

LİPİDLER VE METABOLİZMASI

Prof. Dr. Seher Küçükersan

LİPİDLER VE METABOLİZMASI

Lipidler bitki ve hayvan dokusunda bulunup, suda çözünmeyen, fakat eter, aseton, kloroform ve benzen gibi polar olmayan çözücülerde çözünen organik bileşiklerdir.

LİPİDLER

- **Bitkilerde** 2 formda bulunur
- **-Yapısal lipidler**
- Bitkilerin yüzey tabakasındaki lipidler Mumlardan oluşur,
- Çok az kısmı uzun zincirli karbonhidratlar, yağ asitleri ve kutindir
- **-Depo lipidler**
- Meyva ve tohumda sıvı yağ şeklinde

- **Hayvanlarda,**
- Katı yağlar şeklinde
- Başlıca Fosfolipid şeklinde
- Adipöz dokularda, kaslarda, karaciğerde bulunur

•Lipidlerin en önemli özellikleri

Kimyasal yapı:

Karbonhidratlar gibi

C,H,O içerirler ancak miktarı iki kat fazladır.

N ve P da bulunur

Depolanma: Adipöz dokuda,

karbonhidrat ve proteinlerde lipitlere dönüştürülerek depolanır

Enerji: Karbonhidratlar ve proteinlerden fazla

1 g yağ 9 kalori enerji verirken,

1 g protein ve karbonhidrat 4 kalori enerji verir.

• Esansiyel yağ asidi kaynağı

• A, D, E, K vitamini kaynağı

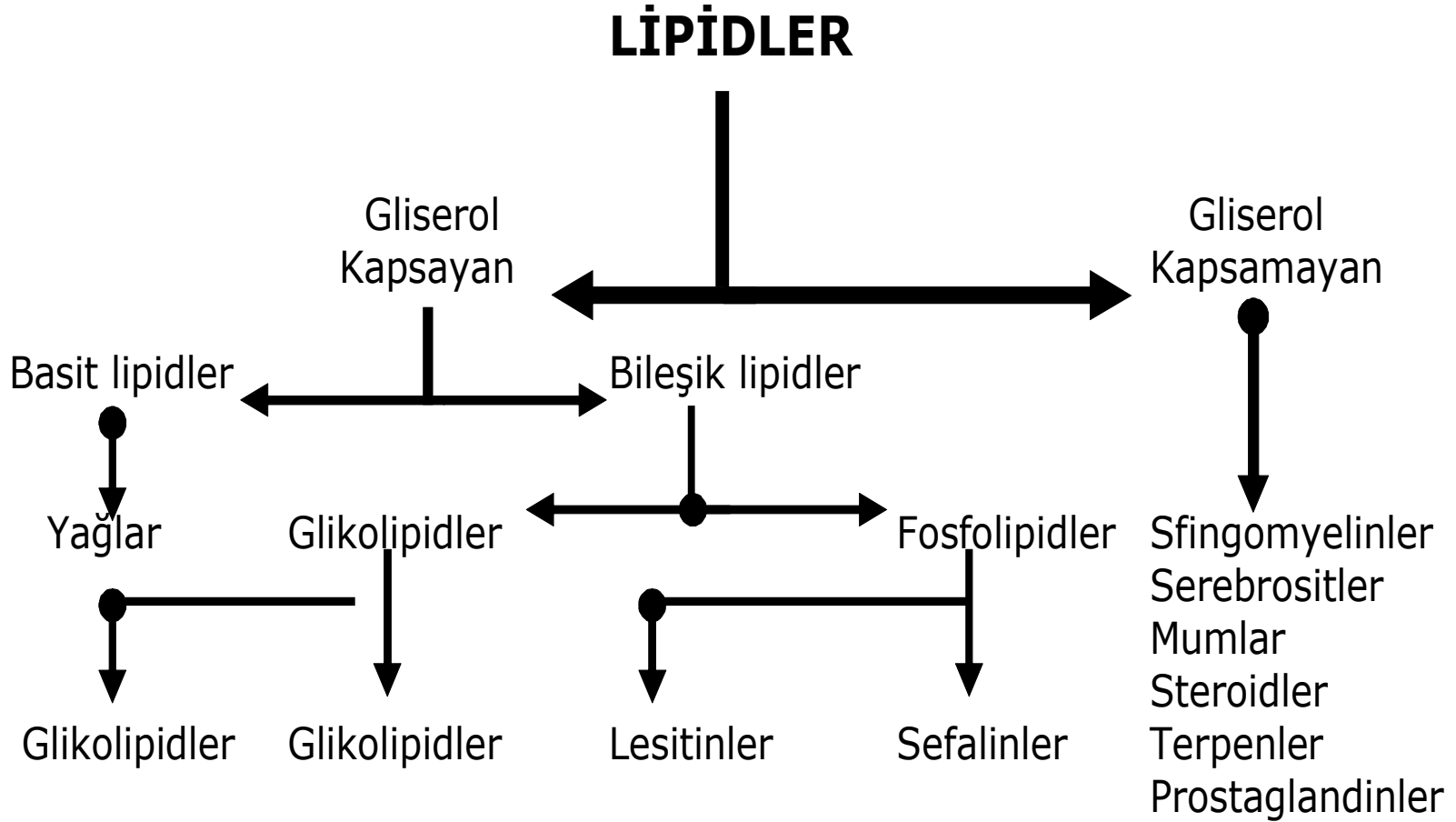
• Yağda eriyen vitaminlerin fonksiyonlarına yardımcı

