda çözünmezler. Hayvansal organizmadaki en önemli fonksiyonları yüksek enerji depo molekülleri olmaları ve hücre membranında yer almalarıdır. Lipidler 3 yağ asidi molekülünün birleşmesi sonucu oluşmuş bileşiklerdir. Yağ asitleri $C_x: y (n-z)$ şeklinde gösterilmektedir. X: C sayısı, y: çift bağ sayısı, z, karboksil olmayan uçtan numaralandırmanın yapıldığında ilk çift bağın olduğu C, n: w olarak da bilinmekte ve omega yağ asidini ifade etmektedir. **Örneğin alfa-Linolenik asit C18:3 (n-3) Linolenik asit C18:2(n-6) şeklinde gösterilmektedirler.**

Yağ asitleri doğada çok nadir olarak serbest formda bulunurlar. Çoğunlukla esterleşmiş form olan trigliseridler olarak bulduklarından gliserolun triesterleri olarak adlandırılırlar. Trigliseridler karbonhidrat ve proteinlere göre daha az oksitlendiğinden ME depolamada daha etkin bir formdur ve oksidasyonu durumunda daha fazla enerji açığa çıkar. Suda çözünmediğinden susuz formda depolanır. Oysa glikojen ağırlığının 2 katı su ihtiva etmektedir. Dolayısıyla eşit ağırlık esasına göre yağ 6 kat fazla ME üretecektir. Lipidleri beş ana grupta toplayabiliriz. Bunlar: Yağ Asitleri, Trigliseridler, Fosfolipidler, Steroller ve Sfingolipidlerdir.



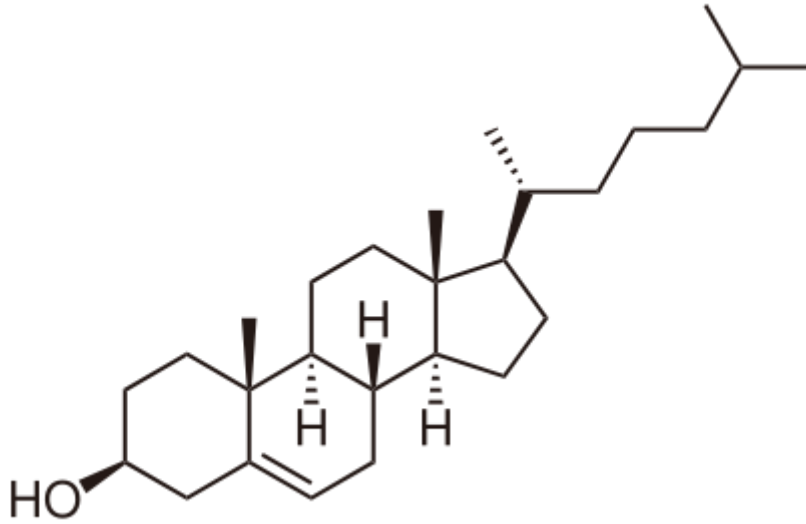
Phospholipid

biyoloji

Trigliserol

Fosfolipidler biyolojik membranların temel komponentleridirler. Bir yağ asidi zincirinin diğer bir organik moleküle bağlı fosfat grubu ile yer değiştirmesi hariç trigliseridlerle benzer yapıdadır.

Steroller 3 ve 17 C lara yan zincirlerin bağlanması ile meydana gelirler ve bu yapı onlara özel karakteristikler verir. **En önemli sterol kolesterol olup hücre membranlarının önemli bir komponenti ve steroid hormonlarla safra asitlerinin ön maddesidir.**



Kolesterol

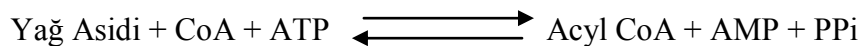
Sfingolipidlerde bir diğer hücre membranı ögesi lipidlerdir. Bu moleküller daha çok sinir hücrelerinde bulunurlar.

