

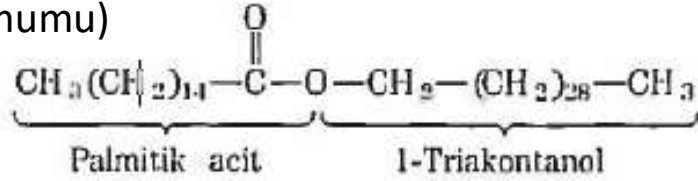
Lipid Metabolizması

Lipidlerin vücuda alınması ve taşınması

- Lipidler (yağlar) hücrelerdeki yapısal görevleri dışında enerji metabolizmasında da görev alır.
- Karbonhidratlardan sonra tercih edilen enerji kaynaklarıdır.
- Vücudun Karbonhidrat depolama kapasitesi sınırlı olmakla beraber lipid depolama kapasitesinde sınır yoktur (adipositler)

Lipidlerin Sınıflandırılmaları-1 (hatırlatma)

- **Basit lipidler:** Yağ asitlerinin çeşitli alkollerle (gliserol gibi) oluşturduğu esterler.
 - **Nötral yağlar:** Yağ asitlerinin gliserol (gliserin) ile oluşturduğu esterlerdir; trigliseridler veya triaçilgliseroller diye de adlandırılır.
 - **Mumlar:** Yağ asitlerinin gliserolden daha büyük moleküllü alkollerle oluşturduğu esterlerdir. (ör: bal mumu)



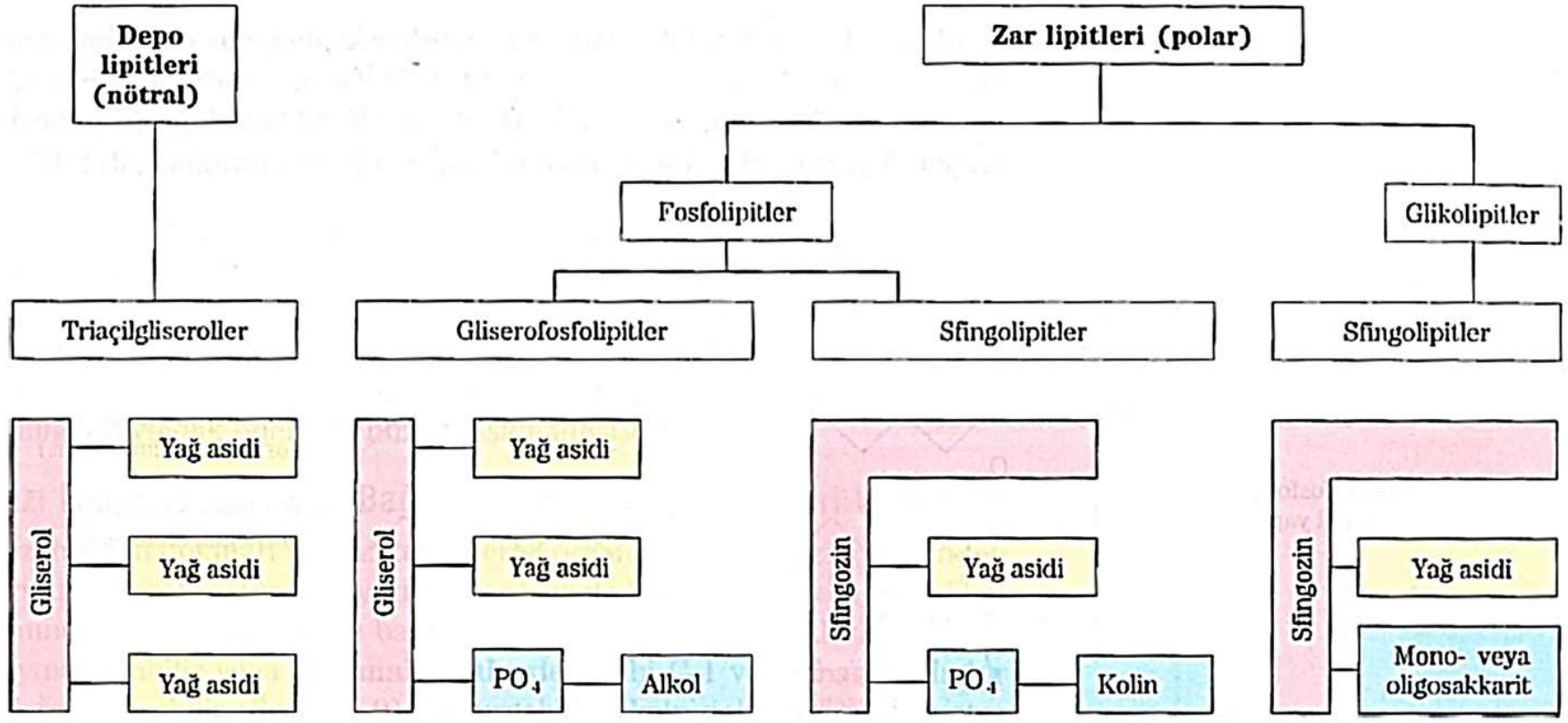
- **Kolesterol esterleri:** Yağ asitlerinin kolesterol ile oluşturduğu esterlerdir.
- **Vitamin A esterleri:** Yağ asitlerinin vitamin A ile oluşturduğu esterlerdir.
- **Vitamin D esterleri:** Yağ asitlerinin vitamin D ile oluşturduğu esterlerdir.