LİPİDLERİN SINIFLANDIRILMASI

A. Lipidler

B. Lipid benzeri maddeler

Lipidlerin sınıflandırılması



A. LİPİDLER

1. Gliserol kapsayan

Basit lipidler → Doğal yağlar

Bileşik lipidler → Glikolipidler

→ Fosfolipidler

2. Gliserol kapsamayan

Sfingomiyelinler

Serebrosidler

Mumlar

B. LİPİD BENZERİ MADDELER

Karotinoidler → Terpenler

Steroidler

→ Safra asitleri

→ Adrenal ve seks hormonları

→ Sterinler → Fitosterin

Mikosterin

Zoosterin

1. Gliserol kapsayan lipidler

A. Basit (yalın) Yağlar: Yağ asitleri + Gliserin

Yağ asitleri → Doymuş → C atomları arasında tek bağ
→ Doymamış → C atomları arasında çift bağ
(Monoen, dien, trien, polien)

Gliserin → Gliserinin esterleşen -OH kökü sayısına göre
Monogliserid, digliserid, trigliserid

B. Bileşik lipidler: Yağ asidi + Gliserol + Başka bir bileşen

1. Glukolipidler: Yağ asidi + Gliserol + Glukoz veya galaktoz
Rum. Rasyonlarındaki yağın % 60'ını oluştururlar.
Çayır otunda → Galaktolipid

2. Fosfolipidler: Yağ asidi + Gliserol + Fosfor bazen azot, lesitin,
sefalin

Biyolojik zarlardaki lipoprotein bileşiklerinin
yapısında

Kalp, böbrek ve sinir dokusunda

Yumurta ve soya fasulyesinde

2. Gliserol kapsamayan lipidler

- Sfingomiyelinler: Yağ asidi + Sfingozin + Fosfat asidi + Kolin
Sfingozin, 2 değerli yüksek bir alkoldür.
Sinir dokusunda % 1.5 oranında
- Serebrositler: Yağ asidi + Sfingozin + Galaktoz veya glukoz
Sinir dokusunda
- Mumlar: Yağ asitleri + Yüksek molekül ağırlıklı alkoller
(Çeşitli esterlerin karması. Balmumu en az 5 çeşit)
Laurik asitten daha yüksek molekül ağırlığına sahip doymuş yağ asitleri içerir.
Koruyucu fonksiyon
 - Yaprakta, meyvede mum tabakası → Palmiye
 - Yünde mum tabakası (Lanolin)
 - Balıklarda mum tabakası (İspermeçet)

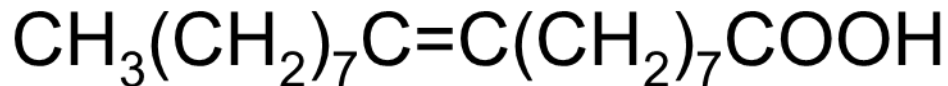
Yağ Asitleri

- 1. Doymuş yağ asitleri:

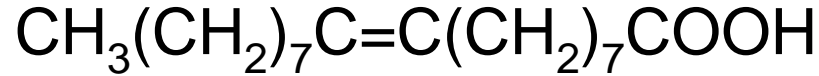
C-atomları arasında **TEK BAĞ** bulunur ve genelde 4-18 C atomu kapsarlar

- 2. Doymamış yağ asitleri:

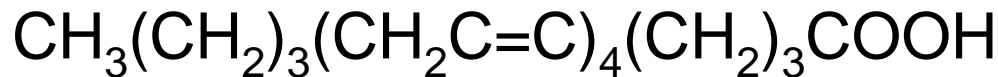
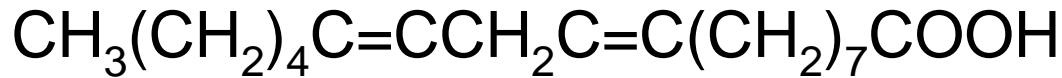
C-atomları arasında **ÇİFT BAĞ** bulunur ve 16-20 C-atomu kapsarlar



Hidrokarbon zincirinde bir çift bağ içeren doymamış yağ asitleri, ***monoansatüre (monoenoik)*** yağ asitleridirler



İki veya daha fazla çift bağ içeren doymamış yağ asitleri, ***poliansatüre*** yağ asitleridirler. Poliansatüre yağ asitleri, içerdikleri çift bağ sayısına göre ***dienoik, trienoik, tetraenoik*** yağ asitleri olarak adlandırılırlar



Tablo Bazı yağ asitlerinin formülü ve erime noktaları

<u>DOYMUŞ YAĞ ASİTLERİ</u>	<u>FORMÜLÜ</u>	<u>ERİME NOKTASI °C</u>
Asetik	$C_2H_4O_2$	-
Bütirik	$C_4H_8O_2$	-4.3
Kaproik	$C_6H_{12}O_2$	-2.0
Kaprilik	$C_8H_{16}O_2$	16.3
Kaprik	$C_{10}H_{20}O_2$	31.2
Laurik	$C_{12}H_{24}O_2$	43.9
Miristik	$C_{14}H_{28}O_2$	54.1
Palmitik	$C_{16}H_{32}O_2$	62.7
Stearik	$C_{18}H_{36}O_2$	69.6
Arahidik	$C_{20}H_{40}O_2$	76.3
<u>DOYMAMIŞ YAĞ ASİTLERİ</u>		
Palmitoleik	$C_{16}H_{30}O_2$	0
Oleik	$C_{18}H_{34}O_2$	16.3
Linoleik	$C_{18}H_{32}O_2$	-5.0
Linolenik	$C_{18}H_{30}O_2$	-11.3
Arahidonik	$C_{20}H_{32}O_2$	-49.5

Hayvansal yağlarda en çok bulunan doymamış yağ asitleri, palmitoleik asit, oleik asit, linoleik asit, araşidonik asittir

Yağ asidinin adı	Karbon iskeleti	Yapı formülü
Palmitoleik asit	16: 1 Δ^9	CH ₃ (CH ₂) ₅ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH
Oleik asit	18: 1 Δ^9	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH
Linoleik asit	18: 2 $\Delta^{9, 12}$	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH=CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH
Araşidonik asit	20: 4 $\Delta^{5, 8, 11, 14}$	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH=CHCH ₂ CH=CHCH ₂ CH=C HCH ₂ CH= CH(CH ₂) ₃ COOH



Hayvanlarda depo yağlarını çoğunlukla palmitik ve oleik asitler oluşturur; daha az olarak da stearik asit bulunur

BAZI YAĞLARDA BULUNAN ÖNEMLİ YAĞ ASİTLERİNİN TOPLAM YAĞ ASİTLERİ İÇİNDEKİ ORANI, %

<u>Yağ asitleri</u>	<u>Tereyağı</u>	<u>İç yağ</u>	<u>Soya yağı</u>	<u>Mısır yağı</u>
<u>Doymuş yağ asitleri</u>				
Bütirik	9	-	-	-
Kaproik	3	-	-	-
Kaprilik	2	-	-	-
Kaprik	4	-	-	-
Laurik	3	-	-	-
Miristik	11	7	-	-
Palmitik	23	29	9.5	7
Stearik	9	21	3.7	3
<u>Doymamış yağ asitleri</u>				
Oleik	26	41	21.7	43
Linoleik	3	2	57.1	39

- Doymamış yağlar doymuş yağlara göre daha fazla enerji vermektedir.
- Tekli doymamış yağ asitleri (MUFA),
Çoklu doymamış yağ asitleri 'den (PUFA) daha fazla enerji verir

Doymuş ve doymamış yağ asitlerinin hayvan beslemedeki önemi nedir ?

- Doymuş yağ asitleri  kan LDL ve HDL düzeylerinde artıř
- Doymamış yağ asitleri  HDL miktarı artarken LDL miktarı düşmektedir.
- Sağlık ve verimin olumlu yönde etkilenmesi için % 50 Doymamış Yağ Asiti % 50 Doymuş Yağ Asiti karışımı önerilmektedir.