LİPİD KATABOLİZMASI

Lipidler kana ya düşük yoğunluklu lipoprotein kompleksleri olarak ya da küçük damlacıklar halinde transfer edilirler. Proteinlerle kompleks oluşturma onların sıvı solüsyonlarda parçalanmasına imkan sağlar. Aksi halde o şekilde muhafaza edileceklerdir. LDL'nin ve damlacıkların trigliserol kompleksi hedef dokularda yağ asitlerine ve gliserole yıkılır. Bu olay hücre dışında lipoprotein lipaz etkisiyle gerçekleşir. Hücre içine taşınıp ya yeniden trigliserolü sentezlerler ya da enerji için oksitlenirler. Trigliserol adipaz dokuda depolanmışken gliserole hidroliz edildiğinde farklı bir enzim, trigliserol lipaza ihtiyaç vardır.

Yağ Asidi Oksidasyonu

Enerji açığa çıkarmak üzere yağ asidinin oksidasyonu 2 temel aşamayı içerir. İlk aşama yağ asidinin bir CoA ile bağlanarak aktivasyonunu içerir.



İkinci aşama Beta-Oksidasyon reaksiyonlarından oluşur. Her bir adımda yağ asidinden 2 C atomu salınarak asetil CoA üretilir.

Yağ Acyl CoA \longrightarrow Trans Enoyl CoA \longrightarrow 3-L Hidroxy Acyl CoA \longrightarrow Beta- Keto acyl CoA \longrightarrow Yağ Acyl CoA(2 C dan daha kısa) + Asetil-CoA

Beta-oksidasyonunun son basamağında süksinil CoA'ya dönüştürülen propionil CoA oluşur ve süksinil CoA kreps siklusuna dahil olur. Asetil CoA'da sitrik asit siklusunda oksitlenir. Yüksek omurgalılarda bu Asetil CoA'nın önemli bir bölümü başka bir reaksiyona katılır. **Ketojenesis olarak bilinen olayla Asetil CoA asetoasetat, D-Beta-hidroksi bütirat veya aseton gibi keton maddelere dönüştürülür.** Bu hayvanlarda temel enerji kaynağı olarak dolaşımda bulunan glikoza alternatif olarak bu maddeler kullanılır. Ancak bu olay balıklarda genellikle meydana gelmez.

YAĞ ASİTİ BİYOSENTEZİ

Yağ asitlerinin biyosentezi Beta-oksidasyon prosesinin tersi olarak C birimlerinin bağlanması ile gerçekleşir. Ancak mekanizma tersine olduğunda bazı farklılıklar vardır. Yağ asidi CoA molekülünden çok Acyl-Carrier Protein (ACP)'ye bağlanmaktadır. İkinci farklılık C2 vericisinin molonyl CoA olmasıdır. **Yağ asidi sentezinin son ürünü Palmitik Asittir (C16:0).** Bu uzun zincirli doymuş ve doymamış yağ asitlerinin ön maddesidir. Beta oksidasyonun tersinde Elongases enzimi ve Desaturaz etkindir. **Yağ asiti metabolizması, yağ asiti sentezinin stimule eden İnsülin ve yağ asidi parçalanmasını teşvik eden glukagon hormonlarının etkisi altındadır.**

DIĞER LİPIDLERİN SENTEZİ

Hayvan organizması hücre içinde bulunan ön maddeleri kullanarak diğer lipid gruplarını da sentezleyebilir. **Kolesterol asetatın kullanıldığı kompleks bir reaksiyonla sentezlenir. Dolayısı ile kolesterolün yemle verilmesine gerek yoktur.** Trigliserid, fosfolipid ve sfingolipidler yağ asitleri ve diğer bazı molekülleri kullanarak sentezlenir.

BALIKLARIN LİPİD (Yağ) İHTİYACI

Yağlar esansiyel yağ asitlerini içermelerinin yanı sıra enerji kaynağıdır. Balık rasyonlarında optimum balık gelişmesini sağlamak için yüzde 10-20 yağ önerilmektedir. Gökkuşuğu alabalıkları için en iyi gelişme %35 protein ve %18 yağ ile elde edilmiştir. Ancak sazan için %32 proteinli **yemde proteini düşürerek** yağı %5'den %15'e çıkarmak büyümeyi hızlandırmamıştır. Aç kalan balıklar enerji sağlamak üzere öncelikle lipid depolarını kullanmaktadırlar. Lipidlerden de öncelikle kısa zincirli (C18 ve C16) doymamış yağ asitleri mobilize edilmektedir.

