



SÜT YAĞI

Süt yağı; 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 yağı; ekonomik, beslenme, tat-aroma ve yağın fiziksel özellikleri yönünden önem taşımaktadır.

- Yağsız yada süt yağı azaltılmış ürünler çok sert ve katı bir yapıda olmakta veya taneli kolay dağılabilen veya su sızıntılı tekstür kusurlarına sahip olabilmektedir.
- Süt yağı diğer yağlardan daha üstün bir tat-aroma sahiptir.
- Enerji değeri laktoz ve proteinin iki katıdır.
- Biyolojik değeri yüksek yağ asitleri ve vitaminleri içermektedir.



- Süt yağı süt serumu içerisinde yağ globulleri 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 ASİTLERİ



- Süt yağında 400 den fazla yağ asidi saptanmıştır. Miktarları esas alındığında bunlardan 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, doymamış yağ asitleri % 40 düzeyindedir.



SÜT LİPİDLERİNDE MEYDANA GELEN DEĞİŞİMLER

- ❑ Süt yağının oksidasyonu
- ❑ Süt yağının hidrolizasyonu (Lipoliz)

OKSİDASYON



Doymamış yağ asitlerindeki çift bağların ya da yağların hidrokarbon zincirinde bulunan doymamış kısımların oksijen ile reaksiyona girmesi sonucunda hidroperoksitlerden malonaldehitlere kadar parçalanma ürünlerinin meydana gelmesine oksidasyon denir.

Oksidasyon sonucunda, balığımsı, meyvemsi, yağimsı, salatamsı, metalimsi tatlar oluşur.



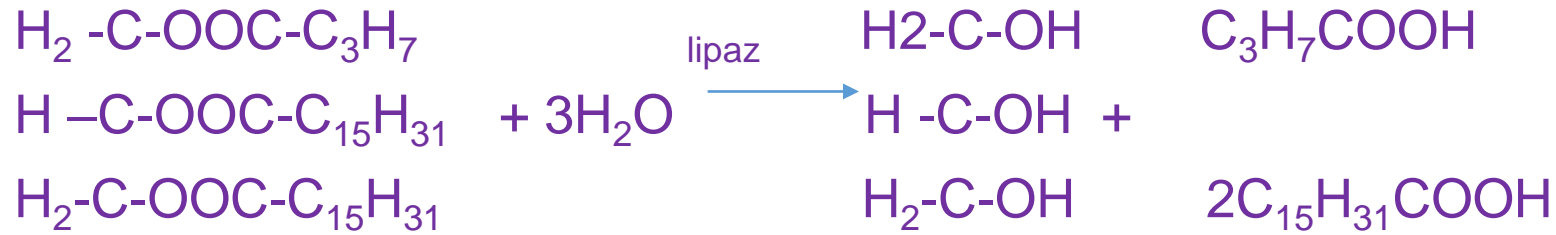
Oksidasyonu Etkileyen Faktörler

- Hava ile temas yani O₂ varlığı
- Pastörizasyon
- Bakır gibi metal iyonların varlığı
- pH
- Doymamış yağ asitleri miktarı
- Sütün homojenizasyonu, çalkalanması ve uzun süre saklanması gibi teknolojik işlemler
- Ambalaj materyali
- Işık

HİDROLİZASYON



Süt yağının enzimatik hidrolizasyonudur. Lipaz enziminin katalitik etkisi sonucu oluşur.



Trigliserid

Gliserin

Butirik asit

Palmitik asit



Trigliseridlerin hidrolizasyonu sonucu serbest hale geçen küçük moleküllü yağ asitlerinin miktarına bağlı olarak acılaşıma meydana gelmektedir.

Süt ve ürünlerin özellikle tereyağının depolanacağı süreyi belirleyen bu olay lipaz enziminin aktivitesi sonucu oluşmaktadır.

Lipoliz iki kaynaktan ileri gelmektedir.

- Sütün doğal lipazı
- Bakteriyel lipaz

Sütte doğal olarak bulunan lipaz ısıya dayanıklı değildir. Pastörizasyon işlemi ile inaktif olmaktadır.



Lipolizi önlemek amacıyla;

- üretimin hijyenik koşullarda yapılması
- kısa sürede ısı işlem uygulanması
- soğukta muhafaza edilmesi
- pastörizasyondan önce mümkün olduğunca mekanik işlemlerden kaçınılması gerekmektedir.

