

I. LİPİDLER



Süt lipidleri; sütün kloroform, benzin ve eter gibi maddelerde çözünen ve çoğunluğu trigliseridlerden oluşan bileşenidir.

Lipidlerin “ süt yağı” olarak bilinen ana bileşeni **trigliseridlerdir** ve lipidlerin **% 97-98'i** oluşturur.

Ayrıca,

- **Monogliseridler**
- **Digliseridler**
- **Serbest yağ asitleri**
- **Fosfolipidler**
- **Steroller (kolestrol ve kolestrol esterleri)**
- **Serebrozidler** yer almaktadır.



Süt lipidlerinin önemi

- Fiziksel özellikleri nedeniyle süt yağı, süt ürünlerinin yapısını olumlu yönde etkiler.
- Bileşiminde yer alan esansiyel yağ asitleri, orta zincirli yağ asitleri, vitaminler, sindiriminin kolay olması ve sağladığı enerji nedeniyle beslenme fizyolojisi açısından önemlidir.
- Hoş bir tada sahip olduğu için süt ürünlerine duyusal bir üstünlük kazandırması açısından önemlidir.
- Değerli bir madde olduğu için süt ve ürünlerinin fiyatlandırılmasında ekonomik açıdan önemlidir.



Süt lipidlerinin genel özellikleri

- Süt yağı süt serumu içerisinde yağ globülleri şeklinde ve emülsiyon halinde dağılmıştır.
- Yağ globüllerinin çapları 0.1-40 μm arasında ortalama 3-4 μm civarındadır.
- Sütün her ml' sinde yaklaşık 5×10^9 adet yağ globülü vardır.
- Yağ globüllerinin çevreleri 5-10 nm kalınlığında fosfolipid-protein kompleksinden oluşan bir membran ile çevrilidir.
- Yağ globül membranı emülsiyon stabilitesini sağlar.



- Yağ globüllerinin emülsiyon stabilitesini fosfolipid-protein kompleksinin yanısıra, küreciklerin elektrik yüklerinin negatif olması da çok etkilidir.
- Süt yağı sütün en hafif bileşenidir. Özgül ağırlığı; **20 °C' de 0.931 g/mL** dir.
- Süt yağının en önemli özelliği diğer yağlardan duyusal olarak farklılığı yani tat ve aromasının spesifik olmasıdır. Tereyağı kültürleri sitrat dan tipik aroma maddesi olan **“diasetil”** i sentezler.
- Yağların katı halden sıvı hale geçtikleri sıcaklık derecesine **“erime noktası”** denir. Erime noktası trigliseridlerin içerdiği yağ asitleri ile ilişkilidir. Kısa zincirli yağ asitleri ve doymamış yağ asitleri ne kadar fazla ise erime noktası o kadar düşüktür. 27-38 °C'dir.

- Yağların sıvı halden katı hale geçtikleri sıcaklık derecesine “**donma noktası**” denir. Süt yağının donma noktası 15-25 °C arasında değişmektedir. Doymamış yağ asitleri fazla olan bitkisel yağların donma noktası 0 °C’nin altında iken, diğer hayvansal yağların donma noktası 36 °C’ nin üzerindedir.
- Süt yağının rengi hafif sarımsıdır. Bu renk yemlerle birlikte alınan **karoten** ve **ksantofil** ile ilgilidir.
- 1 kg süt yağı 9.3 kalori enerji sağlar. Bünyesindeki esansiyel yağ asitleri ve sindirilme yeteneğinin yüksek olması, yağda çözülmüş vitaminleri içermesi ve vücut sıcaklığında çözülmüş olması nedeniyle gelişmiş ülkelerde tüketimine öncelik verilmektedir.

günlük enerji gereksiniminin %25’ i yağdan bunun %35-45’ininde süt yağından karşılanması gerekir.



Süt lipidlerinin kimyasal yapıları

- Basit lipidler
- Karışık lipidler
- Yağ beraberindeki maddeler
- Lipid türevleri

Basit lipidler; alkol ve sadece yağ asitlerinin meydana getirdiği esterlerdir. (Gliseridler ve mumlar gibi)

Karışık lipidler; alkol ve yağs asitlerinin dışında başka maddelerde yeralır. (fosfolipidler ve glikolipidler gibi)