BALIKLARIN ESANSİYEL YAĞ ASİTLERİ İHTİYACI

Su ekolojisinde tek hücreli algler temel yağ üreticisidirler. Gelişmekte olan bir Alg kuru ağırlığının %20'si kadar yağ içerir ve bunun da %50'si çoklu doymamış yağ asitleridir. Kırmızı alg ayrıca C20:4(n-6), Arahidonik asitçe zengin olabilmektedir. Fitoplanktonların esas tüketicisi kabuklu Zooplanktonlardır ki bunlar da Planktivorus balıklar tarafından yenilmektedir.

Tatlı su algleri de benzer yağ asitlerine sahiptirler ancak (n-6) PUFAs'lar daha yaygındır. *Dolayısı ile tatlı su balıklarının vücutlarında deniz balıklarına göre daha fazla C18 ve (n-6) PUFAs tespit edilmiştir.*

Bununla birlikte hem tatlı su hem de deniz balıkları eti (n-3) omega 3 yağ asitlerince zengindir. Doymamış yağ asitleri balık organizmasında sentezlenemediğinden yemlerle sağlanmaları gerekmektedir. Bütün balıkların % 1-2 düzeyinde esansiyel yağ asiti gereksinimi vardır. Ayrıca verilen yağ asitlerinin zincir uzunluğu da oldukça önemlidir. **Kalkan balıklarının** yavruları C18'leri etkin bir şekilde kullanamamakta ve dolayısı ile C22(n-3) ve C20(n-3)'lere ihtiyaç duymaktadırlar. 200 gr ağırlığındaki kalkan balıkları ise C18:3(n-3)lerin rasyonda %4 yer almasıyla bu açığı halletmektedir. Ancak mekanizma tam anlaşılmamıştır. Deniz balıklarının genel özellikleri nedeni ile C20 ve C22 PUFAs'lara ihtiyaç duydukları bildirilmektedir. Bu yüzden rasyonlarla fazla miktarda kısa zincirli PUFA vermemeye dikkat etmek gerekmektedir. Kanal yayınları ile yapılan bir araştırmada hayvansal yağ veya Menhaden balık yağı C20:5(N-3) ve

C22:6(n-3) içeren rasyonlarla beslenen balıkların Avcıçeği yağı C18:3(n-3) veya keten tohumu C18:3(n-3) yağı ile beslenenlere göre daha iyi büyüdükleri ve daha iyi bir yem değerlendirmeye sahip oldukları bulunmuştur. Bu konuda bir genelleme yapılacak olursa ;

1-Ruminant hayvanlar selüloz sindirimi sırasında yemlerinde bulunan (n-3)PUFAs' parçaladıkları için bu tip hayvanların etlerinde (n-3)'ler çok az düzeydedir.

2-Yaygın olarak kullanılan bitki tohumları (n-6)PUFAs'ce zengin olduklarından balıkların (n-3)PUFAs ihtiyaçlarını yeterince karşılanmaz.

3-Su organizmalarında bulunan lipid daha çok n-3 olduğu için bunların beslenmesi balık yağına veya balık ununda bulunan yağlarla yapılmalıdır.

Tablo 3. Balıkların doymamış yağ asidi kompozisyonları ve gereksinimlerini etkileyen faktörler.

- Yaşam ortamı (tatlısu veya deniz):
 - Tatlısu türleri, linoleik serisi (18:2 n-2).
 - Diadromus türler: daha fazla linolenik serisi (18:3 n-3) ve tercihen PUFA,
 - Deniz türleri: PUFA (20:5 n-3 ve 22:6 n-3),
- Su sıcaklığı: soğuksu türleri daha fazla n-3 içerir ve gereksinim duyar,
- Beslenme alışkanlığı: karnivor türler, daha fazla PUFA.

Deniz balıklarından farklı olarak tatlısu balıkları rasyonla aldıkları 18 C'lu n-6 ve n-3 çoklu doymamış yağ asitlerinin doymamışlık derecesini ve zincir uzunluğunu artırarak (desaturasyon ve elangasyon) 20 ve 22 C'lu daha uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri üretebilirler. Linoleik ve linolenik asitlerin doymamışlık derecelerinin artırılması

Tablo 4. Kültür türlerin esansiyel yağ asidi gereksinimleri (Okumuş, 2000).