Lipidlerin Sınıflandırılmaları-2 (hatırlatma)

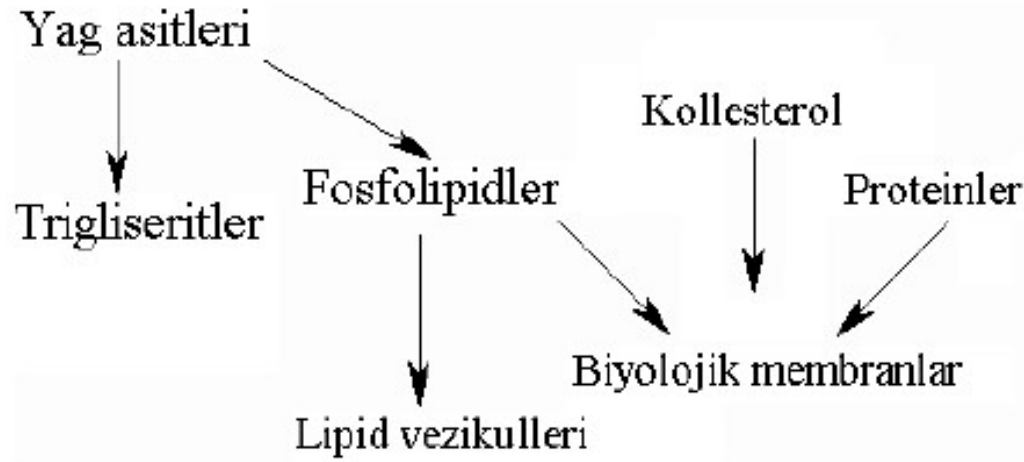
- **Bileşik lipidler:** Yağ asitleri ve alkole ek olarak başka gruplar içeren lipidlerdir.
 - **Fosfolipidler:** Ya asitleri ve alkole ek olarak bir fosforik asit içeren bileşik lipidlerdir. Yapılarındaki alkol, bazı fosfolipidlerde gliserol, bazılarında ise sfingozindir. Yapısında spingozin olanlara sfingomyelinler denir ve sfingolipidler grubunda incelenir.
 - **Sfingolipidler:** Gliserol yerine bir amino alkol olan sfingozin içeren bileşik lipidlerdir. Sfingolipidlerin fosfat içerenleri, **sfingomyelinlerdir**; fosfat içermeyip karbonhidrat içerenleri **glkolipidler** olarak adlandırılır.
 - **Lipoproteinler:** Trigliserid, kolesterol ve fosfolipidlerin farklı oranlarda protein ile kombinasyonu sonucu oluşurlar. Moleküler agregatörlerdir, suda çözünürler, organik çözücülerde çözünmezler..
 - **Proteolipidler:** Lipidlerin proteinlerle oluşturduğu komplekslerdir; suda çözünmezler, organik çözücülerde çözünürler; özellikle beyin ve sinir sisteminde bulunurlar.