LAKTOZ (SÜT ŞEKERİ)



Sütün esas karbonhidratıdır ve sadece sütte bulunur

Glikoz + galaktoz = laktoz (disakkarit)

- Sütün özgül ağırlığını, D.N ve K.N nı ve ozmotik basıncını etkiler.
- Asitlere dayanıklı ve alkalilere hassastır. Midede değil laktaz enzimi ile bağırsaklarda parçalanır.



- Laktoz özellikle galaktoz bebeklerde beyin ve sinir hücrelerinin oluşumu ve gelişimi için gereklidir.
- Vitamin sentezlenmesinde rol alır (B1, B2, B6, folik asit)
- Besinlerdeki kalsiyum ve fosforun vücuda daha kolay alınmasını ve birikimini sağlar.



LAKTOZUN KİMYASAL TEPKİMELERİ

1. Hidrolizasyon

Asitle ve enzimle hidrolize edilerek glikoz ve galaktoza parçalanır.

- Kuvvetli mineral asitler (HCl veya H_2SO_4) ile
- Bazı küf ve mayalardan elde edilen laktaz (β -D-galaktozidaz) enzimi ile

2. Oksidasyon

Asidik ve bazik potasyum permanganat, demir sülfat ve sodyum sülfat gibi maddelerin etkisiyle oksidasyona uğrar, **laktobiyonik asit** ve **laktonlar** meydana gelir.



3. İndirgenme

Yüksek basınçlı hidrojen ve yüksek sıcaklık (195°C) etkisiyle indirgenerek, **laktositole** dönüşür. Laktositol, sorbitole benzeyen besleyici değeri olmayan tatlandırıcı özellikte bir maddedir.

LAKTOZ/ ISIL İŞLEM



- Sütün ısıtılması sonucu **Laktuloz** oluşur. Toksikolojik açıdan zararsızdır ve tıbbi amaçlarla kullanılmaktadır.
- Isıl işlem sonucu oluşan önemli bir reaksiyon **Maillard** reaksiyonudur. Laktoz ile proteinler arasında oluşan enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonudur, son ürün olarak **melanoidin** denilen kahverenkli pigmentler ile uçucu olmayan bazı bileşikler meydana gelir ve **lisin kaybı** görülür.



LAKTOZUN FERMANTASYONLARI

Laktoz bazı mikroorganizmaların etkisiyle aşağıdaki fermentasyonlara uğrayarak süt ve ürünlerinde olumlu/olumsuz değişimlere neden olurlar.

- **Laktik asit fermentasyonu:** Laktik asit bakterileri etkisiyle laktik asit oluşur ve süt pıhtılaşır. Yoğurt ve peynir üretiminde yararlanır.
- **Alkol fermentasyonu:** Mayaların etkisiyle laktozun parçalanmasından laktik asit oluşur. Kefir kımız gibi fermente süt ürünlerinin oluşmasında rol oynar.



- **Propionik asit fermentasyonu:**
Propionibacterium shermanii laktozu parçalar ve propionik asit oluşur. Emmental peynirinin üretiminde kullanılır.
- **Butirik asit (tereyağı asidi) fermentasyonu:**
Clostridium butyricum ve *Clostridium tyrobutyricum* gibi bakteriler laktozu anaerobik koşullarda yağ asitlerine parçalarlar. Esas ürün butirik asit olmakla beraber asetik, propionik, formik asit de meydana gelir.



Mineral maddeler

Sütte yaklaşık % 0.70 oranında bulunur. Sütün mineral maddeleri miktarları açısından makro ve iz elementler olarak iki gruba ayrılır.

Makro elementler: sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, klor, fosfat, sülfat, bikarbonat ve sitrat

İz elementler: demir, bakır, kobalt, çinko kurşun kalay, flor, iyot, brom, silisyum, selenyum ve bordür.

Sütte bulunan mineral maddelerin miktarı;

- Süt veren hayvanın ırkına ve türüne,
- laktasyon durumuna,
- mastitisli olup olmamasına,
- beslenmesine,
- mevsime göre değişir.