Tür	Gereksinim (% rasyon)
Gökkuşuğu alabalığı	% 0.8 –1.0, 18:3n-3 veya n-3 PUFA
Salmon	%1 (18:3n-3)+%1 (18:2n-6) veya %1-2, n-3 PUFA
Sazan	%1 (18:3n-3) + %1 (18:2n-6)
Kanal yayın balığı	%0.5-1.0 (18:3n-3)
Tilapia	%1 (18:2n-6/20:4n-6) veya %0.5(18:2n-6)+%0.5 (18:3n-3)
Yılan balığı	%0.5, 18:2 n-6 ve %0.5, 18:3 n-3
Kalkan	% 0.6-1.0 (n-3 PUFA)
Çipura	% 1.0-2.0 (n-3 PUFA)
Karidesler	%0.5-1.0 (n-3 PUFA)

Tablo 6. Ringa balığı ve domuz yağları ile desteklenen rasyonla yapılan beslemenin gökkuşağı alabalıklarının (150 g canlı ağırlık) kas yağ asidi kompozisyonu üzerine etkisi (Boggio ve ark., 1985).

Yağ asitleri	Ringa yağı	Domuz yağı
Rasyon kompozisyonu (%):		
Doymuş yağ asitleri	24.4	31.0
Tekli doymuş yağ asitleri	59.9	57.4
Çoklu doymamış yağ asitleri	12.1	8.1
n-6 yağ asitleri	2.9	6.3
n-3 yağ asitleri	9.2	1.3
Balık etinin kompozisyonu (%):		
Doymuş yağ asitleri	22.3	24.7
Tekli doymuş yağ asitleri	53.3	51.4
Çoklu doymamış yağ asitleri	21.6	20.3
n-6 yağ asitleri	6.4	10.9
n-3 yağ asitleri	15.2	9.4

Doğal suların elde edilen sazanların kas ve ciğerlerinin yüksek oranlarda linoleik asit, EPA ve DHA içerdiği, buna karşın havuzlarda karbohidratça zengin tamamlayıcı yemlerle beslenen sazanlarda ise yüksek oranda oleik asit bulunduğu tesbit edilmiştir (Steffens, 1997). Bununla beraber, havuzlarda yetiştirilen sazanların %12 balık yağı içeren bir rasyonla beslenmesi sonucu kasın uzun zincirli n-3 çoklu doymamış yağ asitleri içeriğinin büyük oranda arttığı gözlenmiştir (Tablo 7).

Deniz balıkları ile yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ibeas et al. (1994), çipura (*Sparus aurata*) yavruları üzerinde yaptıkları 8 haftalık bir denemede, düşük seviyelerde n-3 HUFA içeren rasyonlarla beslenen yavruların kaslarının n-3 HUFA içeriklerinin de düşük olduğu belirlemişlerdir.

Tablo 7. Farklı rasyonlarla beslenen (133 gün) sazanların (800-900 g) doymamış yağ asidi kompozisyonu (% toplam yağ asidi) (Steffens, 1997).

Yağ asitleri	Temel rasyon + %12 mısır nişastası	Temel rasyon + %12 balık yağı	Temel rasyon + %12 mısır yağı	Temel rasyon + %12 keten tohumu yağı
18:1 n-9	47.7	23.5	32.9	25.3
18:2 n-6	6.7	7.0	35.0	14.9
18:3 n-3	3.3	4.0	2.7	32.3
18:4 n-3	0.2	2.2	0.2	1.0
20:1 n-9	3.0	4.5	1.8	1.6
20:4 n-6	0.6	0.5	1.3	0.2
20:5 n-3	0.3	6.7	0.1	1.0
22:6n-3	0.7	6.8	0.5	1.0
Σn-3	4.6	19.8	3.5	36.2
Σn-3	8.1	8.4	38.8	15.9
n-3/n-6	0.6	2.4	0.1	2.3

Yağların Brüt Enerjisi 9.45 kcal/kg balıklar %84 yararlandıkları için 8 kcal enerji değeri vardır.

Soğuk su balıklarının yemlerinde minimum %1 omega 3 yağ asiti ihtiyacı karşılanmalıdır

Ilık su balıklarının yemlerinde minimum %0.3-0.5 omega 3 yağ asiti ihtiyacı karşılanmalıdır

Ilık su balıklarının yemlerinde %10-15 oranında yağ bulunmalıdır. Soğuk su balıklarında ise;

Başlatma döneminde %19

Büyütme döneminde %15

Geliştirme döneminde ise % 12 yağ sağlanmalıdır.