Esansiyel Yağ Asitleri

- 1. Linoleik (C18:2 ω -6) asit,
- 2. Linolenik (C18:2 ω -3) asit
- 3. Arahidonik asit (C20:4 ω 6) esansiyel yağ asitleri olarak kabul edilmektedir.
- insanlar ve bazı hayvanlar için esansiyeldirler yani vücutta sentez edilmezler; besinlerle dışarıdan alınmaları gerekir

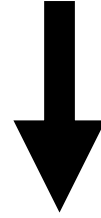
ESANSİYEL YAĞ ASİTLERİ EKSİKLİĞİ

- Deride lezyonlar
- Büyüme, döl ve süt verimi gerileme
- Ölmek üzere olan sıçanlara
- Cıvcıv → Ödemler, yüksek sayıda ölümler
- Ruminant rasyonları → Çayır otları: Linoleik, linolenik ↑

Esansiyel yağ asitleri

- Hücre zarlarının oluşumunda
- Prostoglandin sentezinde (Prostaglandinler dokularda oluşan “lokal hormonlar” olarak isimlendirilirler.)
- Lipoprotein yapısındaki enzimlerin sentezinde

Kanatlı ve Domuzlarda Esansiyel yağ asiti ihtiyacının karşılanması, Ruminantlarda ise eksiklik semptomlarının çok az görülmesinin nedeni nedir?



- Yağlı tohumların genellikle linoleik ve linolenik asit bakımından zengin olması
- Çayır otlarının linoleik ve linolenik asit bakımından zengin olmasıdır.

Trans yağ asitleri

- Trans yağ asitleri, trans konfigürasyonunda en az bir çift bağ bulunduran doymamış yağ asitleridir.
- Diyetteki ana trans izomerler, kısmi hidrojene edilmiş bitkisel yağlarda ve hayvansal yağlarda bulunan C18 trans tekli doymamış yağ asitleridir.

- Trans yağ asidi basitçe, doğal halinde CIS formda bulunan yağ asitlerinin geometrik izomerleridir ve bu geometride bulunan izomeriye dönüşüm sonucunda, daha düz zincirli, daha stabil yapıda yağ asitleri oluşur
- Özellikle,
- CIS formunun ergimesi 13-14 derece iken,
- trans formun ergimesi yaklaşık 44- 45 derece civarına yükselebilir.

1-Biyokimyasal hidrojenasyon (otohidrojenasyon),

- Rumen bakterileri tarafından üretilir
- Hayvansal yağlarda %3-8 aralığında trans asit bulunabilir
- Trans form daha çok vaccenik asit (trans-11-oktadesenoik asit) ve CLA yapısındadır

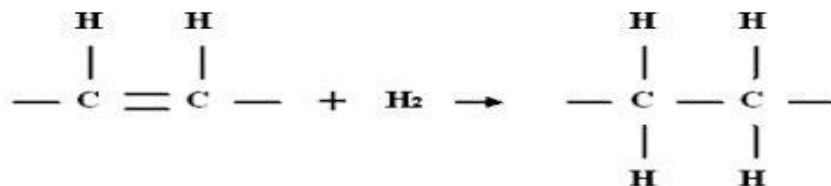
2-Yüksek sıcaklık uygulamaları

Fiziksel rafinasyon veya Deodorizasyon işlemleri sırasında sıcaklık 240 derecenin üzerine çıkar. Bu sıcaklıklarda trans yağların oluşumu söz konusudur.

3-Kısmi hidrojenasyon

En önemli trans asit kaynağıdır

- Katalizör eşliğinde yağların hidrojen basıncı ve yüksek sıcaklıkta belirli bir iyot değerine kadar doyurulması işlemidir.

