ANADOLU ÜNİVERSİTESİ

anadolum
eKampüs
ve
anadolu mobil
dilediğin yerden,
dilediğin zaman,
öğrenme fırsatı!

(ekampus.anadolu.edu.tr)

(mobil.anadolu.edu.tr)

ekampus.anadolu.edu.tr


Takvim


Duyurular


Ders Kitabı (PDF)


Epub


Html5


Mobi Kitap


Sesli Kitap


Canlı Ders


Video


Ünite Özeti


Sesli Özet


Sorularla Öğrenelim


Alıştırma


Çözümlü Sorular


Deneme Sınavı


Tartışma Forumu


Çıkmış Sınav Soruları


Sınav Giriş Bilgisi


Sınav Sonuçları


Öğrenci Topluklukları

AOSDESTEK
AÇIKÖĞRETİM DESTEK SİSTEMİ

Açıköğretim Sistemi ile ilgili merak ettiğiniz her şey AOS Destek Sisteminde...

- Kolay Soru Sorma ve Soru-Yanıt Takibi
- Sıkça Sorulan Sorular ve Yanıtları
- Canlı Destek (Hafta İçi Her Gün)
- Telefonla Destek

aosdestek.anadolu.edu.tr

AOS DESTEK Sistemi İletişim ve Çözüm Masası

0850 200 46 10

www.anadolu.edu.tr

/AOFAnadolum /Anadolu_Univ instagram.com/anadoluuniv

T.C. ANADOLU ÜNİVERSİTESİ YAYINI NO: 2344
AÇIKÖĞRETİM FAKÜLTESİ YAYINI NO: 1341

TEMEL VETERİNER BİYOKİMYA

Yazarlar
Prof.Dr. Nazmiye GÜNEŞ (Ünite 1, 5, 6)
Prof.Dr. Meltem TANRIVERDİ (Ünite 2, 4)
Prof.Dr. Ümit POLAT (Ünite 3, 7, 8)

Editör
Prof.Dr. Meltem TANRIVERDİ

ANADOLU ÜNİVERSİTESİ

Bu kitabın basım, yayım ve satış hakları Anadolu Üniversitesine aittir.
"Uzaktan Öğretim" tekniğine uygun olarak hazırlanan bu kitabın bütün hakları saklıdır.
İlgili kuruluştan izin almadan kitabın tümü ya da bölümleri mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kayıt veya başka şekillerde çoğaltılamaz, basılamaz ve dağıtılamaz.

Copyright © 2011 by Anadolu University
All rights reserved
No part of this book may be reproduced or stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means mechanical, electronic, photocopy, magnetic tape or otherwise, without permission in writing from the University.

Öğretim Tasarımcıları
Prof.Dr. Murat Ataizi
Doç.Dr. Figen Ünal Çolak

Grafik Tasarım Yönetmenleri
Prof. Tevfik Fikret Uçar
Doç.Dr. Nilgün Salur
Öğr.Gör. Cemalettin Yıldız

Kapak Düzeni
Prof.Dr. Halit Turgay Ünalan

Grafikerler
Nihal Sürücü
Ayşegül Dibek

Dizgi ve Yayıma Hazırlama
Kitap Hazırlama Grubu

Temel Veteriner Biyokimya

E-ISBN
978-975-06-3469-7

Bu kitabın tüm hakları Anadolu Üniversitesi'ne aittir.

ESKİŞEHİR, Şubat 2019

2255-0-0-0-2002-V01

İçindekiler

Önsöz ..... **ix**

Biyofiziksel Kimya ve Su ..... **2** — **1. ÜNİTE**

BİYOFİZİKSEL KİMYA VE ORGANİZMANIN TEMEL MADDELERİ 3
SU VE METABOLİZMASI 3
Suyun Yapısı 3
Suyun Organizmada Dağılımı 4
Suyun Biyolojik Görevleri 6
Su Metabolizması 7
ÇÖZELTİLER VE ÖZELLİKLERİ 8
Hakiki Çözelti 8
Kolloidal Çözelti 8
Süspansiyon 8
Yüzde Çözelti 8
Molar Çözelti 9
Normal Çözelti 11
İzotonik Çözelti 12
ÖNEMLİ BAZI BİYOFİZİKSEL OLAYLAR 12
Diffüzyon 12
Dializ 12
Yüzey Gerilimi 13
Özet 14
Kendimizi Sınayalım 15
Kendimizi Sınayalım Yanıt Anahtarı 16
Sıra Sizde Yanıt Anahtarı 16
Yararlanılan Kaynaklar 17

Karbonhidratlar ..... **18** — **2. ÜNİTE**

KARBONHİDRATLAR 19
KARBONHİDRATLARIN SINIFLANDIRILMASI 20
MONOSAKKARİTLER VE YAPISAL ÖZELLİKLERİ 20
Fonksiyonel Gruplar 20
Monosakkaritlerin İsimlendirilmeleri 21
Epimerizasyon 23
Asimetrik Karbon Atomu 24
Monosakkaritlerin Hemiasetal Yapı Oluşturmaları 26
Monosakkaritlerin Önemli Kimyasal Reaksiyonları 28
MONOSAKARİTLERİN TÜREVLERİ 29
Şekerlerin Redüksiyon Ürünleri: Şeker Alkolleri 29
Şekerlerin Oksidasyon Ürünleri: Şeker Asitleri 29
Amino Şekerler 30
Amino Şeker Asitleri 30
Deoksi şekerler 30
Glikozitler 31
Şekerlerin Fosforik Asit Esterleri 31
Bazı Monosakkaritlerin Özellikleri 31
DİSAKKARİTLER 31

Bazı Disakkaritlerin Özellikleri 33
POLİSAKKARİTLER 33
Homopolisakkaritler 34
Heteropolisakkaritler 36
Glikoproteinler 36
Özet 37
Kendimizi Sınayalım 38
Kendimizi Sınayalım Yanıt Anahtarı 39
Sıra Sizde Yanıt Anahtarı 39
Yararlanılan Kaynaklar 40

3. ÜNİTE Lipitler 42
LİPİTLERİN TANIMI, ÖNEMİ VE SINIFLANDIRILMASI 43
YAĞ ASİTLERİ 44
Yağ Asitlerinin Fiziksel Özellikleri 46
Yağ Asitlerinin Kimyasal Özellikleri 46
Tuz Oluşumu 46
Ester Oluşumu 47
Çift Bağlarla İlgili Reaksiyonlar 47
GLİSEROL TAŞIYAN LİPİTLER 48
Nötral Yağlar 48
Fosfogliseritler 48
GLİSEROL TAŞIMAYAN LİPİTLER 50
Sfingolipitler 50
Seramidler 50
Sfingomyelinler 51
Glikosfingolipitler 51
Alifatik Alkol ve Mumlar 52
Terpenler 52
Steroidler 53
DİĞER SINIF BİLEŞİKLERE BAĞLI LİPİTLER 54
Lipoproteinler 54
Proteolipitler 56
Lipopolisakkaritler 56
BİYOLOJİK ÖNEMİ OLAN LİPİTLER 56
Eikozonoidler 56
Lizofosfogliseritler 57
BİYOLOJİK MEMBRANLAR 57
Özet 59
Kendimizi Sınayalım 60
Okuma Parçası 61
Kendimizi Sınayalım Yanıt Anahtarı 61
Sıra Sizde Yanıt Anahtarı 62
Yararlanılan Kaynaklar 62

4. ÜNİTE Proteinler ve Nükleik Asitler 64
PROTEİNLER 65
AMİNOASİTLER 65
Aminoasitlerin Sınıflandırılması 66

Nonpolar (Polar Olmayan) Aminoasitler 66
Polar Aminoasitler 66
Aminoasitlerin Fiziksel Özellikleri 69
Aminoasitlerin D ve L Serisine Ait Olmaları 69
Aminoasitlerin Çift Kutuplu Durumları 70
Aminoasitlerin Kimyasal Özellikleri 71
Esansiyel Aminoasitler 71
Peptit Bağları ve Peptitler 71
PROTEİN MOLEKÜLÜNÜN YAPISI 72
Primer Yapı (Birincil Yapı) 72
Sekonder Yapı (İkincil Yapı) 72
Tersiyer Yapı (Üçüncül Yapı) 72
Kuaterner Yapı (Dördüncül Yapı) 73
Proteinlerin Denatürasyonu ve Renatürasyonu 73
PROTEİNLERİN SINIFLANDIRILMASI 74
Fonksiyonlarına Göre Sınıflandırma 74
Yapısal Niteliklerine Göre Sınıflandırma 74
1. Basit Proteinler 74
2. Birleşik Proteinler 75
NÜKLEİK ASİTLER 75
3. Türev Proteinler 79
Özet 80
Kendimizi Sınayalım 81
Kendimizi Sınayalım Yanıt Anahtarı 82
Sıra Sizde Yanıt Anahtarı 82
Yararlanılan Kaynaklar 82

Enzimler ..... 84 **5. ÜNİTE**
ENZİMLER VE ÖZELLİKLERİ 85
Enzimlerin Yapısı ve Hücre İçindeki Özel Konumları 85
ENZİM REAKSİYONLARININ MEKANİZMASI 86
Anahtar Kilit Modeli 87
Uyarılmış Uyum Modeli 87
ENZİMLERİN İSİMLENDİRİLMESİ VE SINIFLANDIRILMASI 88
Pratik ve Geleneksel İsimlendirme 88
Sistematik İsimlendirme 88
ENZİM AKTİVİTESİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER 90
Sıcaklığın Etkisi 90
pH'nın Etkisi 90
Zaman 91
Enzim Konsantrasyonu 91
Substrat Konsantrasyonu 91
Reaksiyon Ürünleri 92
Çeşitli Maddelerin Ortamda Bulunması 92
Aktivatörler 92
İnhibitörler 92
Geriye Dönüşümlü (Reversibl) İnhibisyon 92
Kompetitif İnhibisyon 92
Nonkompetitif İnhibisyon 93

Ankompetitif İnhibisyon 94
Geriye Dönüşümsüz (İrreversibl) İnhibisyon 94
ALLOSTERİK ENZİMLER, İZOENZİMLER VE 95
KOENZİMLER 95
Allosterik Enzimler 95
İzoenzimler 96
Koenzimler 96
Enerjice Zengin Trifosfatlar 96
Grup Nakleden Koenzimler 97
C, H, O ve Elektron Taşıyan Koenzimler 97
Özet 98
Kendimizi Sınayalım 99
Okuma Parçası 100
Kendimizi Sınayalım Yanıt Anahtarı 100
Sıra Sizde Yanıt Anahtarı 101
Yararlanılan Kaynaklar 101

6. ÜNİTE **Mineral Maddeler 102**
MİNERALLER VE SİMGELERİ 103
MAKRO ELEMENTLER VE ÖZELLİKLERİ 104
Kalsiyum (Ca) 104
Fosfor (P) 106
Mağnezyum (Mg) 107
Sodyum (Na), Potasyum (K) ve Klor (Cl) 107
Kükürt (S) 109
MİKRO ELEMENTLER 109
Demir (Fe) 109
Bakır (Cu) 110
Kobalt (Co) 111
Çinko (Zn) 111
Manganez (Mn) 112
Molibden (Mo) 112
Flor (F) 112
Selenyum (Se) 113
İyot (I) 114
Özet 115
Kendimizi Sınayalım 116
Kendimizi Sınayalım Yanıt Anahtarı 117
Sıra Sizde Yanıt Anahtarı 117
Yararlanılan Kaynaklar 117

7. ÜNİTE **Vitaminler 118**
VİTAMİNLERİN TANIMI VE TARİHÇESİ 119
VİTAMİNLERİN SINIFLANDIRILMASI 119
SUDA ERİYEN VİTAMİNLER 120
Vitamin B1 (Tiyamin) 120
Kimyasal Yapısı ve Özellikleri 120
Bulunduğu Yerler ve Metabolizmadaki Görevleri 121
Eksiklik Belirtileri 121

Vitamin B2 (Riboflavin) 121
Kimyasal Yapısı ve Özellikleri 121
Bulunduğu Yerler ve Metabolizmadaki Görevleri 122
Eksiklik Belirtileri 122
Vitamin B3 (Nikotinamid ve Niasin) 122
Kimyasal Yapısı ve Özellikleri 122
Bulunduğu Yerler ve Metabolizmadaki Görevleri 123
Eksiklik Belirtileri 123
Vitamin B5 (Pantotenik Asit) 124
Kimyasal Yapısı ve Özellikleri 124
Bulunduğu Yerler ve Metabolizmadaki Görevleri 124
Eksiklik Belirtileri 124
Vitamin B6 (Piridoksin) 125
Kimyasal Yapısı ve Özellikleri 125
Bulunduğu Yerler ve Metabolizmadaki Görevleri 125
Eksiklik Belirtileri 126
Vitamin B12 (Kobalamin) 126
Kimyasal Yapısı ve Özellikleri 126
Bulunduğu Yerler ve Metabolizmadaki Görevleri 127
Eksiklik Belirtileri 127
Vitamin C (Askorbik Asit) 127
Kimyasal Yapısı ve Özellikleri 127
Bulunduğu Yerler ve Metabolizmadaki Görevleri 127
Eksiklik Belirtileri 128
Vitamin H (Biotin) 128
Kimyasal Yapısı ve Özellikleri 128
Bulunduğu Yerler ve Metabolizmadaki Görevleri 128
Eksiklik Belirtileri 129
Folik Asit 129
Kimyasal Yapısı ve Özellikleri 129
Bulunduğu Yerler ve Metabolizmadaki Görevleri 129
Eksiklik Belirtileri 130
YAĞDA ERİYEN VİTAMİNLER 130
Vitamin A (Retinol) 130
Kimyasal Yapısı ve Özellikleri 130
Bulunduğu Yerler ve Metabolizmadaki Görevleri 131
Eksiklik Belirtileri 132
Vitamin D (Kalsiferol) 132
Kimyasal Yapısı ve Özellikleri 132
Bulunduğu Yerler ve Metabolizmadaki Görevleri 133
Eksiklik Belirtileri 134
Vitamin E (Tokoferol) 134
Kimyasal Yapısı ve Özellikleri 134
Bulunduğu Yerler ve Metabolizmadaki Görevleri 135
Eksiklik Belirtileri 135
Vitamin K (Fillokinon) 136
Kimyasal Yapısı ve Özellikleri 136
Bulunduğu Yerler ve Metabolizmadaki Görevleri 136
Eksiklik Belirtileri 136