Lipidlerin Sınıflandırılmaları-3 (hatırlatma)

- **Lipid türevleri:** Basit veya bileşik lipidlerin hidrolizi sonucu oluşan ve lipid özelliği gösteren biyomoleküllerdir.
 - Yağ asitleri: Hidrokarbon zincirli monokarboksilik organik asitlerdir.
 - Monoaçil gliseroller ve diaçil gliseroller: Trigliseridlerin hidrolizi sonucu oluşurlar.
 - Alkoller: Gliserol ve sfingoizin, bileşik lipidlerin yapısında en çok bulunan alkollerdir.
 - Yağ aldehitleri: Yağ asitlerinin indirgenmesiyle oluşur.
 - Keton cisimleri: Asetoasetik asit, hidroksibutirik asit ve asetondur.
- **Diğer Lipider :**
 - zoprenoidler: zopren türevi bileşiklerdir. Karotenoidler ve steroidler, önemli izoprenoid lipidlerdir.
 - Vitamin E: Tokoferoller
 - Vitamin K: Naftokinonlar



- Gıda ile alınan lipidlerin büyük çoğunluğu trigliserittir. Lipitlerin diğeri ise fosfolipid, kolesterol ve kolesterol esteridir ve miktarca trigliserite oranla çok azdır.



Lipitlerin Sindirimi

- Lipitlerin besin yoluyla alımı şart olmasa da vitaminlerin emilimini arttırmaları ve bazı esansiyel yağ asitinin dışardan alınması gerektiğinden lipit içeren besin tüketimi önemlidir.
- Enerji açısından lipitler kütle olarak aynı miktardaki karbonhidratlardan iki kat daha fazla enerji üretilmesini sağlarlar
- Normal gastro intestinal sistem fonksiyonu için sindirim enzimleri, pankreatik sıvı (pankreas sıvısı), safra tuzları (bile asitleri), elektrolit ve bazı polipeptidlere gereksinim vardır.

- Lipitler ve yağ asitlerinden Trigliseridler, fosfolipidler, kolesterol ve kolesterol esterlerinin sindirimi ince bağırsakta başlar:
 - ağızda ve midede değişikliğe uğramazlar çünkü ağız ve midede bunlara etkili enzim yoktur
- Kimus (ağız ve midede kısmen mekanik ve enzimatik sindirilmiş besin)ince bağırsağa gelir.
 - Burada mide asit ortamında etken olan enzim ve proteinler safra ve pankreas sıvısı tarafından nötralize edilir.
- Nötralize kimus içindeki lipidler üç aşamada sindirilir:
 1. Emülsiyon oluşumu
 2. Misel Oluşumu
 3. Hidroliz (hidrolitik parçalanma)

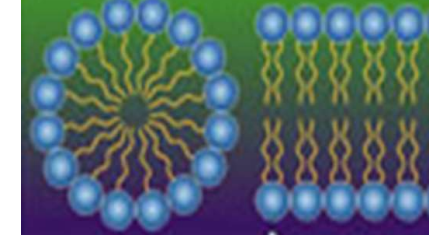
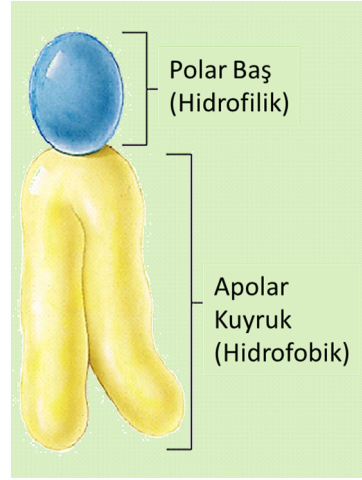
1.Emülsiyon Oluşumu

- Safra tuzları, bağırsak peristaltic hareketini artırarak mekanik etki ile lipidlerin küçük partiküllere ayrılmalarına, böylece lipidlerin ince bağırsak sıvısı içinde kolloidal parçacıklar halinde dağılmasını sağlarlar.
- Safra Tuzları yüzey gerilimini azaltarak lipitler gibi suda çözünmeyen sıvı maddelerin emülsiyon oluşturmasını sağlar.

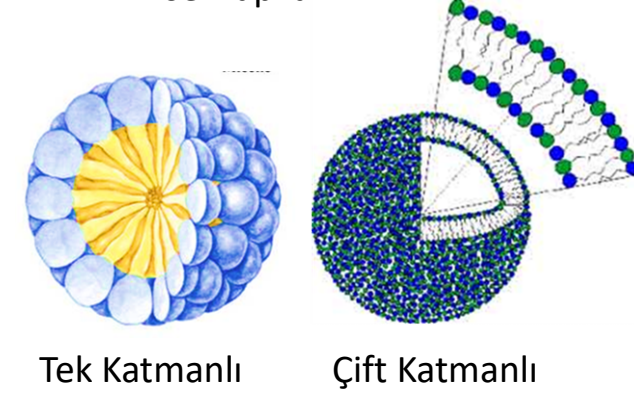
2. Misel Oluşumu

- Emülsiyon partiküllerine safra tuzlarının etkisi sonucunda **miseller** oluşur. nonpolar (ya da apolar) yapılar hidrofobik olduğundan içeride, polar yapılar dış tarafta yer alırlar.
- KC'de sentezlenerek safra kesesinde biriktirilen taurin ve glisin ile tuz oluşturan safra asitleri yağ emulsifikasyonunu sağlarlar.