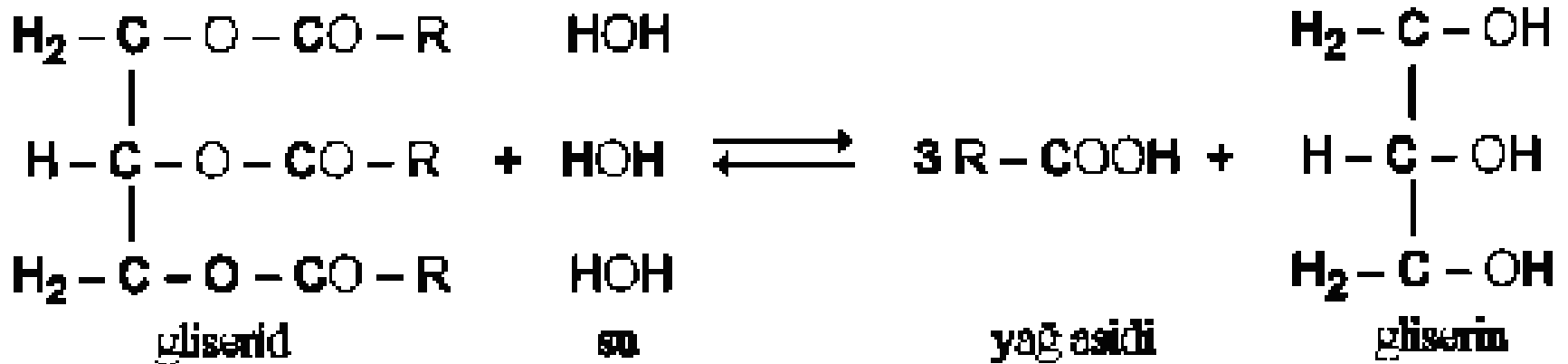


YAĞLARIN NİTELİKLERİNİ BELİRLEYEN FAKTÖRLER

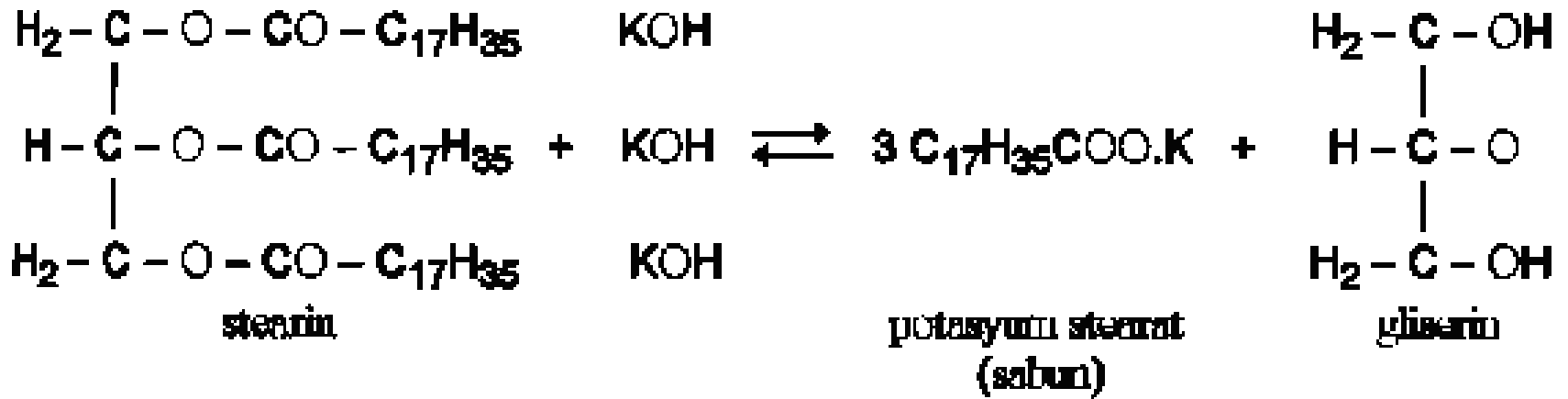
- 1. Erime noktası
- 2. İyot sayısı
- 3. Sabunlaşma sayısı
- 4. Hidroliz
- 5. Oksidasyon
- 6. Hidrojenasyon

Trigliseridlerin kimyasal özellikleri

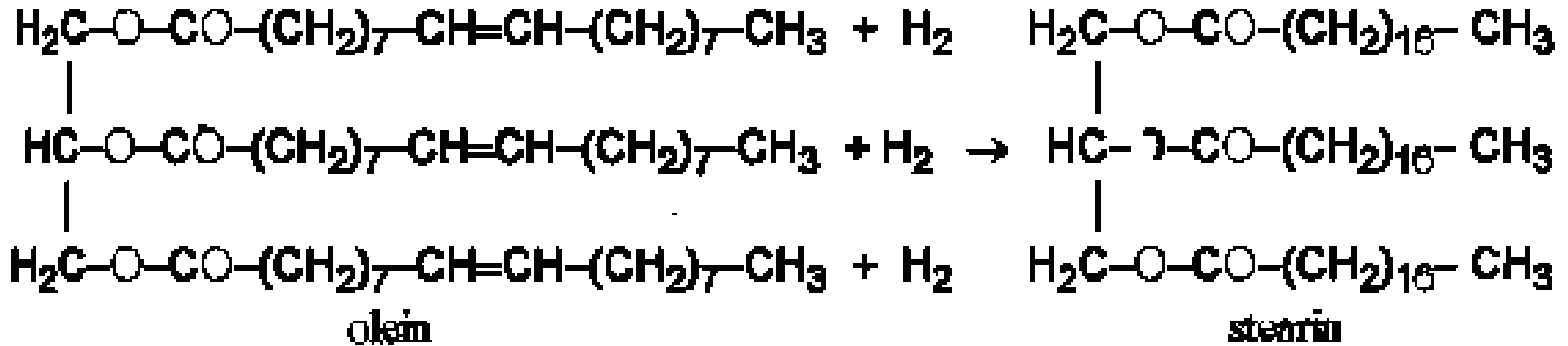
-Yağlar, ya yüksek basınç altında su ile, ya da normal basınç altında asitlerle kaynatılarak ya da lipaz gibi belirli enzimlerin katalitik etkisiyle hidrolize olurlar; gliserol ve yağ asitlerine parçalanırlar