Özet 137
Kendimizi Sınayalım 138
Kendimizi Sınayalım Yanıt Anahtarı 139
Sıra Sizde Yanıt Anahtarı 139
Yararlanılan Kaynaklar 139

8. ÜNİTE Hormonlar 140
HORMONLARIN TANIMI VE GENEL ÖZELLİKLERİ 141
HORMONLARIN ETKİ MEKANİZMALARI 142
İkinci Haberciler Yoluyla Etki 142
Gen Aktivasyonu Yoluyla Etki 142
HORMONLARIN SINIFLANDIRILMASI 143
SALGILANDIKLARI YERLERE GÖRE HORMONLAR VE FONKSİYONLARI 144
Hipotalamus Hormonları 144
Hipofiz Bezi Hormonları 146
Hipofiz Ön Lobu (Adenohipofiz) Hormonları 146
Pankreas Hormonları 148
İnsülin 148
Glukagon 148
Somatostatin 149
Tiroid Bezi Hormonları 149
Triiyodotironin (T3) ve Tiroksin (T4) 149
Kalsitonin 150
Paratiroid Bezi Hormonu 150
Parathormon (PTH) 150
Böbrek Üstü Bezi Hormonları 151
Adrenal Korteks Hormonları 151
Glukokortikoidler 151
Mineralokortikoidler 151
Adrenal Medülla Hormonları 152
Cinsiyet Bezleri Hormonları 152
Östrojenler 152
Gestajenler 153
Androjenler 153
Doku Hormonları 154
Nörohormonlar 154
Gastrointestinal Hormonlar 154
Damarları Etkileyen Hormonlar 154
Özet 155
Kendimizi Sınayalım 156
Kendimizi Sınayalım Yanıt Anahtarı 157
Sıra Sizde Yanıt Anahtarı 157
Yararlanılan Kaynaklar 158

Sözlük 159

Önsöz

Biyokimya çeşitli moleküller ve onların canlı hücrelerde ve organizmalarda meydana gelen kimyasal reaksiyonları ile ilgilenir. Biyokimyanın kapsamı yaşamın kendisi kadar geniştir. Yaşamın olduğu yerde kimyasal olaylar da meydana gelmektedir. Biyokimyacılar mikroorganizmalarda, bitkilerde, böceklerde, balıklarda, kuşlarda, ilkel ve gelişmiş memelilerde, insanlarda oluşan kimyasal olayları incelemektedir.

Canlıların kimyasal yapı ve davranışları hücre içerisinde meydana gelir ve canlılığın sürdürülebilmesi için hücrede bazı parçalanma (katabolizma) ve sentez (anabolizma) olaylarının olması gerekir. Bu olayların kaynağı canlı organizma içine alınan organik ve inorganik gıda maddeleridir. Hücre içine giren ve çıkan tüm organik ve inorganik maddeler; karbonhidratlar, proteinler, lipitler, nükleik asitler, vitaminler, enzimler, hormonlar ve mineral maddeler biyokimya dersinin temel konularını oluşturur. Ayrıca tüm kimyasal olaylar sulu ortamlarda meydana geldiğinden, su ve bu reaksiyonların oluşmasında etkili olan biyokimya açısından önemli biyofiziksel olaylar biyokimyanın kapsamındadır. Temel biyokimya içinde incelenen bu unsurlar daha sonra metabolik olayların yani vücut içinde meydana gelen parçalanma ve sentez olaylarının anlaşılması açısından öğrenilmesi gereken temel kavramlardır. Bu unsurların yapıları, reaksiyonları, görevleri öğrenildiğinde canlı organizma içinde meydana gelen yaşamsal reaksiyonların öğrenilmesi ve anlaşılması da mümkün olacaktır.

Bu kitapta çok geniş kapsamda yer alan, yaşamsal önemi olan birçok unsuru da içeren Biyokimya konusu hakkında temel bilgileri vermek amaçlanmıştır.

Kitabın hazırlanmasında emeği geçen herkese teşekkürlerimi sunarım.

Editör
Prof.Dr. Meltem Tanrıverdi

1

Amaçlarımız

Bu üniteyi tamamladıktan sonra;

- Suyun yapısı, dağılımı, görevleri ve metabolizmasını açıklayabilecek,
- Çözelti çeşitlerini sıralayabilecek,
- Önemli bazı biyofiziksel olayları açıklayabilecek

bilgi ve beceriler kazanabileceksiniz.

Anahtar Kavramlar

- Su Molekülü
- Su Dağılımı
- Suyun Biyolojik Görevleri
- Çözelti Kavramı
- Çözelti Çeşitleri
- Biyofiziksel Olaylar

İçindekiler

Temel Veteriner Biyokimya → Biyofiziksel Kimya ve Su

- BİYOFİZİKSEL KİMYA VE ORGANİZMANIN TEMEL MADDELERİ
- SU VE METABOLİZMASI
- ÇÖZELTİLER VE ÖZELLİKLERİ
- ÖNEMLİ BAZI BİYOFİZİKSEL OLAYLAR

Biyofiziksel Kimya ve Su

BİYOFİZİKSEL KİMYA VE ORGANİZMANIN TEMEL MADDELERİ

Canlı varlıkların yaşamlarını devam ettirebilmeleri için sürekli besin maddesi tüketmeleri ve bunları organizmanın yararlanabileceği şekle dönüştürmeleri gerekir. Sürekli alınan bu besinlerin vücutta oksitlenmesi canlı organizmadaki kimyasal bir olay, yani biyokimyasal bir süreç, bu olay sırasında meydana gelen ısının ölçülmesi fiziksel bir durumdur. Fizik ve canlı kimyası birbiri ile yakından ilgili bilim dallarıdır ve burada olduğu gibi iç içe geçmiş, birbirinden ayrılmaz olayları inceler. Biyofiziksel kimya da canlı organizmadaki fizik ve biyokimyanın birbirine karıştığı böyle olayların kavranmasına yardımcı olur. Canlılarda çeşitli kompartıman arasında madde alış verişi, yüzeylerdeki dengelenmemiş kuvvetler, bir maddenin etraf dokulara kendiliğinden yayılması olayı hep biyofiziksel kimyanın konularını oluşturur.

Organizmaya dışarıdan alınan maddeler, proteinler (azotlu bileşikler), lipitler, karbonhidratlar, makro ve mikro elementler, su organizmanın temel maddeleridir. Su ortalama olarak % 60 oranında bulunan bir maddedir. Bu oranın diğerlerine göre yüksek olmasının sebebi kimyasal reaksiyonların oluşması için sulu ortama ihtiyaç duyulmasıdır. Canlı organizmada bulunan bu temel maddeler birçok doku ve organda birbirine benzer oranlarda bulunsalar da bazıları arasında önemli miktarda farklar vardır. Örneğin, **paranşimli dokularda** su oranı yüksek, inorganik maddelerin oranı azdır. Kemik, diş gibi dokularda ise inorganik maddelerin oranı yüksek buna karşılık su oranı azdır. Su ile inorganik madde arasındaki bu ilişki aynı zamanda su ile lipit miktarı arasında da vardır. Lipitlerin yüksek oranda bulunduğu yağ dokusu gibi yerlerde su oranı azalmaktadır. Yani su ile inorganik madde arasında ve su ile lipit miktarı arasında ters bir orantı vardır. Bir madde artarken diğeri azalmaktadır. Organizma içindeki tüm olaylar sulu ortamda gerçekleştiğinden öncelikle suyun önemi kavranmalıdır.

Paranşimli doku: Özel bir zar tarafından etrafı sarılmış ve diğer dokulardan ayrılan böbrek, dalak, karaciğer gibi organlardır.

SU VE METABOLİZMASI

Suyun Yapısı

Su molekülü, bir atom oksijen ve iki atom hidrojenin kovalent bağ ile birleşmesinden oluşur (Şekil 1.1). Şekil olarak V harfine benzetilir. Su molekülü **dipol** bir yapı oluşturur. Oksijen tarafı negatif (-), hidrojen tarafı pozitif (+) kutupludur. Her su molekülü dört farklı su molekülüyle hidrojen bağı oluş-

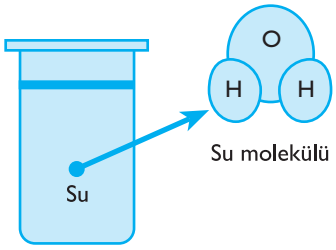
Dipol: İki kutuplu molekül

Tetrahedral yapı: Dört su molekülünün birbirine hidrojen bağlarıyla bağlanmasıyla oluşan yapı.

turarak **tetrahedral yapı** oluşturur (Şekil 1.2). Bu yapıda oksijen atomu iki hidrojen atomu, hidrojen atomu da bir oksijen atomu ile bağ yapar.

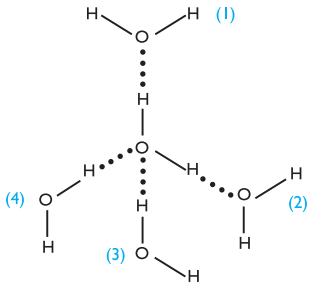
Şekil 1.1

Su Molekülü



Şekil 1.2

Suyun Tetrahedral Yapısı



İNTERNET

Suyun yapısı ve elektronegatiflik ile ilgili www.kimyaevi.org adresinden yararlanabilirsiniz.

Suyun Organizmada Dağılımı

Su, hücrede serbest ve bağlı olmak üzere iki şekilde bulunur. Serbest su tüm vücut suyunun % 95'ini oluştururken, geriye kalan % 5 su ise hidrojen ve buna benzer gevşek bağlarla proteinlere bağlı halde bulunur. Serbest su diğer maddeler için uygun bir çözücü ortam oluşturur. Kan, lenf, beyin omurilik sıvısı gibi çeşitli vücut sıvılarında bulunur. Bağlı su ayrıca kendi içinde iki kısma ayrılır. Bunlar **hidrat suyu** ve moleküller arası sudur. Hidrat suyu iyonlara, **makromoleküllere** hidrojen köprüleri ile bağlı olan sudur. Sodyum, klor, potasyum gibi iyonlar su ile hidrat biçimlerini oluştururlar. Hidratlaşmada (+) yükle yüklü iyonlar dipol karakterli su molekülünün negatif yük merkezine (oksijen), (-) yükle yüklü iyonlar ise pozitif yük merkezine (hidrojen) bağlanırlar. Böylece iyonun merkezde ve su moleküllerinin etrafında yer alması ile hidratlaşma meydana gelir. Sulu çözeltide bütün iyonlar hidratize şekilde bulunur (Şekil 1.3). Moleküller arası su, lifler zarlar arasında kalmış, yoğun kıvamlı, akıcılık özelliğini kaybetmiş, hareketsiz haldeki sudur.

Hidrat suyu: Makromoleküllere hidrojen köprüleri ile bağlı olan sudur.

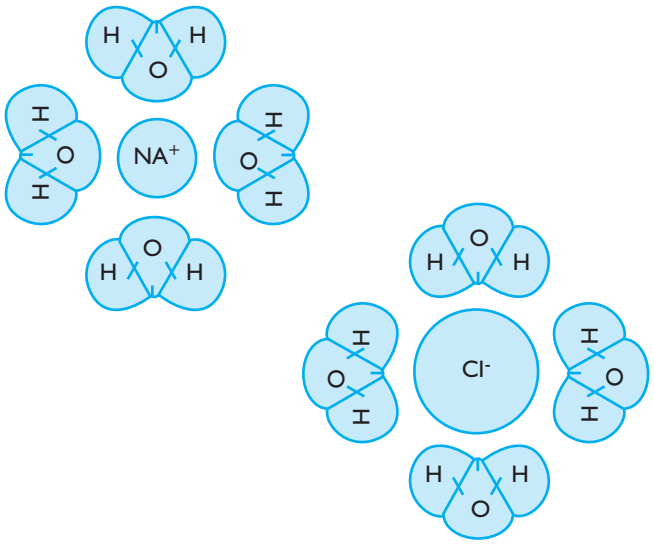
Makromolekül: Molekül ağırlığı yüz bin ya da milyonlar arasında değişen moleküllerdir.