Amfipatik Yağ Asiti molekülü



Misel Yapıları



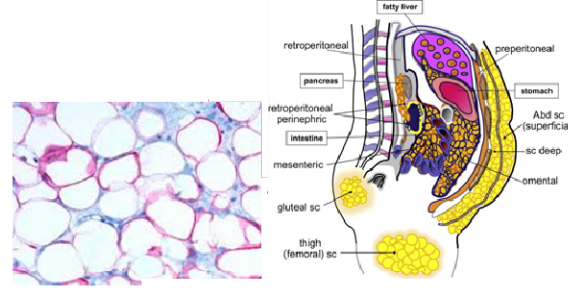
- Safra tuzlarının hidrofilik yüzeyi suyla, hidrofobik yüzeyi ise yağla temas edecek şekilde triağilgliserollerin etrafını çevreler. Böylece suda çözünen enzimlerin etki edebilmesi sağlanır.

3. Hidroliz

- Misellerdeki lipitler ince barsakta enzimlerin etkisiyle hidrolitik parçalanmaya uğrar.
- Lipidlerin hidrolitik parçalanması, miseldeki sulu faz ile lipid fazı arasındaki temas yüzeyinde ester bağlarının kopması suretiyle gerçekleşir
- **Trigliseridlerin hidrolizini** katalizleyen **pankreatik lipaz** enzimi, pankreas tarafından salgılanır ve optimal etkisini pH 7-9'da gösterir
 - Pankreatik lipaz Ca^{2+} , safra tuzları, bazı proteinler ve bazı amino asitler tarafından aktive edilir
- **Fosfolipidlerin hidrolizinde** pankreastan salgılanan **fosfolipaz** ve **fosfataz** ile ince bağırsak kaynaklı **fosfodiesterazın** görev alır.
 - Fosfolipaz, fosfolipiddeki iki yağ asidini ayırır;
 - Fosfodiesteraz, fosfolipiddeki amino alkolü ayırır.
 - Fosfataz da fosfatı ayırır ve gliserolü serbestleştirir.
- **Kolesterol esterlerinin** hidrolizi ise pankreatik **kolesterol esteraz** katalizliğinde yağ asidi ve serbest kolesterole parçalanmalarıyla gerçekleşir.

Lipidlerin emilimi

- Lipidlerin ince bağırsakta sindirilmeleri sonucunda ince barsakta oldukça az oranda trigliserid, yüksek oranda 2-monogliserid, yağ asidi, gliserol, fosfolipid, serbest kolesterol ve safra tuzları bulunur
- Bu karışımın %95'i ileumdan pinositoz veya pasif diffüzyonla emilerek ince bağırsak mukoza hücresi içine geçer
- **İnce bağırsak mukoza hücresinde 2-monogliseridlerden ekzojen trigliseridler oluşturulur**, bunlarda daha sonra düşük miktarda serbest kolesterol, kolesterol esteri ve fosfolipid ile biraraya gelerek misel oluşturur. Ancak bu yapı bir protein tabakasıyla kaplanarak suda çözünabilir ve taşınabilir yapıya kavuşur ve **şilomikronlar adını alır.**
- **Şilomikronlar lenf sistemi aracılığıyla dolaşıma katılır.**



Triaçilgliserol adipoz dokudaki depolardan hormon uyaranaına cevap olarak salınır