-Yağlar, kuvvetli bazlarla kaynatılırlarsa, sabunlar ve gliserine ayrılırlar



-Yağlardaki yağ asitlerinin doymamış bağları hidrojen ile doyurulabilir ve böylece doymuş yağlar meydana gelir



-Yağlardaki yağ asitlerinin doymamış bağlarına, klor, brom, iyot gibi halojenler katılabilir

100 gram yağ tarafından absorbe edilen gram cinsinden iyot miktarına **iyot sayısı** denir

Oksidasyon

- Yağlardaki yağ asitlerinin doymamış bağları, çeşitli oksidan etkenlerle, çeşitli bileşikleri oluşturmak üzere okside olurlar
- Yağlar, hava, ışık, rutubet, ısı ve bakteri etkisiyle kendilerine özgü koku ve tatlarını kaybederek acılaşırlar.
- Yağların acılaşması, çeşitli oksidasyon olaylarından ileri gelebilir.
- Oksijenin ortadan kaldırılması veya antioksidanların ilavesi (*vitamin E* gibi) yağlarda oksidasyondan ileri gelen acılaşmayı geciktirir

Hidrojenasyon

- Doymamış yağ asitlerindeki çift C-bağına hidrojen katılmakla aynı karbon atomuna sahip doymuş yağ asitlerinin elde edilmesidir.
- Oleik asite hidrojen bağlanması ile stearik asit oluşumu buna örnek olarak verilebilir.

Ruminant rasyonlarında doymamış yağ asitleri fazla miktarlarda bulunduğu halde vücut yağlarının doymuş yağ asitlerince zengin olmasının en önemli nedeni



- RUMİNANTLAR TARAFINDAN TÜKETİLEN YEMLİK YAĞLARIN RUMENDE HİDROJENASYONA UĞRAMASIDIR.

Rasyona Yağ Katılmasının Etkileri ve Yararları

- Enerji kaynağıdır,
- Fosfolipit ve lipoproteinlerin yapısına girerek membran permeabilitesi ve stabilitesini sağlar,
- Sinir hücrelerinin fonksiyonlarını göstermesinde yardımcı rol oynar,
- Yağda eriyen vitaminlerin vücutta çeşitli organ ve dokulara taşınmasında ve emilmesinde rol oynar,
- Özellikle linoleik asit gibi esansiyel yağ asit kaynağıdır,

Vücuttaki yağ dokuların yararları

- Depo edilen yağlar böbrek, bağırsak gibi organlara yataklık eder ve travmalara karşı koruma sağlar.
- Derinin altında bulunan yağ tabakası, vücut sıcaklığının normal sınırlar arasında kalmasını sağlar.

Rasyona Yağ Katılmasının Etkileri ve Yararları

- Yem fabrikasında homojen bir yem karışımının elde edilmesinde rol oynar,
- Yemde tozumayı önler veya azaltır,
- Yemin lezzetini artırarak hayvanlar tarafından daha kolay tüketilmesine olanak sağlar,
- Yem kırma ve karıştırma makinesinin işlevini kolaylaştırır ve aşınmasını önler,
- Pelet yem yapımını kolaylaştırır,
- Sıcak stresinde yem tüketimi azalacağından enerji ihtiyacının karşılanmasında etkilidir.

Lipid benzeri maddeler

1. Karotinoidler (Terpenler): Karoten, likopen, vitamin A

2. Steroidler: Siklopentan halkasına bağlanmış bir fenantren çekirdeği

Her bileşiğin kendine özel sayıda ve pozisyonda çift bağı

17 C atomuna bağlı yan zincir

Steroidler

A. Sterinler (Steroller):

3 C atomuna bağlı bir alkol grubu

17 C atomuna bağlı bir yan zincir (8-10 C)

Mikosterin

Fitosterin → Ergosterin → Ergokalsiferol (Vit. D₂ ön mad.)