Su fonksiyonel açıdan hücre içi sıvısı (intrasellüler sıvı) ve hücre dışı sıvısı (ekstasellüler sıvı) olarak sınıflanır. Hücre dışı sıvısı da kendi arasında hücreler arası sıvı (interstisyel sıvı) ve damar içi sıvı (intravasküler sıvı) olarak bölümlenir. Hücre içi sıvısı organizma suyunun % 70'ini, hücreler arası sıvı % 20'sini, damar içi sıvı ise % 10'unu oluşturur. Ekstrasellüler sıvıda bulunan katyonlar bazik katyonlardır. Bunların % 90'ını Na^+ iyonu oluşturur. Diğerleri başlıca K^+, Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarıdırlar. Ekstrasellüler sıvıda bulunan temel anyonlar ise klorür iyonu, bikarbonattır ve bunların toplamı, temel katyon olan sodyumunkine yakındır. Ekstrasellüler sıvıda daha az miktarda bulunan anyonlar, proteinat, organik asitler, fosfat ve sülfattır. İntrasellüler sıvıda bulunan katyonlar da bazik katyonlardır. Bunların % 70'ini K^+ iyonu oluşturur. Potasyumdan sonra Mg^{+2} gelir, Na+ iyonu intrasellüler sıvıda az bulunur. İntrasellüler sıvıda bulunan temel anyonlar ise fos-

fat ve proteinattır. Klorür anyonları çok az bulunur. Bu bölümler arasında devamlı su alış verişi vardır. Bununla beraber bu bölümlerdeki su miktarı dar sınırlar içinde değişir ve oldukça sabittir. Plazma ile interstisyel sıvı arasındaki su ve madde alış verişi kapiller damarlar aracılığıyla, birbirine zıt etkili basınçların sonucunda oluşur. Bölümler arasında su alışverişini sağlayan bu basınçlar; ozmotik basınç, onkotik basınç ve hidrostatik basınçtır.

Şekil 1.3

Hidratize Sodyum ve Klor İyonları



Su ve madde alış verişi ile ilgili www.mustafaaltinisik.org.uk adresinden yararlanabilirsiniz.

İNTERNET

Ozmotik Basınç

Suyu geçiren ancak içinde çözünmüş halde bulunan çözünenlere geçirgen olmayan, yani yarı geçirgen bir zar ile birbirinden ayrılmış, aynı kap içerisinde bulunan iki çözelti düşünelim. Bunlar arasında seyreltik çözeltiden derişik çözeltiye doğru her iki taraftaki konsantrasyon farkı eşitleninceye kadar suyun geçmesine izin veren kuvvete ozmotik basınç denir.

Canlı organizmanın elde etme kaynağı açısından suyu eksojen su ve endojen su olmak üzere iki gruba ayırmak da mümkündür. Canlı organizmanın dışarıdan aldığı gıdalar ve sıvılarla gelen suya eksojen su, **metabolizma** olayları sırasında reaksiyonlardan elde edilen suya da endojen su denir.

Metabolizma: Canlı hücrelerde meydana gelen kimyasal reaksiyonların tümüdür.

Su, sağlıklı bir yaşamın vazgeçilmez gereksinimidir. Suyun yetersiz alınması veya su kaybı ölüme kadar gidebilen şiddetli bozukluklara yol açabilir (Tablo 1.1). Organizma bileşimindeki karbonhidrat ve yağın tamamını, proteinin % 50'sini kaybetmesine rağmen yaşamaya devam ettiği halde, suyun yaklaşık % 20'sini kaybedince ölmektedir.

Tablo 1.1
Vücut ağırlığının yüzdesi olarak su kaybının sonuçları

Su Kaybı	Oluşan Bozukluk Durumu
% 1	Susuzluk hissi, ısı düzeninin bozulması
% 2	Isı artması, artan susuzluk hissi
% 3	Vücut ısı düzeninin ileri derecede bozulması, aşırı susuzluk hissi
% 4	Fiziksel performansın % 20-30 düşmesi
% 5	Baş ağrısı, yorgunluk, bitkinlik
% 6	Halsizlik, titreme, üşüme
% 7	Fiziksel aktivite devam ederse bayılma durumu
% 8-10	Soluk almada güçlük, kan yoğunluğunda artma, bilinç kaybı
% 11-20	Ölüm

Suyun organizmadan atılışı iki şekilde olur;
1. Akciğerlerden ve deriden buhar halinde
2. Dışkı, idrar, ter ile sıvı halinde

SIRA SİZDE 1

Suyun organizmada kaç çeşit dağılımı vardır?

Suyun Biyolojik Görevleri

Canlılığın sürdürülmesi amacıyla gerekli işlemlerin gerçekleştirilmesi için sıvı bir ortamın varlığı zorunludur. Sıvıların en ideali ise sudur. Canlı vücudunun büyük bir kısmı da sudan oluşmaktadır. Bu su da canlılarda önemli olayların gerçekleşmesinde rol almaktadır.

Yapı Maddesi Olarak

Büyük moleküllü maddelerin yapısına katılır ve onlara hidrojen köprüleri ile bağlanır. Kasların oluşumunda % 75-80, kemik dokusunda % 25, yağ dokusunda % 15-20 ve dişlerin yapısında % 5-10 oranında bulunmaktadır.

Çözücü Olarak

Su canlı organizmanın ihtiyacı olan, dışarıdan alınan besinlerin sindirim sisteminde meydana gelen olaylar sırasında yumuşatılması, emilmesi ve kan dolaşımı ile gerekli yerlere taşınmasında rol oynar. Ayrıca metabolik olaylar sırasında açığa çıkan artık maddelerin vücuttan uzaklaştırılmasında görev alır.

Isı Düzenleyicisi Olarak

Suyun vücut ısısının ayarlanmasında önemli görevi vardır. Çünkü yüksek erime noktasına ve buharlaşma ısısına sahiptir. Tüm memeli canlılarda vücut sıcaklığı neredeyse aynı değerlerdedir. İnsanlarda 36-37 C civarındadır ve bu değerlerde tutulması önemlidir. Çünkü bu değerlerden birkaç derece yüksek vaya düşük olması canlı üzerinde olumsuz etkiler yaratmaya başlar. Canlıların fiziksel hareketleri enerji gerektirir ve enerji üretimi de ısı açığa çıkmasına neden olur. Kısa süre hızlı bir yürüyüş yaptığımızda terlemeye başlarız. Terleme sırasında deriye yayılan su hızla buharlaşarak vücuttaki ısıyı uzaklaştırır. Böylece vücut ısısını normal sınırlarda tutmaya çalışır. Bir g suyun sıcaklığını 0 °C'den 100 °C'ye çıkarmak için 100 kalori (cal), 1 g 100 °C'deki suyu buhar haline getirmek için ise 540 cal gereklidir. Organizmadan küçük miktardaki suyun dışarı çıkması büyük miktarda ısı kaybedilmesine sebep olur. Böylece vücut ısısı dengede tutulmaya çalışılır. Yüksek

yerlerde yaşayan canlılarda oksijen azlığı nedeniyle solunum sayısı artmakta ve akciğerlerden fazla su atılarak, ısı düzenlenmesi meydana gelmektedir.

Enerji Yöneticisi Olarak

Hidratize yapılarda yani suda çözünerek ayrışan iyonların su ile etrafının sarılması sonucu oluşan taneciklerdeki hidrojen bağları kovalent bağlara veya kovalent bağlar hidrojen bağlarına değişerek, canlının gereksinim duyduğu şekilde enerjinin düzenli bir şekilde yönetilmesinde etkili olur.

Kayganlık Verici Olarak

Su özellikle vücudun eklem yerlerinde ve iç organlarda kayganlık sağlayarak, sürtünme ve aşınmadan meydana gelebilecek zararları en aza indirir.

Vücut ısısı terleme yoluyla nasıl düzenlenir?

SIRA SİZDE 2

Su Metabolizması

Daha önce açıklandığı gibi canlının kullandığı suyun bir kısmı içilen su ve diğer içeceklerden, bir kısmı gıdaların içinde bulunan sudan, belirli bir miktarı da vücut metabolizması sonucu ortaya çıkan sudan karşılanır. Alınan suyun hemen hepsi idrar, dışkı, ter ve nefes verme yoluyla dışarı atılır. Bu duruma **su dengesi** adı verilir. Su dengesi canlı vücuduna alınan suyla, vücuttan atılan suyun birbirine eşit olma durumudur. Ortalama yetişkin bir insanda bu denge yaklaşık 2400 ml suyla sağlanır. Bu da günde 8-10 bardak su ve diğer sıvılara eşittir.

Endojen su vücuda alınan organik maddelerdeki hidrojenin oksidasyonundan elde edilir. Alınan gıda maddelerinin özelliği bunlardan elde edilen su miktarını etkiler. Formül yapılarında ne kadar fazla hidrojen varsa, elde edilen su miktarı o kadar fazladır. 100 g proteinin **oksidasyon**undan yaklaşık 34 g, karbonhidrattan 56 g, yağlardan 109 g endojen su elde edilir. Develerin hörgücü yağ deposudur ve yağların formül yapısında fazla hidrojen olduğu için en fazla endojen su bu maddelerden elde edilir. Develerin uzun süre susuzluğa dayanabilmesinin nedeni bu özelliklerinden kaynaklanmaktadır.

Oksidasyon: Elektronların bir atom ya da molekülden ayrılmasını sağlayan kimyasal tepkime

Endojen su yönünden hayvanlar arasında görülen farklılık, eksojen su gereksinimi açısından da mevcuttur. Koyunlar bol sulak otlaklarda bulundukları sürece hiç su içmeden yaşayabildikleri halde, atlar endojen suya ek olarak günde yaklaşık 40-50 litre suya ihtiyaç duyarlar. Bir başka yönden, özellikle laktasyondaki inek ve koyunlarda, emziren kadınlarda önemli miktarda su süt ile dışarı verilir ve bu dönemdeki su gereksinimleri artar. Yani canlıların farklı yaşam dönemlerine göre de ihtiyaçları değişmektedir.

Canlı organizmadaki su dengesinde herhangi bir nedenle farklılık meydana geldiğinde, bu durum kendini bazı bozukluklarla gösterir. Bu durum su dengesi bozuklukları olarak isimlendirilir. Bunlardan en çok görülenleri ödem ve dehidratasyon yani aşırı su

Resim 1.1



Ayaklarda ödem nedeniyle meydana gelen şişlik

kaybı durumlarıdır. Aşırı su kaybı durumunda direnç azalır, iştahsızlık durumu oluşabilir. Sürekli uyku hali ile beraber derinin esnekliğini kaybettiği görülür. Ödem ise vücutta aşırı sıvı birikmesi durumu olarak tanımlanmaktadır. Bu birikim bölgesel vaya genel olarak görülebilir. Resim 1.1'de bir bireyin ayağında ödemden ileri gelen şişlik durumu görülmektedir.

SIRA SİZDE 3

Develerin çöllerde uzun süre susuzluğa dayanmasının nedeni nedir?

ÇÖZELTİLER VE ÖZELLİKLERİ

Çözelti, bir ya da daha fazla maddenin bir ortamda çözünmesiyle elde edilir. Son zamanlarda çözelti yerine dispers sistem terimi de kullanılmaya başlanmıştır. Bir çözeltinin ya da dispers sistemin iki fazı vardır. Çözünen maddeye iç faz veya dispers faz, çözücüsüne ise dış faz veya dispersiyon ortamı denir. Çözeltideki çözünen maddenin tanecik büyüklüğüne göre üç çeşit çözelti veya dispers sistemden bahsedilir. Hakiki çözelti, kolloidal çözelti ve süspansiyon.

Hakiki Çözelti

Çözelti içinde çözünen madde taneciklerinin yani iç faz parçacıklarının büyüklüğü 10 nm (nanometre)'den az olan, homojen yapıda, vizkozitesi düşük, ozmotik basıncı yüksek olan çözeltilerdir. Çözünen bu tanecikler filtre kâğıdından süzülerek veya dializ işlemi ile birbirinden ayrılamaz.

Kolloidal Çözelti

Çözünen tanecik büyüklükleri 10-100 nm arasında olan, heterojen, vizkozitesi yüksek, ozmotik basıncı düşük çözeltilerdir. İçindeki tanecikler dializ işlemi ile ayrılabilir.

Süspansiyon

100 nm'den daha büyük çözünmüş taneciklere sahip olan, heterojen, vizkozitesi çok yüksek, ozmotik basınç göstermeyen çözeltilerdir. İçindeki tanecikler hem filtre kâğıdından süzülerek hemde dializ işlemi ile ayrılabilir.

Çözeltilerin içinde çözünen tanecik büyüklüklerine göre farklı çözeltiler olduğunu öğrendik, bunun yanında biyokimya laboratuarlarında olduğu gibi tüm laboratuarlarda yaygın bir şekilde hazırlanıp, kullanılan bazı çözeltiler vardır. Bu çözeltilerde belli miktardaki çözelti içinde yine belli miktar çözünen madde bulunur, yani birimleri belirtilen miktarlarda madde içerirler. Yüzde, molar, normal ve izotonik çözeltiler böyledir. Şimdi bunların özelliklerini öğrenelim.

Yüzde Çözelti

100 ml çözelti içinde, istenilen % kadar gram madde içeren çözeltilere denir. Örneğin % 10'luk glukoz çözeltisi hazırlamak için tartım kapları içine 10 g madde terazi ile tartılır. 100 ml'lik **balon joje**ye koyulur, az bir miktar su ile iyice çözülür, daha sonra balon jojenin 100 ml çizgisine kadar **distile su** ile tamamlanır, kapağı kapatılarak iyice karıştırılır ve böylece % 10'luk glukoz çözeltisi hazırlanmış olur (Resim 1.2). Hazırlanan bu çözelti **reaktif şişesi**ne koyularak üzerine etiket yapıştırılır (Resim 1.3). Etiketine de ismi, konsantrasyonu ve hazırlanma tarihi gibi bilgiler yazılarak, kullanıma hazır hale getirilir. Bazen sadece 100 ml miktar yeterli gelmeyebilir. Örneğin 500 ml çözeltiye ihtiyacımız varsa, 100 ml için 10 g madde gerekli ise 500 ml için ne kadar gerekli olduğunu hesaplamak için hemen bir orantı kurarak, sonucun 50 g olduğunu buluruz.

Balon joje: Kesin hacim bildiren, uzun dar boyunlu, şişkin gövdeli, ısıya dayanıksız cam malzemedir.