Diyetle alınan Triaçilgliserollar

Şilomikronlar

Glukagon
Epinefrin

Yağ Asitleri

Albümin

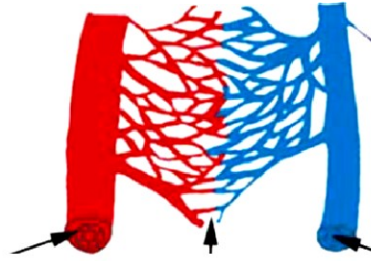
VLDL

Triaçilgliserol Karaciğerde karbonhidratlardan Sentezlenir ve dolaşıma verilir

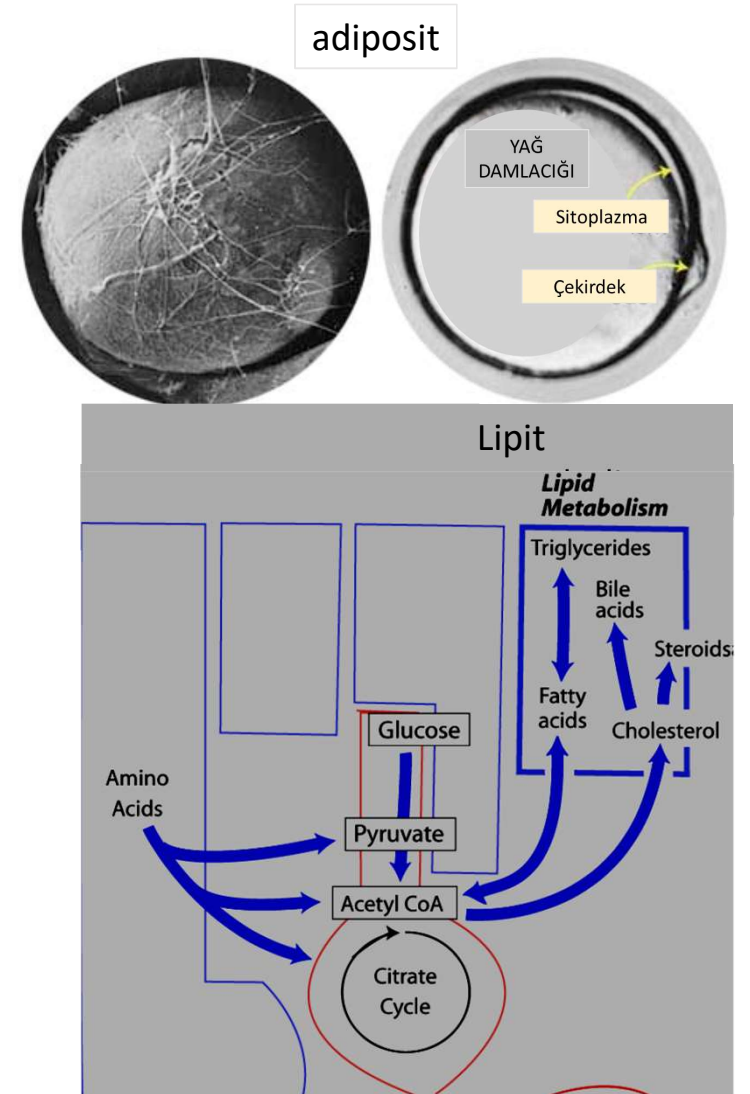
Arter

Kapillerler

Venoz



- Diyetle alınan triaçilgliseroller içerisindeki yağ asitleri bağırsaklardan dolaşıma şilomikronlar denilen büyük lipoprotein parçacıkları ile taşınır.
- Yağ (fat), adipoz dokuda depolanır. Adipoz dokulardaki yağ asitleri ise hormon sinyali (glukagon, epinefrin) ile serbest bırakılır, ki bu moleküller serumda bol miktarda bulunan albümin (serum albümini) adı verilen taşıyıcı proteinlere bağlanarak dolaşıma geçer.
- Karaciğerde sentezlenen yağ asitleri ise dolaşımda triaçilgliseroller olarak çok düşük yoğunlukta triasilgliserol parçacıkları (VLDL) ile taşınır.
- Palmitat C16 doymuş bir yağ asididir ve vücutta protein yaği asit kompleksi olarak taşınır.



Yağ asitlerinin ve triasilgliserollerin taşınması ve depolanması

- Yağ dokusunda depolanan triasilgliserolün çoğu diyet lipitlerinden kaynaklanır.
- Mideden ince bağırsaklara geçen yağlar çözünmez ve safra asitleri gibi emülsifiye edilmelidir. safra kanalı tarafından salgılanan ve deterjan olarak işlev gören glikokolat misel oluşumunu destekler.
- Lipazlar, ince bağırsakta suda çözünür enzimlerdir. bağırsak epitel hücrelerinin lümen tarafındaki zardan geçişi sırasında Triasilgliserollerdeki açil ester bağlarını hidrolize ederek serbest yağ asitlerini serbest bırakır.