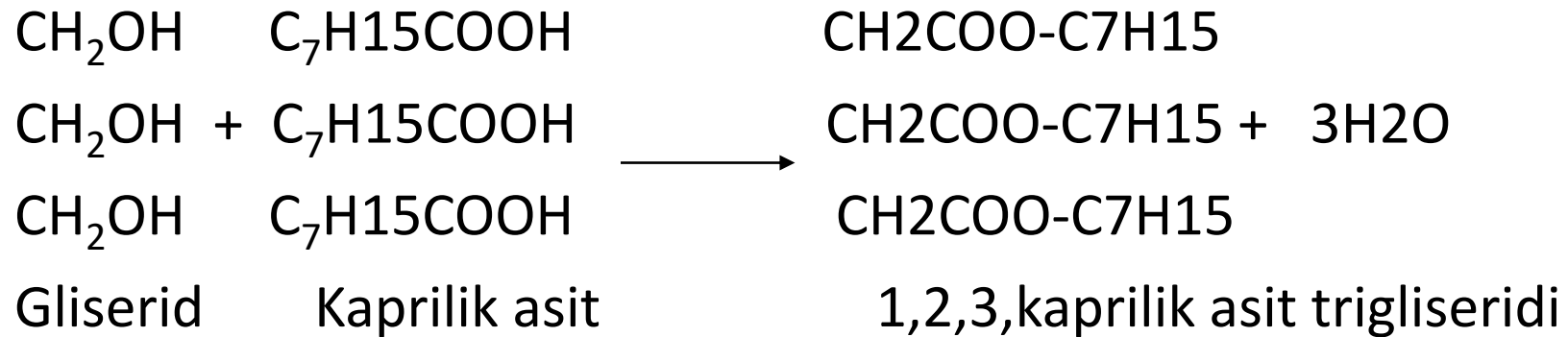
Yağ beraberindeki maddeler; basit ve karışık lipidlerden bazı tepkimeler sonucu oluşan maddelerdir ve özellikleri lipidlere benzer (steroller, vitaminler, squelen)

Lipid türevleri; yağ asitleridir.

Trigliseridler

3 değerli alkol olan gliserin ile yağ asitlerinin meydana getirdiği bir esterdir.

3 kola bağlanan yağ asidi aynı olduğunda **homojen trigliserid**, farklı olduğunda **heterojen trigliserid** denir.



- Trigliseridlerin bünyesinde yer alan yağ asitlerinin özellikleri trigliseridin özelliğini doğrudan etkilemektedir.
- Süt yağında 100 den fazla yağ asidi tespit edilmiştir. Bunlar kısa, orta ve uzun zincirli doymuş yağ asitleri ile doymamış yağ asitleridir.
- Butirik, kaproik ve kaprilik gibi kısa zincirli yağ asitleri diğer bitkisel ve hayvansal yağlarda yer almazlar.
- Trigliseridler apolar özellik taşırlar ve yüzey aktif değildirler.
- Sulu ortamda çözünmezler.



Yağ asitleri ve özellikleri

- Miktarları esas alındığında yüzlerce yağ asidinden 10 tanesi önemlidir.
- Her bir yağ asidi molekülü bir alkil (R-) ve bir karboksil grubu içerir.
- Genellikle karbon sayısı çifttir. 4-18 karbon atomu içerirler.
- Doymamış yağ asitleri 1 veya daha fazla çift bağ içerir.
- Kısa zincirli yağ asitlerinin oranı yüksektir.
- Bütirik asit karakteristiktir.
- Doymuş yağ asitleri oranı % 70 mol, (w/w), doymamış yağ asitleri % 40 mol, (w/w) düzeyindedir.
- Doymamış yağ asitleri içinde en fazla oleik asit bulunur (% 70).