Distile su: Kaynatılıp tekrar yoğunlaştırılmış, saflaştırılmış sudur. Laboratuar ortamında yapılan çalışmaların doğru olması için kullanılır.

Reaktif şişesi: Koyu veya açık renkli camdan yapılmış çözelti şişeleridir.

Yüzde çözeltilerin daha iyi anlaşılması için birkaç tane daha örnek verelim. Örnek 1: %5' lik 250 ml çözelti hazırlamak için gerekli olan madde miktarı ne kadardır? 100ml çözelti içinde 5g madde olması isteniyor. Eğer 100ml hazırlıyacak olsaydık 5g maddeyi terazide tartarak istenilen çözeltiyi hazırlamakta kullanırdık. Ancak 250 ml hazırlamamız isteniyor. O zaman orantı kurarak hesaplama yapıyoruz. 100ml için 5g ise 250ml için ne kadar maddeye ihtiyacımız var. 250x5/100 işlemi ile sonucu bulmuş oluruz. 12.5 g olur. Örnek 2: %2'lik 50 ml çözelti hazırlamak için gerekli madde miktarı ne kadardır? Bir önceki örneğimizde hesapladığımız gibi 100ml için 2 g maddeye ihtiyacım varsa, 50 ml için ne kadar maddeye ihtiyacım olacağını yine orantı kurarak hesaplamamız gerekir. 50x2/100 orantısını kurarak sonucunun 1g olduğunu buluruz. Hesaplama işlemlerimizi yaparak sonucumuzu bulduktan sonra yine daha önce açıkladığımız gibi çözeltileri hazırlarız.

Resim 1.2



Farklı hacimlerde balon jojeler

Resim 1.3



Farklı hacimlerde reaktif şişeleri

Buraya kadar katı maddelerden % çözelti hazırlama ile ilgili bilgiler verildi, ancak sıvı maddelerden % çözelti hazırlamak için yaygın olarak kullanılan bir formül vardır. Bu formül; $N_1xV_1=N_2xV_2$'dir.

N_1 = Elde mevcut olan sıvı maddenin (çözeltinin) %'si
V_1 = Elde mevcut olan sıvı maddenin hacmi
N_2 = Hazırlanması istenilen çözeltinin % 'si
V_2 = Hazırlanması istenilen çözeltinin hacmi

Sıvılardan % çözelti hazırlanması ile ilgili örnek verecek olursak; elimizde mevcut olan %20 'lik glikoz çözeltisinden % 5'lik 100 ml glikoz çözelti hazırlamak istiyoruz. Formülümüze göre verilen bilgileri buna uygularsak, $20xV_1=5x100$ eşitliğini elde ederiz ve işlemleri yaptığımızda $V_1=500/20$ yani 25 ml olarak sonucu buluruz. çözeltiyi hazırlamak için %20'lik elimizde mevcut olan çözeltiden 25ml alırız ve 100ml'lik balon jojeye koyarak 100 çizgisine kadar distile su ile sulandırma işlemi yaparız.

Molar Çözelti

Litresinde 1 molekül gram veya mol gram madde bulunan çözeltilere molar çözelti denir. Büyük M harfi ile gösterilir. Molar ya da normal çözeltilerin tanımının anlaşılması ve bu çözeltilerin hazırlanmasında maddenin **molekül ağırlığının** bilinmesi gerekir. Her bir element avogadro sayısı ($6.02x10^{23}$) kadar molekül içerir. Atom ağırlığı 23 g olan sodyum (Na) ve 35,5 g olan klor (Cl) eşit sayıda atom içerir. Sofra tuzu olarak bilinen sodyum klorürün (NaCl) molekül ağırlığı 23+35,5=58,5 g'dır. 1M NaCl çözeltisi hazırlamak için 58,5 g madde terazide tartılır, bir beher içerisinde distile su ile iyice karıştırılarak çözülür ve 1 litrelik balon

Molekül ağırlığı: Bir moleküldeki atomların atom kütlelerinin toplamıdır.

jojeye koyularak çizgisine kadar yine distile su ile tamamlanır. Böylece istenilen konsantrasyonda ve miktarda çözelti hazırlanmış olur. Yüzde çözeltilerde anlatıldığı gibi gerekli işlemler yapılarak kullanıma hazır hale getirilir. Ancak her zaman 1 M konsantrasyonda ve 1 litre çözelti gerekli olmaz, o zaman orantı yoluyla hesaplama yapılarak, gerekli miktarlar alınır ve çözelti hazırlanır.

Örneğin 0,5 M 250 ml NaCl çözeltisi hazırlamak istersek öncelikle 1 M 250 ml çözelti için ne kadar madde gerektiğini aşağıdaki orantı ile buluruz;

1000 ml (1M) çözelti hazırlamak için	58,5 g madde gerekli
250 ml. çözelti hazırlamak için	? kaç g madde alınmalı

? = 250 x 58,5/1000 hesabını yapınca 14,625 değeri elde edilir, ancak bu miktar 1M 250 ml için bulunan değerdir. Bu bulduğumuz değer ile tekrar bir orantı kurmamız gerekir;

1M (250 ml hacim) için	14,625 g madde gerekli ise
0,5M (250 ml hacim) için	(?) kaç g madde gerekir

?=14,625x 0,5/1 hesabı yapıldığında, 7,312 g madde terazi ile tartılarak, bir beher içerisinde bir miktar su ile çözüldükten sonra 250 ml'lik balon jojeye aktarılır, tamamlama çizgisine kadar distile su ile doldurulur ve kapağı kapatılarak iyice karışması sağlanır. Bunun ardından daha önce açıklandığı gibi sonraki kullanımlar için reaktif şişesine koyularak gerekli etiketlemeler yapılır.

Buraya kadar anlatılan kısım katı veya toz maddelerden molar çözelti hazırlanmasıdır. Ancak sıvı maddelerden molar çözelti hazırlamak istediğimiz zaman bu sıvı maddenin kendi % konsantrasyonu ve yoğunluğu da işin içine girdiğinden dolayı orantılarla hesaplama işlemi biraz daha karışık bir hal alır. Sonuca daha kolay ulaşabilmek için pratik olarak kullanılabilecek bir formül vardır.

Formül;

$$M = \frac{\text{Molekül ağırlığı x İstenilen M x İstenilen hacim (ml olarak)}}{\text{Yoğunluğu x Yüzdesi x 1000}}$$

Örnek olarak formülden yararlanarak % 98'lik ve yoğunluğu 1,84 olan konsantre sülfürik asitten (sülfürik asitin molekül ağırlığı 98 ve tesir değeri 2'dir), 250 ml 0,1M H_2SO_4 çözeltisi hazırlamak istersek, formülde verilenleri yerine koyduğumuzda;

$$M = \frac{98 \text{ x } 0{,}1 \text{ x } 250}{1{,}84 \text{ x } 0{,}98 \text{ x } 1000}$$

1,36 ml konsantre sülfürik asitten alarak 250'lik balon jojede çizgisine kadar distile suyla tamamladığımızda, istenilen hacimde ve tam istenilen konsantrasyonda çözelti hazırlamış oluruz.



Çözelti hazırlanırken hiçbir zaman asit üzerine su koyulmaz, kabın içine bir miktar su koyulduktan sonra asit yavaş bir şekilde ilave edilir.

Normal Çözelti

Bir litresinde 1 ekivalan gram madde bulunan çözeltilere normal çözelti denir. Büyük N harfi ile gösterilir. Ekivalan gram, maddenin molekül ağırlığının tesir değerine (TD) bölünmesi ile elde edilir. **Tesir değeri** ise asitler, bazlar ve tuzlar için farklılık gösterir. Kimya konusunda çok iyi bilgimiz yoksa bunları kendimiz hesaplarken yanılabiliriz. Ancak ihtiyacımız olduğunda, değişik maddelerin tesir değerleri tablosunu ya kimya kitaplarından ya da internet adreslerinden yararlanarak, bulabiliriz (Tablo 1.2). Örneğin sodyum hidroksidin (NaOH) tesir değeri 1, sülfürik asidin (H_2SO_4) tesir değeri 2'dir. Tanımdaki miktarlardan farklı bir konsantrasyon ve miktarda çözelti hazırlamak istiyorsak, molar çözeltide anlatıldığı gibi yine orantılardan yararlanarak, alınacak miktarı hesaplayabiliriz.

Tesir değeri: Asitlerin ortama verdiği H^+ iyonu sayısı, bazların ortama verdiği OH^- iyonu sayısı, tuzların ortama verdiği veya aldığı elektron sayısına denir.

Tablo 1.2 *Laboratuarlarda sıklıkla kullanılan bazı kimyasal maddelerin tesir değerleri*

Kimyasal madde	Formülü	Tesir değeri
Amonyak	NH_3	1
Amonyum hidroksit	NH_4OH	1
Amonyum klorür	NH_4Cl	1
Amonyum karbonat	$(NH_4)_2\ CO_2$	2
Amonyum sülfat	$(NH_4)_2\ SO_4$	2
Arsenik (III) oksit	$AS_2\ O_3$	4
Asetik asit	$C_2H_4O_2$	1
Bakır oksit	CuO	2
Baryum hidroksit	$Ba(OH)_2$	2
Borik asit	H_3BO_3	3
Demir oksit	FeO	1
Fosforik asit	H_3PO_4	3
Gümüş nitrat	$AgNO_3$	1
Kalsiyum karbonat	$CaCO_3$	2
Kalsiyum klorür	$CaCl_3$	2
Laktik asit	$C_3H_6O_3$	1
Triklorasetik asit	CCl_3COOH	1

Normal çözeltilerde de molar çözeltiler gibi sıvı maddelerden normal çözelti hazırlamak istiyorsak, yine bir formülden yararlanarak kolayca hazırlayabiliriz.

Formül;

$$N = \frac{\text{Molekül ağırlığı x İstenilen N x İstenilen hacim (ml olarak)}}{\text{Tesir değeri x Yoğunluğu x Yüzdesi x 1000}}$$

Molar çözeltilerden farklı olarak formülde tesir değeri de yer almaktadır. Molarite ve normalite arasında N = M x Tesir değeri bağlantısı vardır.

İzotonik Çözelti

Canlı organizmanın ozmotik basıncına sahip, nötr çözeltilere izotonik çözeltiler denir. İnsan ve hayvanların hücre içi ve hücre dışı sıvılarının ozmotik basıncı 5,98-7,7 arasındadır. Bu ozmotik basınca sahip çözeltiler arasında 0,16 M sodyum klorür, yine % 0,85'lik (binde 85'lik) sodyum klorür, 0,3 M glukoz çözeltisi yer alır. Örnek verdiğimiz nötr pH'da bu çözeltiler canlılardaki ozmotik basınca karşılık gelir. Kanda bulunan alyuvarlar izotonik çözelti ortamında yer aldıkları için herhangi bir değişikliğe uğramazlar.

İnsan veya hayvanlara enjeksiyonla damar içi ilaç verilmesi gerektiği zaman ya da hastalık durumlarında serum takılması gerektiğinde kullanılan sıvıların izotonik çözelti özelliğinde olmasına çok dikkat edilmesi gerekir. Bu duruma dikkat edilmediği zaman hücreler su kaybederek büzüşebilir vaya aşırı su alarak şişebilir ve hücrelerin yapısı, bütünlüğü bozularak, hücreyi oluşturan yapılar görev yapamaz hale gelebilirler. Bunlara ilaveten kulak ve göz mukozalarının yıkanmasında yine izotonik çözeltiler kullanılmalıdır. Buna önem vermediğimizde insan ve hayvanlarda ağrı ve acı hissine sebep oluruz.

SIRA SİZDE 4

İnsan ve hayvanlarda göz ve kulak mukozalarının yıkanmasında neden izotonik çözelti kullanılmalıdır?

K İ T A P

Çözeltiler konusunda Nizamlıoğlu, M; Kurtoğlu F. Laboratuar Çözeltileri ve Pratik Biyokimya (1997, Konya) kitabından faydalanabilirsiniz.

ÖNEMLİ BAZI BİYOFİZİKSEL OLAYLAR

Diffüzyon

Moleküllerin çözeltinin her tarafına kendiliğinden eşit olarak yayılması olayıdır. Yayılma olayı, maddenin yoğunlukça fazla olduğu ortamdan daha az yoğun olduğu ortama doğrudur.

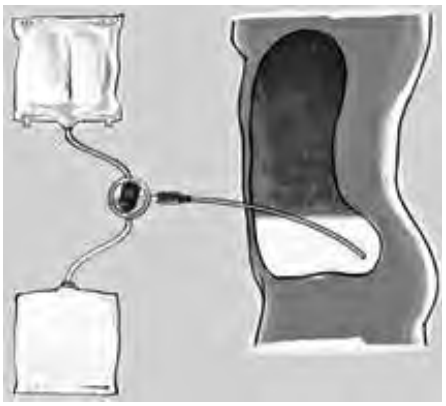
Diffüzyon canlı organizmanın madde değişiminde çok önemlidir. Oksijenin havadan kana geçişinde, kandan dokulara taşınmasında aynı şekilde dışarıdan gıdalarla alınan ve en küçük yapı taşlarına kadar parçalandıktan sonra kan yoluyla besin maddelerinin dokulara nakledilmesinde diffüzyon önemli rol oynar. Bu maddelerin taşınmasında yoğunluk farkı gereklidir, yoğunluk farkı ortadan kalkarsa diffüzyon durur. Ancak canlı organizmada alınan bu maddeler hemen kullanılmakta veya kullanılmayacaksa bile daha büyük moleküller şeklinde birbirine bağlanarak depo edilmektedir. Bu nedenle konsantrasyon farkı her zaman mevcuttur. Örneğin; glukoz fazla alınınca glikojen şeklinde depo edilir ve glukozun tekrar hücre içine alınabilmesi sağlanmış olur.