Zoosterin → Kolesterin (Kolesterol)

7. Dehidrokolesterol (Vit. D₃)

- Beyin KM'sinin %17

- Bütün hayvansal hücrelerde düşük miktarda bulunur ve hayvan vücudunda sentezlenebilir.

- Diğer steroller vücuttaki kolestroiden sentezlenir

- Arterioskleroz

B. Safra asitleri: Steroid + Glisin veya taurin + Bir veya daha fazla alkolik OH grubu

Duodenumda yağların emülsifiye olması ve lipaz enziminin aktivite göstermesi

C. Adrenal hormonlar: 3 C atomuna bağlı bir keton grubu

20 C atomu içeren bir yan zincir

Kardikosteron ve kortizol (Glukozun kullanılması, yağların mobilizasyonu ve sentezi)

Seks hormonları Ovaryum → Östrojenler

Corpus luteum → Progesteron

Testis → Androjenler

Kolesterol (kolesterin)

Kolesterol, hayvansal kökenli bir steroiddir, ilk kez 1775 yılında insan safra taşından izole edilmiştir, insan safrasında bol miktarda bulunur.

Karaciğerde üretilen kolesterol lipoproteinlerin yapısına girerek plazmaya geçebileceği gibi doğrudan kolesterol olarak veya safra asitlerine dönüşerek safraya da geçebilir.

En önemli sterol kolesteroldür.

Safra asidi ve steroid hormonlarının ön maddesidir.

Sadece hayvansal organizmada yer alan steroid yapıda bir lipittir.

Kolesterol birçok dokunun yapı taşıdır.

Özellikle sinir hücrelerinde oldukça yaygındır.

Plazma lipoproteinlerinin ve hücre membranının ana bileşimidir.

Çoğunlukla yağ asitleri ile birleşmiş olarak kolesterol esterleri halinde bulunur.

Serbest halde bulunduğu gibi uzun zincirli yağ asitleriyle esterleşmiş olarak lipoproteinlerin bileşiminde bulunur

Yiyecekler	Kolesterol(mg/100g)
Beyin	2000
Yumurta sarısı	1300
Yumurta akı	0
Tam yumurta	420
Karaciğer	300
Böbrek	375
Diğer balıklar	70
Süt	11
Tereyağı	250
Yağlı peynir	100
Yağsız peynir	Az
Kuzu eti	70
Koyun eti	65
Dana eti	90
Sığır eti	70
Tavuk eti	60
Margarin (sade bitkisel yağdan)	0

Vücuttaki kolesterol iki kaynaktan gelir

Yiyeceklerle alınan kolesterol
Vücutta sentezlenen kolesterol

Nötral yağlar (Trigliseridler, triaçilgliseroller, yağlar)

Gerek hayvansal yağlar gerekse bitkisel yağlar, yağ asitlerinin gliserin (gliserol) ile oluşturdukları oldukça kompleks esterlerdir; bu esterlere *gliserid* adı verilir

Gliserinin bir alkol grubu bir molekül yağ asidi ile esterleşirse *monogliserid* meydana gelir

Gliserinin iki alkol grubu iki molekül yağ asidi ile esterleşirse *digliserid* meydana gelir


Gliserinin üç alkol grubu da üç yağ asidi ile esterleşirse *trigliserid* meydana gelir

Genelde yağların yapısı trigliserid biçimindedir

Trigliseridlerde gliserin ile esterleşen yağ asitlerinin üçü de aynı ise yani α , β , α' pozisyonlarının hepsinde aynı tür yağ asidi bulunuyorsa trigliseridler, ***basit yağlar*** olarak tanımlanırlar

Trigliseridlerde gliserin ile esterleşen yağ asitleri aynı değilse yani α , β , α' pozisyonlarında farklı tür yağ asidi bulunuyorsa trigliseridler, ***karışık yağlar (miks yağlar)*** olarak tanımlanırlar