Yağ asitlerinin fiziksel özellikleri

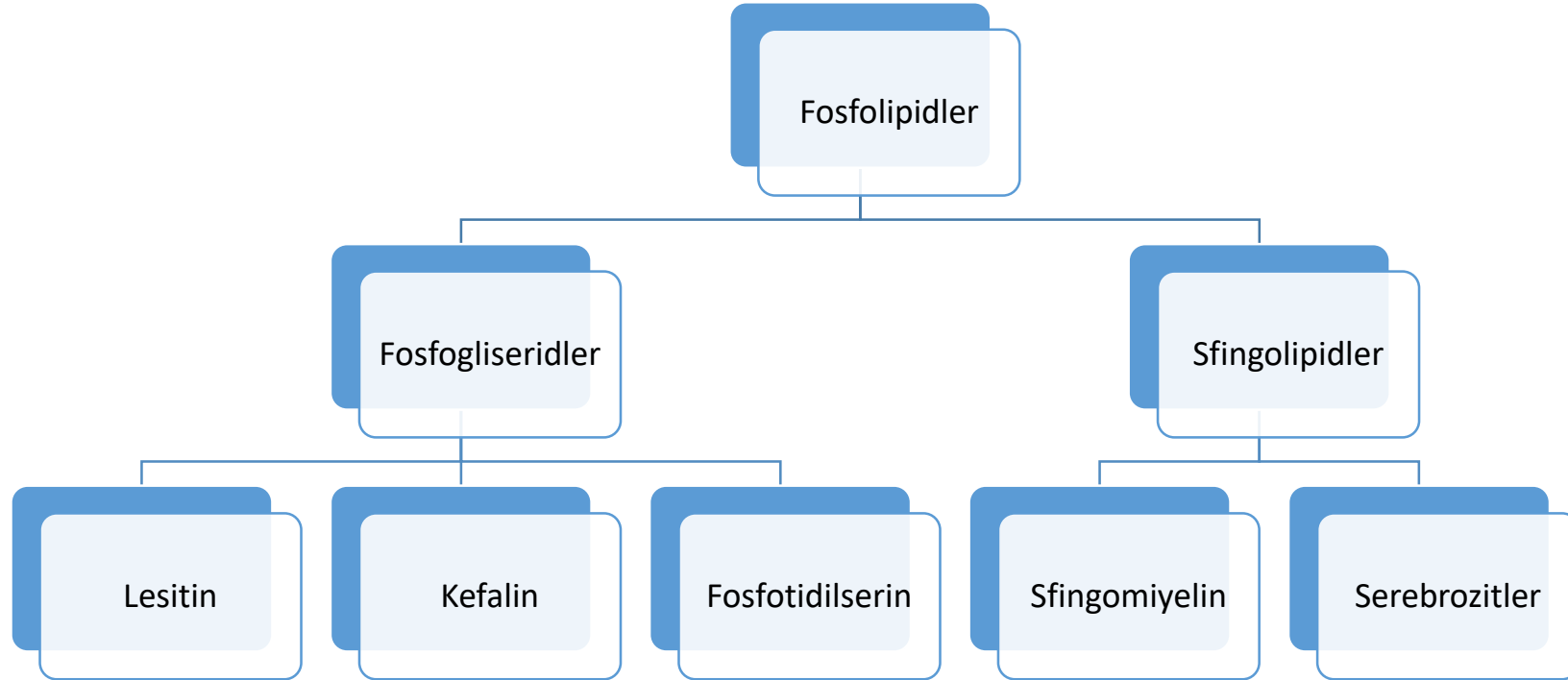
Yağ asitleri	Karbon sayısı	Erime özelliği	Suda çözünürlüğü	Oda sıcaklığında
Doymuş				
Butirik	C4:0	-7.9 °C	Çözünür	Sıvı ve uçucu
Kaproik	C6:0	-1.5	Çözünür	Sıvı ve uçucu
Kaprilik	C8:0	+16.5	Çözünür	Sıvı ve uçucu
Kaprik	C10:0	+31.4	Çözünmez	Katı ve uçucu
Lavrik	C12:0	+43.6	Çözünmez	Katı ve uçmaz
Miristik	C14:0	+53.8	Çözünmez	Katı ve uçmaz
Palmitik	C16:0	+62.6	Çözünmez	Katı ve uçmaz
Stearik	C18:0	+69.3	Çözünmez	Katı ve uçmaz
Doymamış				
Oleik	C18:1	+14	Çözünmez	Sıvı ve uçmaz
Linoleik	C18:2	-5	Çözünmez	Sıvı ve uçmaz
Linolenik	C18:3	-5	Çözünmez	Sıvı ve uçmaz
Araşidonik	C20:4	-49.5	Çözünmez	Sıvı ve uçmaz

Özetle;

- Kısa zincirli doymuş yağ asitleri oda sıcaklığında sıvı, daha büyük olanlar katı/kristal haldedir
- Doymuş yağ asitlerinin erime noktası karbon sayısı artmasıyla yükselir.
- Doymamış yağ asitlerinin erime noktası doymamışlık derecesinin artmasıyla azalır.
- Bütürik asit suda çözünmesine karşın, karbon sayısı arttıkça çözünürlük azalır. 10 karbonlu kaprinik asit ve daha yüksek molekülü yağ asitleri suda çözünmez.
- Karbon sayısı 10 kadar olan yağ asitleri uçucudur. Karbon sayısı arttıkça uçuculuk azalır. Doymamış yağ asitleri uçucu değildir.

Fosfolipidler

Fosfor içeren karışık lipidlerdir.