Dializ

Vücutta birikmiş üre gibi zararlı maddelerin ve aşırı suyun yapay böbrek (diyaliz cihazı) ya da karın zarı (periton) gibi yapay ya da doğal bir zar aracılığı ile vücuttan uzaklaştırılması işlemidir. İlerlemiş böbrek yetmezliğinin tedavisinde kullanılır (Şekil 1.4). Daha özet olarak anlatmak gerekirse küçük ve basit moleküllerin bir zardan geçmesine izin vermek suretiyle onları daha büyük, kompleks moleküllerden ayırma işlemidir. Serum proteinlerinden biri olan ve büyük molekül ağırlığına sahip albümin ile tuz çözeltisi birlikte dializ torbasına koyularak distile su ile dolu bir kabın içine yerleştirilirse, tuz çözeltisi kolaylıkla dializ torbasından dışarı çıkar

ancak albümin büyük olduğu için torba içerisinde kalır. Dializ işleminde geçiş çok yoğundan az yoğun ortama doğrudur. Saf su yoğunluk farkı ortadan kalkınca tekrar değiştirilerek, tüm tuz çözeltisinin dışarı çıkması sağlanır. Böylece küçük moleküllü maddelerle büyük moleküllü maddeleri birbirinden ayırmak mümkün olur. Laboratuarlarda difteri ve tetanoz etkenlerine karşı antitoksinler dializ ile saflaştırılır.

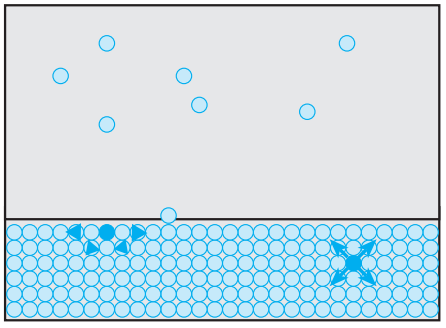
Şekil 1.4
Dializ İşlemi



Yüzey Gerilimi

Çözünmüş bir madde, içinde çözündüğü çözücünün yüzey gerilimini değiştirir. Sıvı bir maddenin yüzeyi ince ve elastik bir zar ile örtülüymüş gibi görünür. Sıvının yüzey kısmındaki moleküllerin dengelenmemiş molekül içi çekim gücünden ileri gelen bu olaya yüzey gerilimi denir. Sıvı ile dolu bir kap içerisindeki bir moleküle her yönden yani aşağıdan-yukarıdan ve sağdan -soldan eşit bir çekim gücü uygulanır. Bu da sıvı maddenin çekim gücüdür. Yüzeydeki bir molekülü incelersek sağdan ve soldan sıvının çekim gücü tarafından dengelenmiş bir kuvvetle çekildiğini görürüz. Aşağıdan sıvının çekim gücü yukarıdan ise havanın çekim gücü tarafından çekildiği için burada dengelenmemiş bir kuvvet oluşur. Yüzey gerilimi işte bu dengelenmemiş kuvvetten ortaya çıkar (Şekil 1.5).

Şekil 1.5
Yüzey Gerilimi



Her sıvının yüzey gerilimi farklıdır (Tablo 1.3). Suyun yüzey gerilimi, bilinen diğer sıvıların hemen hepsinden daha yüksektir ve bunun çok önemli bazı biyolojik etkileri vardır. Suyun ince cam boruların içinde yükselmesi, küçük böceklerin batmadan su yüzeyinde yüzebilmesi hep yüzey gerilimi ile ilgilidir. Anorganik tuzlar yüzey gerilimini artırırken, sabunlar ve safra asitleri yüzey gerilimini azaltırlar. Safranın yağların sindirimi üzerine etkisi, safrada bulunan safra asitlerinin yüzey gerilimi azaltması ve lipaz enziminin yağları daha kolay parçalaması ile açıklanır.

Tablo 1.3
Bazı çözücülerin yüzey gerilimi değerleri

Çözücüler	Yüzey gerilimi (20°C, dyn/cm)
Su	72,8
Gliserin	63,4
Benzen	28,9
Metil alkol	22,2
Etil alkol	22,3
Dietil eter	17,0

Biyofiziksel olaylarla ilgili daha fazla bilgiye http//veterinary.ankara.edu.tr/~fidanci adresinden Prof.Dr. Arif Altıntaş'ın sunumlarına ulaşabilirsiniz.

İNTERNET

Özet

Suyun yapısı, dağılımı, görevleri ve metabolizmasını açıklamak.

Su bir oksijen ve iki hidrojen atomundan oluşmuştur. Kendine özgü dipol karaktere sahiptir. Çoğu zaman tetrahedral bir yapıda bulunur. Bir su molekülünün hidrojen atomu diğer su molekülünün oksijen atomuyla bağ yapar. Organizmada su bağlı ve serbest olmak üzere iki şekilde bulunurken, fonksiyonel yönden hücre içi ve hücre dışı sıvısı şeklinde ayrılır. Ayrıca bu bölümler kendi içinde yeniden alt gruplar oluşturur. Tüm bu su bölmeleri arasında devamlı bir sıvı alış verişi söz konusudur. Değiş tokuş işlemleri birbirine zıt etkili basınçların sonucunda oluşur. Suyun biyolojik görevleri canlıların yaşamını kolaylaştırma açısından vazgeçilmez bir değere sahiptir. Su dengesinde çeşitli nedenlere bağlı olarak meydana gelen değişiklikler kendini bazı bozukluklarla gösterir.

Çözelti çeşitlerini sıralamak.

Çözeltiler kendi içinde iki fazı bulunan sistemlerdir. Bunlardan iç fazı oluşturan taneciklerin büyüklüklerine göre gerçek çözelti, kolloidal çözelti ve süspansiyon olarak çeşitlere ayrılırlar. Bunlarla beraber laboratuarlarda birçok deneyin yapılması ve reaksiyonların incelenmesinde konsantrasyonu belirli olan çözeltilere ihtiyaç vardır. Molar, normal, yüzde ve izotonik özetliler bunlar arasında yer alır. Bu çözeltiler belli tanım ve kurallara göre hesaplar yapılarak hazırlanır.

Önemli bazı biyofiziksel olayları açıklamak.

Canlı organizmanın canlılığını sürdürebilmesi için birbiriyle çok sıkı bir şekilde bağlantılı ve bir o kadar karışık olan olayların son derece uygun bir dengede gerçekleşmesi ve bunun sürekliliğinin sağlanması gerekir. Diyaliz, diffüzyon, yüzey gerilimi gibi olaylar bunların en güzel örneklerindendir. Ancak sadece bunlarla sınırlı değildir, çok daha karmaşık reaksiyon zincirleri ve düzenleme mekanizmaları vardır.

Kendimizi Sınayalım

1. Ekstraellüler sıvıda **en fazla** bulunan **temel** katyon hangisidir?
a. K+
b. Na+
c. Cl–
d. Bikarbonat
e. Fosfat

2. **En fazla** endojen su hangisinden elde edilir?
a. Yağlar
b. Karbonhidratlar
c. Proteinler
d. Enzimler
e. Mineral maddeler

3. Vücutta aşırı sıvı birikmesi durumuna ne ad verilir?
a. Ödem
b. Dehidratasyon
c. Çözelti
d. Süspansiyon
e. Diffüzyon

4. Çözünen madde tanecikleri 10-100 nm arasında büyüklüğe sahip olan çözelti çeşidi hangisidir?
a. Hakiki çözelti
b. Süspansiyon
c. İzotonik
d. Ozmotik
e. Kolloidal çözelti

5. %, normal, molar çözeltilerin hazırlanmasında kullanılan, kesin hacim bildiren, uzun dar boyunlu, şişkin gövdeli, ısıya dayanıksız, cam malzeme hangisidir?
a. Balon joje
b. Reaktif şişesi
c. Distile su
d. Beher
e. Mezür

6. % 5'lik 250 ml glukoz çözeltisi hazırlamak için gerekli olan madde miktarı kaç gramdır?
a. 5
b. 10
c. 12,5
d. 15
e. 17,5

7. İnsan ve hayvanlarda hücre içi ve hücre dışı sıvılarının ozmotik basıncı hangi değerler arasındadır?
a. 2,31 - 5,5
b. 5.98 - 7,7
c. 6,55 - 7,1
d. 7,58 - 8,6
e. 7,84 - 8,9

8. Canlı vücudundaki ozmotik basınca denk nötr çözeltilere ne ad verilir?
a. Molar çözelti
b. İzotonik çözelti
c. Normal çözelti
d. % çözelti
e. Hakiki çözelti

9. Difteri ve tetanoz antitoksinleri hangi işlemle saflaştırılır?
a. Diffüzyon
b. Yüzey gerilimi
c. Ödem
d. Ozmotik basınç
e. Dializ

10. Safranın yağların sindirimini kolaylaştırıcı etkisi aşağıdaki olaylardan hangisi ile ilgilidir?
a. Diffüzyon
b. Yüzey gerilimi
c. Dehidratasyon
d. Ozmotik basınç
e. Dializ

Kendimizi Sınayalım Yanıt Anahtarı

1. b	Yanıtınız yanlış ise, "Suyun Organizmada Dağılımı" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
2. a	Yanıtınız yanlış ise "Suyun Organizmada Dağılımı" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
3. c	Yanıtınız yanlış ise "Su Metabolizması" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
4. e	Yanıtınız yanlış ise "Çözeltiler ve Özellikleri" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
5. a	Yanıtınız yanlış ise "Çözeltiler ve Özellikleri" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
6. c	Yanıtınız yanlış ise "% Çözelti" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
7. b	Yanıtınız yanlış ise "İzotonik Çözelti" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
8. d	Yanıtınız yanlış ise "İzotonik Çözelti" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
9. e	Yanıtınız yanlış ise "Önemli Bazı Biyofiziksel Olaylar" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
10. b	Yanıtınız yanlış ise "Önemli Bazı Biyofiziksel Olaylar" konusunu yeniden gözden geçiriniz.

Sıra Sizde Yanıt Anahtarı

Sıra Sizde 1

Organizmada su bağlı ve serbest olmak üzere iki şekilde bulunur, bağlı su da kendi içinde hidrat suyu ve intermoleküler su olarak ayrılır. Fonksiyonel açıdan hücre içi ve hücre dışı sıvısı şeklinde bölümlenir. Hücre dışı sıvısı, hücreler arası sıvı ile damar içi sıvısına ayrılır. Elde ediliş kaynağı bakımından ise su; eksojen ve endojen su olarak iki kısımda incelenir.

Sıra Sizde 2

1g suyun sıcaklığını 0 °C'den 100 °C'ye çıkarmak için 100 kalori (cal), 1 g 100 °C'deki suyu buhar haline getirmek için ise 540 cal gereklidir. Organizmadan küçük miktardaki suyun dışarı çıkması büyük miktarda ısı kaybedilmesine sebep olur. Böylece deriden ter yolu ile az miktarda suyun kaybedilmesi oldukça fazla ısı kaybına yol açarak, canlılarda serinleme hissi oluşturur ve vücut ısısı düzenlenir.

Sıra Sizde 3

Develerin hörgücü yağ deposudur ve yağların formül yapısında fazla hidrojen olduğu için en fazla endojen su bu maddelerden elde edilir. Develerin uzun süre susuzluğa dayanabilmesinin nedeni bu özelliklerinden kaynaklanmaktadır.

Sıra Sizde 4

İnsan veya hayvanlara enjeksiyonla damar içi ilaç verilmesi gerektiği zaman ya da hastalık durumlarında serum takılması gerektiğinde kullanılan sıvıların izotonik çözelti özelliğinde olmasına çok dikkat edilmesi gerekir. Çünkü hücrelerin yapı ve bütünlüğünde bozukluklar meydana gelebilir. Bunlara ilaveten kulak ve göz mukozalarının yıkanmasında yine izotonik çözeltiler kullanılmalıdır. Buna önem vermediğimizde insan ve hayvanlarda ağrı ve acı hissine sebep oluruz. Çünkü vücut sıvıları izotonik çözelti özelliğine sahiptir.

Yararlanılan Kaynaklar

Bayşu Sözbilir, N., Bayşu, N. (2008). **Biyokimya.** Güneş Tıp Kitabevleri, Ankara.

Dennistan K, Toppin J, Woodrum K, Caret R (2013). **General, Organic and Biochemistry.** 8th Edition. McGrow-Hill, New York, USA.

Karagül, H., Altıntaş, A., Fidancı, U.R., Sel, T. (1999). **Temel Biyokimya Uygulamaları.** Medisan Yayınevi, Ankara.

Nizamlıoğlu, M., Kurtoğlu, F. (1997). **Laboratuar Çözeltileri ve Pratik Biyokimya.** S.Ü. Veteriner Fakültesi Yayın Ünitesi, Konya.

Tanju, A. (1996). **Tablolarla Biyokimya 1.** Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul.

2

Amaçlarımız

Bu üniteyi tamamladıktan sonra;

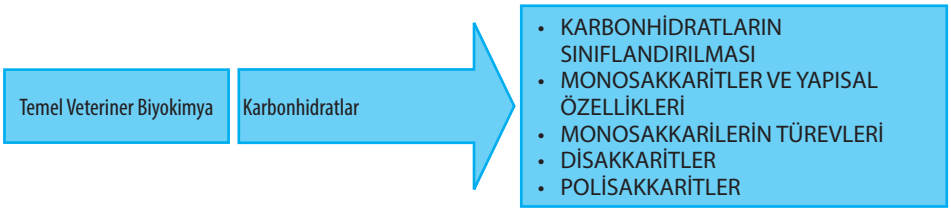
- Karbonhidratları tanımlayıp sınıflarını açıklayabilecek,
- Monosakkaritlerin yapısını açıklayabilecek,
- Monosakkaritlerin türevlerini tanıyabilecek,
- Disakkaritlerin yapısı ve çeşitlerini açıklayabilecek,
- Önemli polisakkaritleri açıklayabilecek

bilgi ve beceriler kazanabileceksiniz.