Sütün makro elementlerinin miktarları

yağsız sütte miktarları (ortalama değerler)		
iyonlar	%	mg/100 mL
Sodyum	0.05	50
Potasyum	0.15	145
Kalsiyum	0.12	120
Magnezyum	0.01	13
Toplam fosfor		95
Anorganik fosfor (PO ₄)	0.21	75
Klorür	0.10	100
Sülfat	0.01	10
Karbonat (HCO ₃)	0.02	20
Sitrat	0.2	175

MİNERAL MADDELERİN FONKSİYONLARI



- Kalsiyum, fosfor, magnezyum, sodyum, potasyum, klorür, başta olmak üzere kükürt ve azot organizmanın gelişmesi ve büyümesi için mutlak gerekli elementlerdir. Dolayısıyla beslenme fizyolojisi açısından öneme sahiptir.
- Süt proteinlerinin koloidal stabilitesini sağlar (kalsiyum)
- Kalsiyum iyonları olmaksızın süt peynir mayasıyla pıhtılaşmaz ve peynir yapımı gerçekleşmez.
- kalsiyum magnezyum iyonlarıyla fosfat ve sitratlar arasında bir denge vardır bu da koloidal stabiliteyi sağlar. Denge bozulunca sütün ısıya dayanımı azalır, sterilize içme sütleri ve koyulaştırılmış sütlerin depolama ömrü kısalmır.
- Demir ve bakır süt yağının oksidasyonunda etkilidir.

VİTAMİNLER



Yaşam için gerekli olan vitaminlerin hemen hepsi sütte bulunur.

- β -karoten (provitamin A) ve laktoflavin (B2) süt ürünlerinin karakteristik renklerinin oluşmasında etkilidir. Yazın üretilen tereyağlarının rengi daha sarıdır.
- E ve C vitamini antioksidan görevindedir; sütün redoks potansiyelini etkiler, kimyasal olarak bozulmayı engeller.
- Bazı vitaminler süt ürünleri için yararlı mikroorganizmaların gelişmelerini sağlarken bazı mikroorganizmalar da vitamin miktarını artırabilir (laktik asit bakterileri C vitaminini artırabilir)

Çizelge 2.3. Sütte bulunan başlıca vitaminler

Vitaminler	Ortalama miktarlar (mg/L)	1 L sütün günlük gereksinimi karşılama oranı (%)
A vitamini	0.35	37
Karoten	0.2	-
D vitamini	0.0008	8
E vitamini	1.4	7
K vitamini	0.035	1
B₁ vitamini	0.43	33
B₂ vitamini	1.7	106
B₆ vitamini	0.48	16
B₁₂ vitamini	0.0045	129
Niasin	0.95	6
Folik asit	0.055	37
Pantotenik asit	3.6	45
C vitamini	18.0	26
H vitamini	0.04	20
Kolin	200.0	-



Çizelge 2.4. Sütün işlenmesi sırasında zarar gören vitaminler

Etkileyen faktörler	Zarar gören vitaminler
Yüksek sıcaklık	B ₁ , B ₁₂ , C
Oksijen	A, C, E
Ağır metaller	C, A
Işık (özellikle UV)	A, B ₂ , B ₆ , C, E, K, nikotinik asit, folik asit
Depolama sırasında oksidasyon	A, E, K, C, B ₁

Çizelge 2.5. Farklı ısı işlemler uygulanan sütte vitamin kayıpları (%)

Isıl İşlemler	Vitaminler				
	B ₁	B ₆	B ₁₂	Folik asit	C
Pastörizasyon	10	0-5	10	5	5-15
Kaynatma	10-20	5-8	20	15	15-20
UHT-sterilizasyon	5-15	10	10-20	10-20	10-20
Klasik sterilizasyon	30-40	10-20	80-100	40-50	30-50

ENZİMLER



Sütte bulunan enzimlerden bir kısmı kan veya süt hücrelerinden geçer bunlara “doğal enzim” denir.

Ortamdaki bakteriler tarafından salgılanan enzimler ise “bakteriyel enzim” olarak adlandırılır.



Katalaz: Hidrojen peroksidi su ve oksijene parçalar. Bakteri faaliyetini engellemek için çiğ sütlere katılan hidrojen peroksidin zararsız hale getirilmesinde kullanılır, ağız sütleri ve mastitisli sütlerde miktarı yüksektir. Süt kökenli bir enzimdir.

Lipaz: Yağları hidrolize ederek serbest yağ asitlerini oluşturur. Sütün doğal lipazı pastörizasyon ile inaktif olurken, bakteriyel lipaz ısıya dayanıklıdır.

Fosfataz: Organik fosfatları parçalar. Pastörizasyon kontrolünde kullanılır.

Peroksidaz: Hastalıklı hayvanların sütlerinde daha fazla bulunur. Kaynatmaya yakın sıcaklıklarda inaktif olduğundan yüksek ısı işlem uygulanmış sütlerle pastörize sütleri ayırt etmede kullanılır.

Proteaz: Proteini peptitlere parçalar dolayısıyla, peynir olgunlaşmasında rol oynar.