Tek midelilerde yağların sindirimi

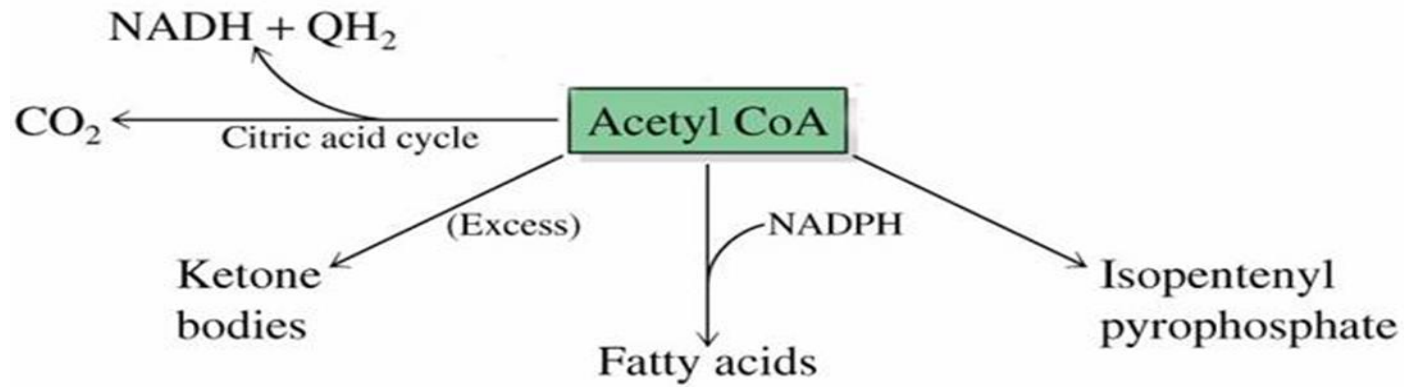
- Yağların sindirimi ince bağırsakta başlar ve tamamlanır
- Yağların sindirimine yardımcı olarak safra tuzu etki eder
-
- Yağ + Safra sıvısı  Yağ asitleri+gliserol

Ruminantlarda yağların sindirimi

- Rasyondaki trigliseridler rumende (mikrobiyal lipaz ile) gliserol ve yağ asitlerine hidrolize olurlar
- Kısa zincirli YA rumenden emilir. (Karbon sayısı 12 den az)
- Uzun zincirli YA ince bağırsaklara geçer.
- Rumen m.o diğer önemli fonksiyonları ise rasyondaki doymamış yağ asitlerinin hidrogenasyonla stearik asit formuna dönüştürülmesidir.
- Yağ asitleri iki atomlu hidrojenlerle çift bağlar yer değiştirilerek doyurulur.

- Ruminantlarda uçucu yağ asitleri emildikten sonra portal dolaşım ile karaciğere giderler.
- Propiyonik asit en çok karbonhidrat metabolizmasında kullanılır.
- Asetik ve bütirik asitler de yağ asidi sentezinde kullanılırlar.

- Karaciğerde yağ asitlerinin β oksidasyonu sonucu oluşan asetil-CoA, **sitrik asit döngüsüne girebilir** veya yakıt olarak diğer dokulara gönderilmek üzere **keton cisimlerine dönüştürülebilir**.
- Keton cisimleri olan asetoasetat, β -hidroksibütirat ve aseton, karaciğerde sentezlenirler ve buradan diğer organlara gönderilirler
- Kanda asetoasetat ve β -hidroksibutirat seviyesinin artması, kan pH'ını düşürür ve asidozis denen duruma neden olur.
- Kanda ve idrarında keton cisimlerinin fazla yükselmesi, ketozis ve ketonüri olarak tanımlanır. Asidozis ve ketozisin birlikte olması ketoasidozis olarak tanımlanır.



Yağ asitlerinin β oksidasyonunun yararları

- Yağ asitlerinin β oksidasyonu, hücre için gerekli enerjiyi sağlar.
- Karaciğer ve yağ doku arasındaki dengenin devamına yardım eder.
- Yağ asitlerini, diğer dokuların da yararlanabileceği suda çözünür maddeler haline dönüştürür.

• Yağ asitlerinin β oksidasyonu, asetil-CoA sağlar

Asetil-CoA'lar da;

- 1) Başka yağ asitlerinin sentezinde
- 2) Keton cisimlerinin yapımında
- 3) Kolesterol sentezinde
- 4) Steroidlerin ön maddesi olarak kullanılır.
- 5) Bazı maddelerin asetillendirilmesinde kullanılır.
- 6) Sitrik asit döngüsünde yıkılarak organizmaya gerekli olan enerjinin sağlanmasında kullanılır.

- **KAYNAK:**

- HAYVAN BESLEME VE BESLENME HASTALIKLARI.
(2017) Geniřletilmiř 7. Baskı.

Ergün, A., Tuncer, ř.T., Çolpan, İ., Yalçın, S., Yıldız, G.,
Küçükersan, M.K., Küçükersan, S., řehu, A., Saçaklı,P.

I. GENEL HAYVAN BESLEME

Bölüm 4: Vitaminler. S:49-61