Anahtar Kavramlar

- Monosakkarit
- Monosakkarit Türevleri
- Disakkarit
- Polisakkarit
- Kimyasal Özellikler

İçindekiler



Karbonhidratlar

KARBONHİDRATLAR

Karbonhidratlar doğada bitkisel, hayvansal ve tek hücreli organizmalarda yaygın halde bulunurlar. Nişasta, tohumlarda, meyvalarda ve köklerde bol miktarda bulunan önemli bir karbonhidrattır. Glikojen hayvanların vücudunda depo edilen ve onların enerjilerinin büyük bir kısmını oluşturan bir karbonhidrattır. Bitkilerde destek dokusu görevi yapan ve hücre duvarının başlıca yapı maddesini oluşturan selüloz da bir karbonhidrat türüdür. Peptidoglikan denilen karbonhidratlar da bakteri hücre duvarlarının önemli yapıtaşıdır. Şekerler adı da verilen karbonhidratlar, büyük moleküller halindeyken tatlı maddeler değildirler. Örneğin nişasta tatlı değildir, ancak kendisini oluşturan glukoz moleküllerine ayrıldığında tatlı bir lezzet verir.

Karbonhidratların bileşiminde başlıca C, H ve O elementleri bulunur. İlk incelenen karbonhidratların bazılarının $C_n(H_2O)_n$ formülüne uymaları nedeniyle bunların karbonun hidratları oldukları düşünülerek karbonhidrat adı verilmiştir. Bu formüle göre C atomu ile birleşen H ve O atomlarının daima sudaki gibi 2/1 orantısı içinde bulundukları düşünülüyordu. Ancak karbonhidratlar daha yakından incelenirse bütün karbonhidratlarda H ve O oranının iki hidrojene karşılık bir O orantısında olmadığı görülür. Aynı genel formülü gösteren farklı maddelerin bulunması bu formüle uymayan karbonhidratların varlığı, bunlardan başka N ve S içeren karbonhidratların bulunması bu tanımı yetersiz kılmıştır. Örneğin bir pentoz olan ve deoksiribonükleik asidin yapısında yer alan deoksiriboz bir karbonhidrat olduğu halde formülünden ($C_5H_{10}O_4$) de kolayca anlaşılacağı gibi yapısındaki H'in O'e olan orantısı 2/1 şeklinde değildir. Ramnoz da bir karbonhidrat olduğu halde formül yapısı yönünden klasik tarife uymamaktadır ($C_6H_{12}O_5$). Laktik asit ($C_5H_{10}O_5$) gibi maddeler C, H ve O orantıları yönünden karbonhidratlara benzedikleri halde bunlar gerçekte karbonhidrat değildirler.

Karbonhidratlar, besinlerle alındıklarında sindirim kanalında kendilerini oluşturan monosakkaritlere parçalanırlar ve sonra emilirler. Organizmanın en kolay kullandığı karbonhidrat glukozdur. Canlı organizma metabolik etkinliklerini sürdürebilmek için gerekli enerjiyi başlıca glukozun parçalanmasından sağlar.

Bütün bu açıklamalardan sonra karbonhidratlar, polihidroksi alkollerin aldehit veya ketonlu türevleri, bunların **polimerleri**, oksidasyon ürünleri, redüksiyon ürünleri, **substitüsyon** ürünleri ile sülfatlı ve fosfatlı esterleri olarak tarif edilebilir.

Polimer: Küçük moleküllerin birbirlerine tekrarlar halinde eklenmesiyle oluşan çok uzun zincirli moleküllerdir

Substitüsyon: Molekülde bir grubun yerine başka bir grubun geçmesidir

DİKKAT **Karbonhidratlar aldehit veya keton gruplarından sadece birini içerirler.**

KARBONHİDRATLARIN SINIFLANDIRILMASI

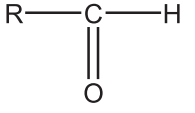
Karbonhidratlar başlıca üç gruba ayrılırlar;

1. ***Monosakkaritler veya basit şekerler:*** Tek bir polihidroksi aldehit veya keton ünitesinden oluşmuşlardır. Glukoz bu şekerlere önemli bir örnektir.
2. ***Di ve oligosakkaritler:*** İki monosakkaridin glikozidik bağla bağlanmasıyla disakkarit oluşmaktadır. Çay şekeri adı da verilen sakkaroz (sükroz) örnek verilebilir. İkiden 10 a kadar monosakkarit ünitesi içeren karbonhidratlara da oligosakkarit denir.
3. ***Polisakkaritler:*** Çok sayıda monosakkarit kapsayan uzun düz zincir ya da dallı zincir yapı gösteren karbonhidratlardır. Nişasta önemli bir örnektir.

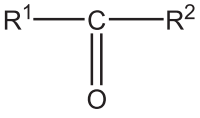
MONOSAKKARİTLER VE YAPISAL ÖZELLİKLERİ

Monosakkaritlerin yapısında yer alan C, H ve O atomları yapı içerisinde bazı grupların içinde bulunurlar. Bu gruplar aldehit veya keton grupları ile birincil (primer) ve ikincil (sekonder) alkol gruplarıdır (Şekil 2.1). Monosakkaritler bu gruplar göz önüne alınarak polihidroksi alkollerin aldehit veya ketonlu türevleri olarak tanımlanırlar ve hidrolize edildiklerinde daha basit moleküllere ayrılmazlar. Yapılarındaki bu aldehit veya keton gruplarına karbonil grubu denir. Aynı zamanda reaksiyonlara giren gruplar olduklarından reaktif şeker grubu adı da verilir.

Fonksiyonel Gruplar



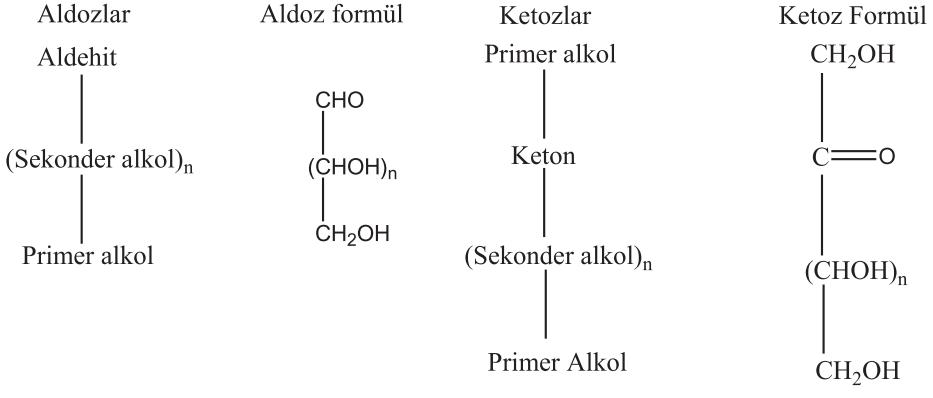
Aldehit grubu



Keton grubu

Şekil 2.1

Aldoz ve Ketozların Kapsadığı Gruplar



Monosakkaritlerin İsimlendirilmeleri

A. Yapılarında bulunan karbonil grubunun çeşidine göre aldehit grubu taşıyanlar aldoz, keton grubu taşıyanlar ketoz olarak adlandırılırlar ve bu şekilde iki gruba ayrılırlar. Keton grubu içerenler isimlendirme sırasında -uloz eki eklenerek belirtilirler. Yalnızca fruktoz ilk isimlendirilen şekerlerden biri olduğu için bu şekilde ek almaz.

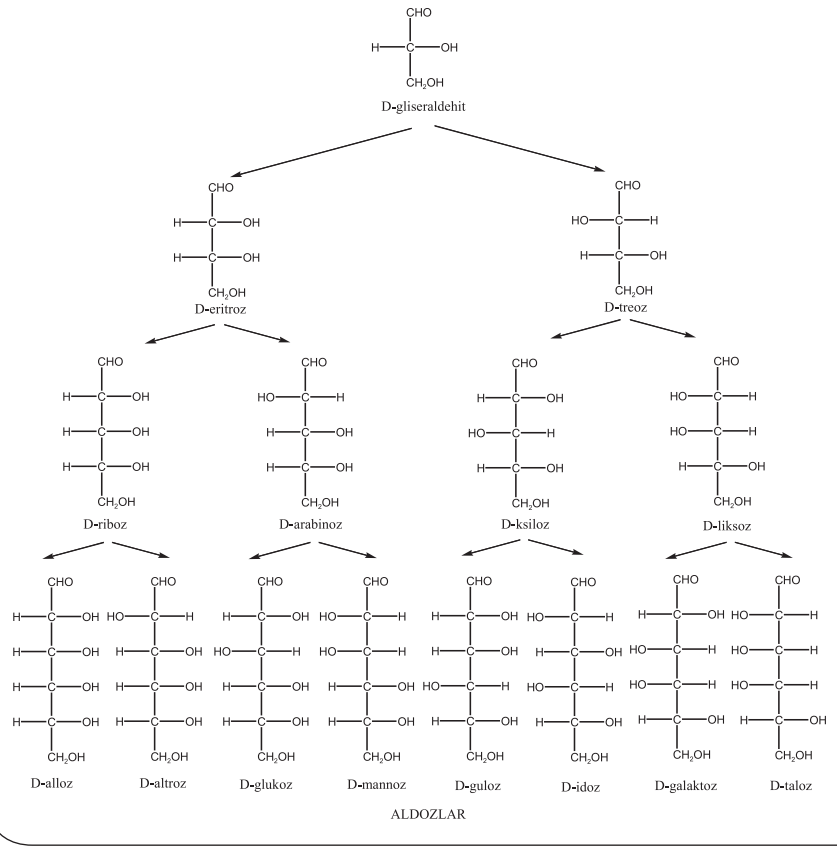
B. Yapılarında aldehit veya keton grupları içeren başlıca monosakkaritler içerdikleri karbon sayısına göre trioz, tetroz, pentoz, heksoz, heptoz, oktoz, nanoz ve dekozlar diye adlandırılırlar. Bunlar sırasıyla 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 C atomu içerirler. Biyokimyasal yönden en önemli monosakkaritler triozlar, tetrozlar, pentozlar ve heksozlardır (Tablo 2.1, Şekil 2.2, 2.3). En basit monosakkaritler 3 karbon atomu bulunan gliseraldehit ve dihidroksiasetondur. Birincisi bir aldotrioz, ikincisi ise bir ketotriozdur (Şekil 2.4). Heksozlara en iyi örnekler aldoheksozlardan glukoz, mannoz, galaktoz ve bir ketoheksoz olan fruktozdur (Şekil 2.5). Pentozlardan riboz ve deoksiriboz nükleotidlerin, nükleik asitlerin ve birçok koenzimin yapısında bulunmaları yönünden önemlidirler (Şekil 2.6)

Karbon Sayısı	İsimlendirme	Aldoz	Ketoz
3	Trioz	Gliseraldehit	Dihidroksiaseton
4	Tetroz	Eritroz	Eritruloz
5	Pentoz	Riboz	Ksiluloz
6	Heksoz	Glukoz, Galaktoz, Mannoz	Fruktoz

Tablo 2.1 *Monosakkaritlerin C sayıları ve kapsadıkları karbonil grubu çeşidine göre isimlendirilmesi*