- Beslenme fizyolojisi açısından önemlidir. Kemik, beyin ve sinir dokusunu oluşturan maddeler arasında yer alır.
- Süt lipidlerinde çok az bulunmasına karşın en önemli fraksiyonudur.
- Başlıca yağ globül membranında protein ve serebrozitlerle ilişkili bulunmaktadır.
- Membrandaki bileşiklerin %20-40'ını oluşturan fosfolipidlerin kompozisyonunda, fosfatidilkolin (lesitin) %30, fosfatidiletanolamin (sefalin ve kefalin) %35, sfingomiyelin %24 yer alır.
- Amphipolar nitelikte kuvvetli yüzey aktif maddelerdir. Bu özellikleri yağ/su, veya su/yağ emülsiyonlarında fosfolipidlerin stabilizasyonunu sağlar.
- Büyük moleküllere sahip oldukları için yağ ve suda zor çözünürler.

- Gerek su gerekse yağ ortamlarında polar ve nonpolar uçlu misel oluşturma eğilimi taşırlar.
- Genelde uzun zincirli doymamış yağ asitleri fosfolipid molekülünde yer almaktadır.
- Genellikle birçok süt mamülünde antioksidan olarak rol üstlenir.
- Sütün emülsiyon stabilitesinin korunmasında rol alır.

Lesitin; sütün en önemli fosfolipidi olup α ve β olmak üzere iki formu vardır. En önemli kolu fosforilkolin grubudur ve bağlı olduğu karbon atomuna göre α ve β lesitin oluşur.

Asit ve baz ile hidrolizasyonu sonucu; 2 mol serbest yağ asidine, kolin ve fosforik aside parçalanır.

Steroller

- Başlıca sterol kolestrol' dür.
- Yüksek moleküllü alkoller olup fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından birbirine benzerler.
- Suda çözünmezler
- Sütteki kolestrolün oranı %0.015 süt lipidlerinin %0.2-0.4 arasındadır.Sütteki miktarı 15 mg/100 mL oldukça düşüktür.
- Kolestrol sütte üç şekilde bulunur.
 - Süt yağı içerisinde gerçek çözelti
 - Yağ globül membranında
 - Sütün yağsız bölümünde protein ile oluşturduğu kompleks.

Diğer lipidler

Squalen; süt yağının sabunlaşmayan bölümünden olup hidrokarbon bileşikleridir. Kolesterolün sentezlenmesi sırasında ara ürün olarak meydana gelir ve sütte eser miktarda bulunur.

Mumlar; sütte eser miktarda bulunur. Ester yapısında olmakla birlikte mumları oluşturan alkol trigliseridlerdeki gibi gliserin olmayıp çift sayıda karbon atomu içeren alifatik bir alkol veya steroldür.

Yağda çözünen **A,D,E,K** vitaminleri süt yapının sabunlaşmayan maddelerindedir.

Aroma bileşenleri; süt yağında çok az miktarda bir çok aroma maddesi de içermektedir. Bazıları uçucudur. Bir kısmı doğal bir kısmı da oksidasyonun birincil ürünleridir. Bu grup altında;

- laktonlar,
- doymamış aldehitler
- ketonlar yer almaktadır.

Serbest Yağ asitleri; sütte 3 ayrı kaynaktan ileri gelir,

- serum albüminlerine bağlı olarak yada hücre içinde doğrudan kandan
- Meme bezlerinde esterleşmeyen yağ asitleri olabilir.
- Trigliseridlerin hidrolizasyonu sonucu oluşmaktadır.

SÜT YAĞI İNDEKSLERİ

Refraktometre İndisi

Doymamış yağ asitlerinin miktarına bağlı olarak değişir. İnek sütünün 40 °C 'de Abbe Refraktometresinde değeri 1.4538-1.4578'dir.

Sabunlaşma Sayısı

1 gram yağın sabunlaşması için gerekli KOH' in mg olarak ifadesidir. Bu değer süt yağı için 210-235 arasında değişmektedir. Molekül ağırlığı arttıkça sabunlaşma sayısı düşer. Dolayısıyla süt yağında diğer yağlara göre sabunlaşma sayısı daha büyüktür.

Iyot Sayısı

100 g yağın bağlayabileceği iyot miktarının gram cinsinde ifadesidir. Bu değer süt yağının bünyesindeki **doymamış yağ asitleri** hakkında bilgi verir.

Süt yağının iyot sayısı 24-46 arasındadır.

Reichert Meissl Sayısı

5 g yağdaki suda çözünen ve su buharı ile uçan yağ asitlerinin alkali cinsinden mL olarak ifadesidir. Süt yağında bu değer 23-33 arasındadır. Diğer yağlara göre daha yüksektir.

Polenske Sayısı

5 g yağda su buharıyla uçan ve suda çözünmeyen yağ asitlerinin alkali cinsinde mL olarak ifadesidir. Bu sayı kaprilik ve kaprik yağ asitleri hakkında bilgi verir. İnek süt yağında bu değer 1.2-2.4 dür. Diğer hayvansal ve bitkisel yağlarda 1 veya altında değer gösterir.