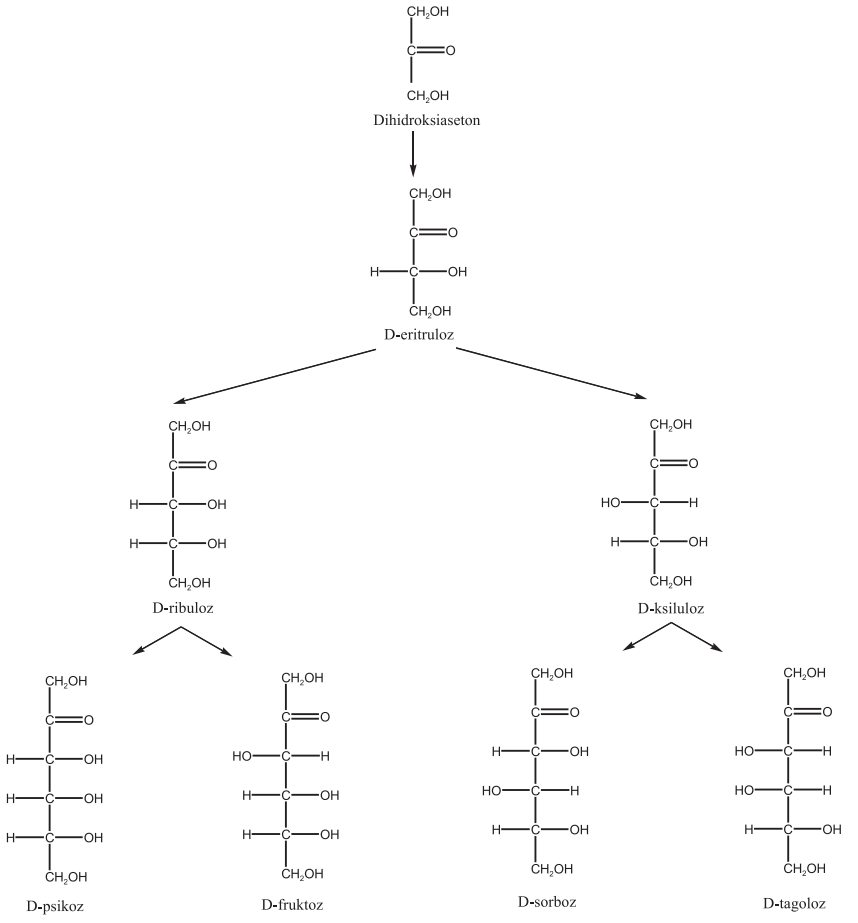
Şekil 2.2

Başlıca Aldozlar



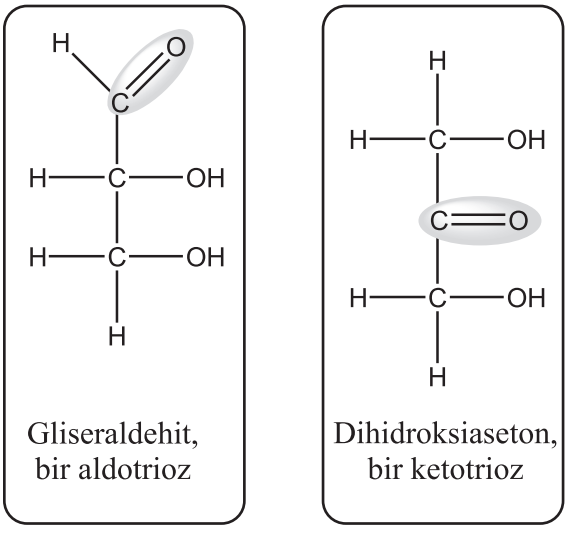
Şekil 2.3

Başlıca Ketozlar



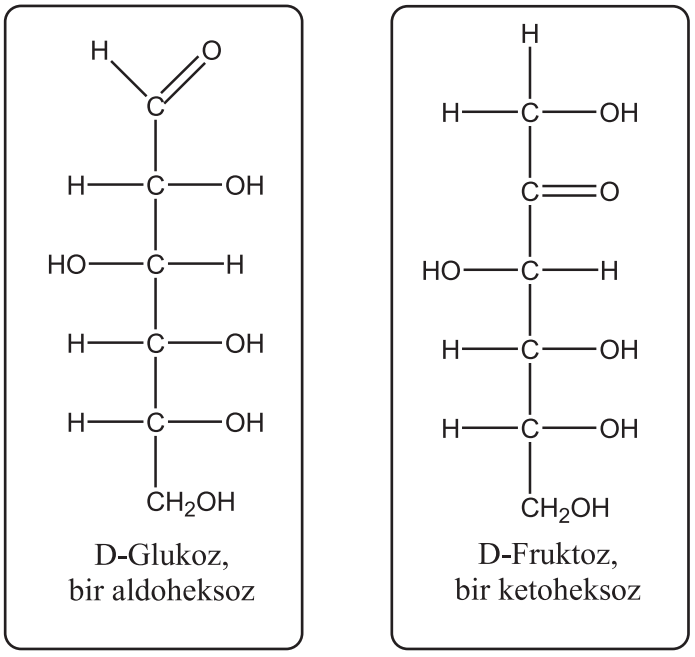
Şekil 2.4

Üç Karbonlu Triozlar. (Koyu Kısımlar Karbonil Gruplarıdır)



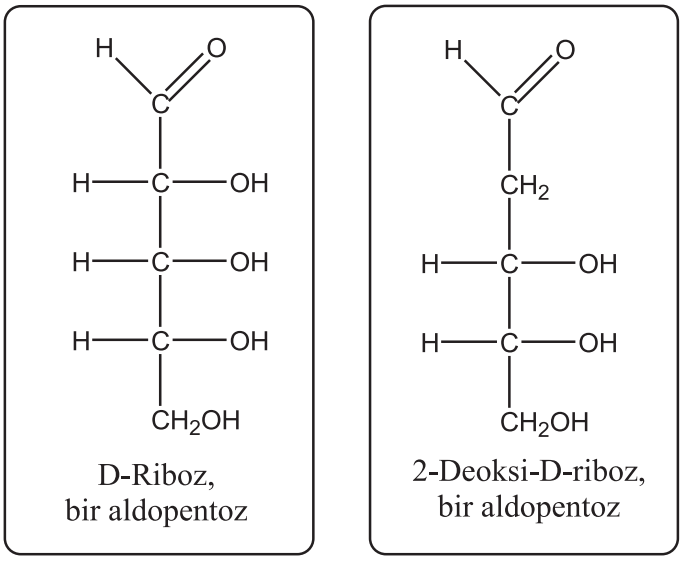
Şekil 2.5

Altı Karbonlu, İki Farklı Heksoz. D-glukoz Bir Aldoheksoz, D-fruktoz Bir Ketoheksoz



Şekil 2.6

Beş Karbonlu Pentozlar. (D-riboz RNA, Deoksi D-riboz DNA'nın bileşenleridir)



Metabolizmada önemli pentozlar hangileridir?

SIRA SİZDE 1

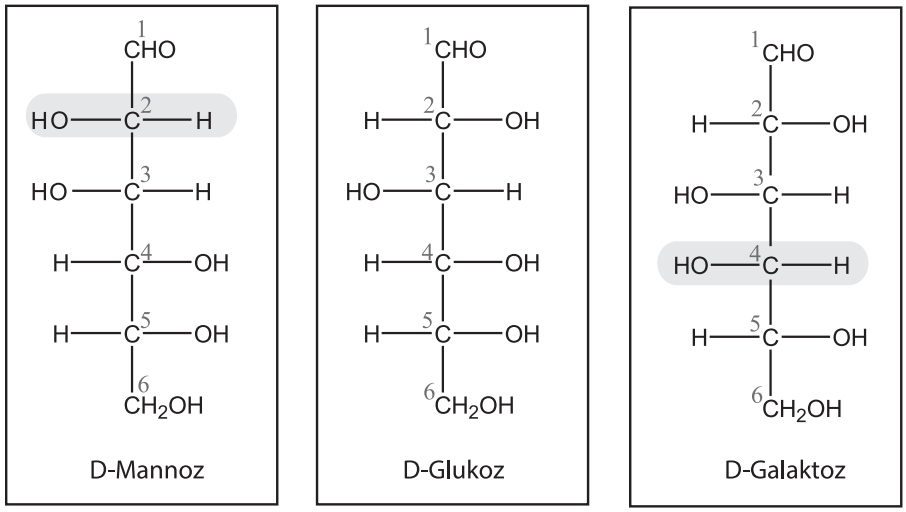
Epimerizasyon

Sadece tek bir karbon atomunun etrafındaki diziliş bakımından farklılık gösteren monosakkaritler birbirinin epimeridir. Glukoz, mannoz ve galaktoz buna örnektir (Şekil 2.7). Glukozun ikinci karbon atomunda bulunan -OH grubunun farklı

yönde yer alması ile mannoz, dördüncü karbon atomundaki -OH grubunun farklı yönde yer alması ile galaktoz oluşur. Yani glukoz ve mannoz, glukoz ve galaktoz epimer şekerlerdir. Bu maddelerin birbirine dönüşümüne epimerizasyon denir. Bu olay organizmada epimeraz adı verilen enzimlerin etkisiyle oluşur.

Şekil 2.7

D-mannoz C-2'deki, D-galaktoz C-4'deki Epimer Pozisyonu Bakımından D-glukozdan Farklıdır



Asimetrik Karbon Atomu

Asimetrik C atomu: Dört valansına dört ayrı atom ya da atom grubu bağlanmış karbon atomudur.

Bir karbon atomunun 4 valansı vardır. Bir şeker molekülündeki karbon atomlarından herhangi birisinin dört valansının da değişik atom veya atom grupları tarafından işgal edilmiş olması halinde bu çeşit karbon atomlarına **asimetrik karbon atomu** adı verilir. Bir molekül içerisinde birden fazla asimetrik karbon atomu bulunabilir. Dihidroksiaseton dışındaki tüm monosakkaritlerde bir veya birden fazla asimetrik karbon atomu bulunmaktadır. 3 C'lu bir aldoz olan gliseraldehitin 1 adet asimetrik karbonu vardır. 6 C'lu bir aldoheksoz olan glukoz incelendiğinde 1. (aldehit grubu) ve 6. C (birincil alkol grubu) atomlarının asimetrik olmadığı, ikincil alkol gruplarından oluşan diğer 4 C atomunun ise asimetrik olduğu görülür. Asimetrik karbon atomuna sahip maddeler stereoizomerizm gösterirler. Stereoizomerizm gösteren maddeler boşlukta birbirlerinin ayna hayali durumunda yer alan maddelerdir. Bunların içerdikleri atom ya da atom grupları birbirlerine benzerler. Fakat bunlar aynı şeyler değildirler, farklı özellikler gösterirler.

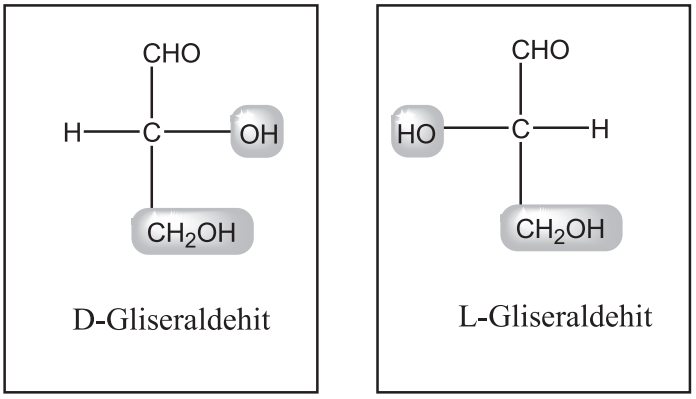
Atomların boşluktaki durumlarına göre bir molekül iki çeşit stereoizomerizm gösterebilir. Bunlara optik izomerizm ve geometrik izomerizm denir. Bir maddenin molekül düzeninin düz bir ayna hayalinin farklı görüntüleri optik izomerizmi doğurur. Bu çeşit maddelere enantiomer veya antimer maddeler denir.

Moleküldeki asimetrik karbon atomlarının sayısına göre o molekülün izomer sayısı da değişir. Bu durum (2^n) genel formülü ile ifade edilebilir. Burada n o molekülde bulunan asimetrik karbon atomlarının sayısına eşittir. Buna göre yapısında 4 asimetrik karbon atomu bulunan molekülün 2^4=16 stereoizomeri vardır.

Bütün karbonhidratlar aldehit veya keton gruplarından yani karbonil gruplarından en uzakta bulunan asimetrik karbon atomu bakımından D- ve L-gliseraldehide benzerlik gösterip göstermediklerine göre başlarına D veya L eki alırlar (Şekil 2.8, 2.9, 2.10). Karbonil grubundan en uzakta bulunan asimetrik karbon atomuna bağlı bulunan hidroksil grubu D-gliseraldehitteki gibi sağda yer alıyorsa bu monosakkaride D eki, L-gliseraldehitteki gibi solda yer alıyorsa L eki ilave edilir. Örneğin D-glukoz ve L-glukoz da olduğu gibi. Doğada daha çok D şekerlere rastlanır. L şekerler ise ender bulunurlar. Bunlara örnek olarak L-fukoz ve L-ramnoz verilebilir.

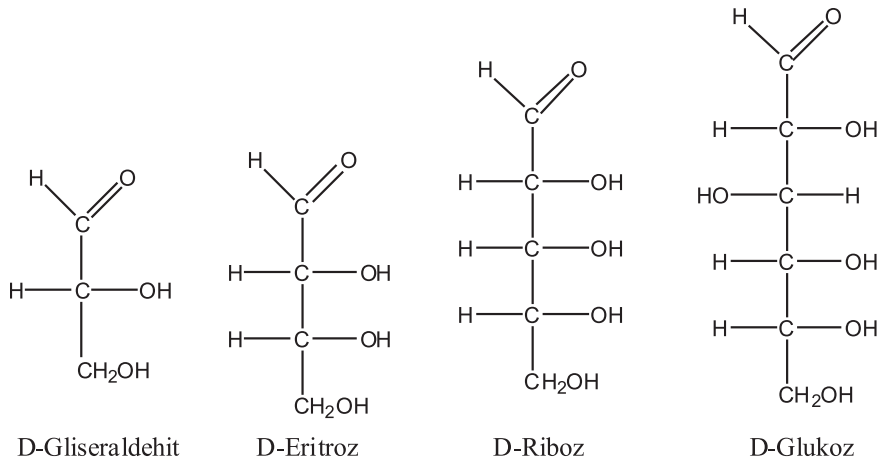
Şekil 2.8

D-gliseraldehit ve L-gliseraldehit Birbirlerinin Ayna Görüntüleridir. (Fischer Projeksiyon Formülleri)



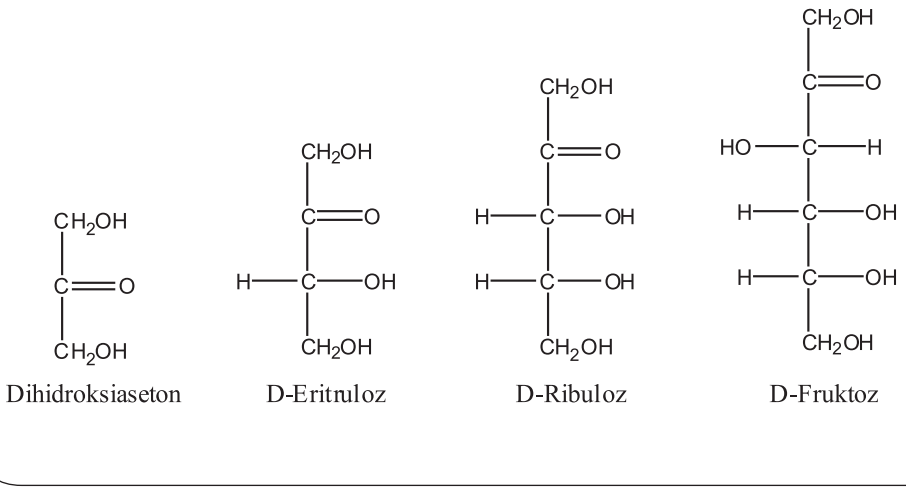
Şekil 2.9

Üç, dört Beş ve Altı Karbon Atomuna Sahip D-aldozlar



Şekil 2.10

Üç, Dört Beş ve Altı Karbon Atomuna Sahip D-ketozlar



Stereoizomer maddeler aynı zamanda optik aktif maddelerdir. Optik olarak aktif maddeler polarize ışığı sağa veya sola çeviren maddelerdir. Normal ışık çeşitli dalga boylarında ve çeşitli düzlemlerde hareket eden dalgalardan oluşmuştur. Polarize ışık bir tek düzlem dışındaki dalga titreşimlerinden arındırılmış ışıktır ve normal ışığın kalsit kristallerinden veya polarlayıcı merceklerden geçirilmesiyle elde edilir. Polarize ışığın yolu üzerine optik aktif bir maddenin çözeltisi bir tüp içerisinde konursa ışık sapar. Işığın sapma derecesi ve yönü polarimetre tarafından belirlenir. Çevirme derecesi moleküllerin yapısına, sıcaklığa, ışığın dalga boyuna, o maddeden hazırlanmış solüsyonun tüp içindeki kalınlığına göre değişir. 100 cc'inde 100 gr şeker bulunan solusyonun standart şartlar altında polarize ışığı çevirme derecesi sabittir. Ve o monosakkarit için özeldir. Bu değere o şekerin **spesifik rotasyonu** denir. Şekerlerin polarize ışığı çevirme derecelerinden yararlanılarak hem cinsleri hem de miktarları belirlenebilir.

Spesifik rotasyon: Monosakkaritlerin standart şartlar altında polarize ışığı çevirme derecesidir.

Polarize ışığın yayılma düzlemini sağa çeviren şekere dekstrarotator ya da sağa çeviren denir. Polarize ışığı sola çeviren şeker levorotator veya sola çeviren adını alır. Gösterilirken sağa çeviren (+), sola çeviren (-) işaretiyle belirtilir. Eğer optikçe aktif maddenin sağa çeviren ve sola çeviren şekilleri bir karışımda aynı miktarlarda bulunuyorsa, bu karışıma rasemik karışım denir. Rasemik karışımlar optikçe aktif değildir. Polarize ışığın açısını aslında değiştirirler ama her iki enantiomer de aynı miktarda ama zıt yönlere çevirdikleri için toplam etki sıfır olarak görünür.

Monosakkaritlerin Hemiasetal Yapı Oluşturmaları

Monosakkaritlerin pek çoğu genellikle düz zincir halinde gösterilmektedir. Fakat bunların çoğu sulu çözeltilerde kendilerinin halkasal yapıdaki bileşikleri ile denge durumundadır Halka yapı hemiasetal veya hemiketal oluşumu ile ilgilidir. Bir aldehit iki mol alkolle birleşirse meydana gelen yapı asetaldir. Eğer aldehit bir mol alkolle birleşirse hemiasetal (yarı asetal) yapı meydana gelir. Aynı şekilde keton grubu bir mol alkolle birleşirse hemiketal (yarı ketal) meydana gelir. Şekerlerin meydana getirdikleri hemiasetallerde aldehiti şekerin aldehit grubu, alkolü ise aynı şekerin geri kalan kısmı oluşturur.

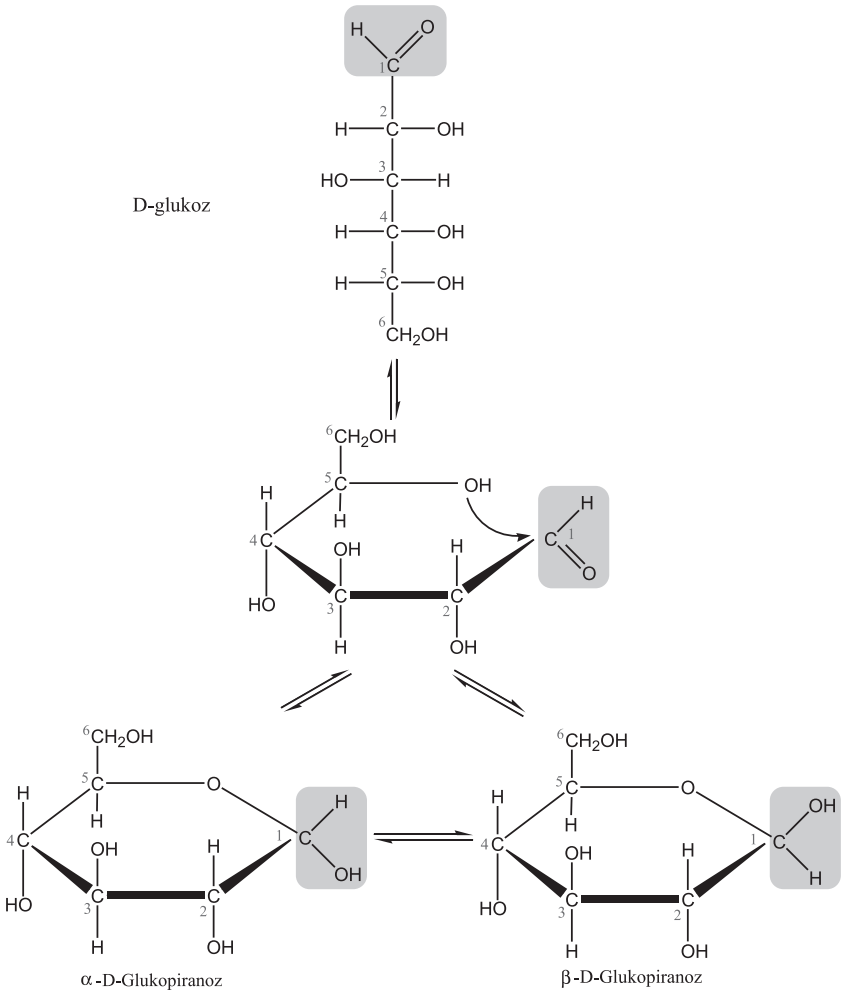
Yarıasetal yapı 5 veya 6 üyeli halka şeklinde olur. Bir köşesinde oksijen bulunan altılı halkalara kimyada piran, beşli halkalara furan adı verilmektedir. Haworth formülünde altılı halka taşıyan şekerlere pirana benzediği için piranoz, beşli halkalar taşıyanlar furana benzediği için furanoz adı verilir.

Monosakkaritlerin halka yapıya geçmesi anomerik karbon olarak bilinen ilave bir asimetrik merkezin oluşumu ile sonuçlanır. **Anomerik karbon atomu** hemiasetal halka yapıda bir numaralı, hemiketal halka yapıda 2 numaralı karbon atomudur. Bu halkalaşmanın sonucunda α ve β olarak adlandırılan iki stereoizomer daha meydana gelir. α şekli β şeklinden sadece hemiasetal karbon atomu etrafındaki diziliş değişikliği ile ayrılır. Bu nedenle bu izomerlere enantiomerden çok anomer denir (Şekil 2.11).

Anomerik C atomu: Monosakkaritlerin halka yapısında asimetrik hale geçen karbonil karbonuna denir. Hemiasetal yapıda 1, hemiketal yapıda 2 nolu C atomudur.

Şekil 2.11

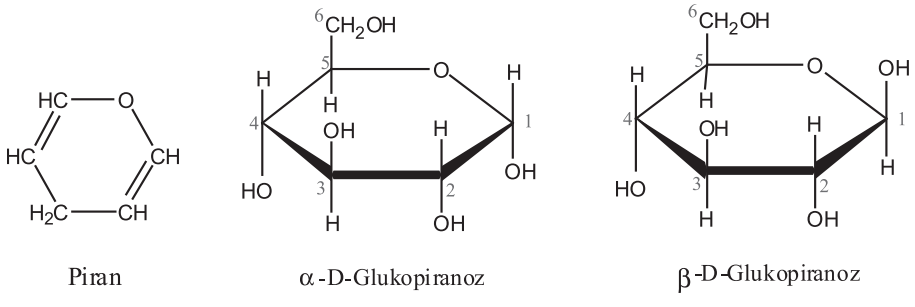
D-glukozun İki Farklı Formunun Oluşumunda C-1 deki Aldehit Grubu ile C-5 teki Hidroksil Grubu Arasındaki Tepkime Sonucu α ve β Anomerlerin Oluşumu



α.D-glukopiranozda glukozun 1. C atomundaki aldehit grubu 5. C atomundaki alkol grubu ile α.D-glukofuranozda ise 1. C atomundaki aldehit grubu 4. C atomundaki alkol grubu ile hemiasetal yapı oluşturmuştur. Bu yapılarda 1. C atomuna (anomerik C atomu) bağlı hidroksil grubu (Haworth formülünde) halka düzeyinin altındadır. Anomerik C atomuna bağlı hidroksil grubu halka düzeyinin üstünde yer alırsa β formu oluşur (Şekil 2.12).

Şekil 2.12

D-glukozun Piranoz Formu

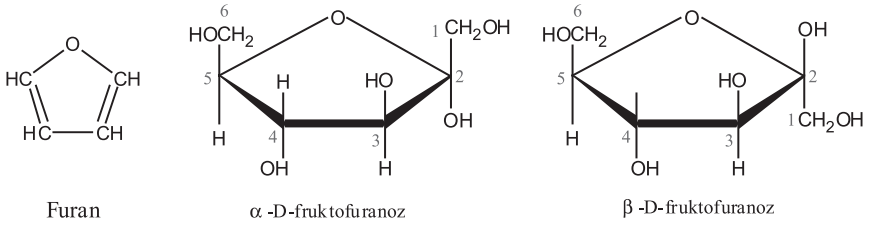


Hemiasetal halka formuna geçmesiyle glukozun asimetrik merkez sayısı 5 olur. (1 nolu C atomu da asimetrik hale geçer). Böylece izomer sayısı 2^5=32'dir. Normal düz zincir yapıda ise 4 asimetrik merkez vardır ve izomer sayısı 2^4=16'dır.

β.D-fruktopiranozda 2. C atomundaki keton grubu 6. C atomundaki alkol grubu ile, β.D-fruktofuranozda ise 2. C atomundaki aldehit 5. C atomundaki alkol grubu ile hemiketal yapı oluşturmuştur (Şekil 2.13). Bu yapılarda 2. C atomuna (anomerik C atomu) bağlı hidroksil grubu (Haworth formülünde) halka düzeyinin üstündedir. Anomerik C atomuna bağlı hidroksil grubu halka düzeyinin altında yer alırsa α formu oluşur. Genellikle glukoz glukopiranoz, fruktoz ise fruktofuranoz şekli ile yapılarda yer alır.

Şekil 2.13

D-fruktozun Furanoz Formu



Furan α -D-fruktofuranoz β -D-fruktofuranoz

Hemiketal halka formuna geçmesiyle fruktozun asimetrik merkez sayısı 4 olur (2 nolu C atomu da asimetrik hale geçer). Böylece izomer sayısı 2^4=16'dır. Normal düz zincir yapıda ise 3 asimetrik merkez vardır ve izomer sayısı 2^3=8'dir.

Monosakkaritlerin Önemli Kimyasal Reaksiyonları

Aldehit ve keton gruplarından ileri gelen önemli reaksiyonlar şunlardır;

1. Monosakkaritler üzerine alkalilerin etkisi

Oda ısısında D-glukozun sulu alkali ile gösterdiği reaksiyonun özel bir önemi vardır. Çünkü bu reaksiyon glukozun biyokimyasal dönüşümleri ile bazı benzerlikler gösterir. Glukoz zayıf alkalilerle etkileştirildiğinde bir süre sonra karışımda glukozdan başka mannoz ve fruktozun da bulunduğu gözlenir. Bu olay hafif alkali ortamda monosakkaritlerin enolizasyonu ile açıklanır. Enolizasyon aldehit ve ketonların genel bir olgusudur. Bir karbon atomundan komşu karbonil grubunun oksijenine bir protonun göç etmesi ile doymamış bir alkol yani enol oluşması olayına denir. Meydana gelen ürüne enediol adı verilir. Kuvvetli alkali ortamlarda bu formların tepkime yetenekleri çok yüksektir. Bu nedenle monosakkaritler kuvvetli alkali ortamda çok güçlü indirgen niteliktedirler ve gümüş (Ag^{++}), civa (Hg^{+++}), bizmut (Bi^{+++}) ve bakır (Cu^{++}) gibi iyonları kolayca indirgerler, bu arada kendileri de oksitlenirler.

2. Monosakkaritler üzerine asitlerin etkisi

Monosakkaritler kuvvetli asitlerle ısıtılırsa su kaybederler ve furfuraller veya furfural türevleri meydana gelir. Pentozlardan furfuraller, heksozlardan 5-hidroksimetilfurfuraller oluşur. Furfuraller fenollerle karakteristik renkli ürünler meydana getirirler ve monosakkaritlerin tanınmasında kullanılırlar. Ketoheksozlar asitlere karşı daha hassas olduklarından daha hızlı reaksiyon verir ve furfural türevlerine dönüşürler. Bu şekilde aldoheksozlardan ayrılabilirler.

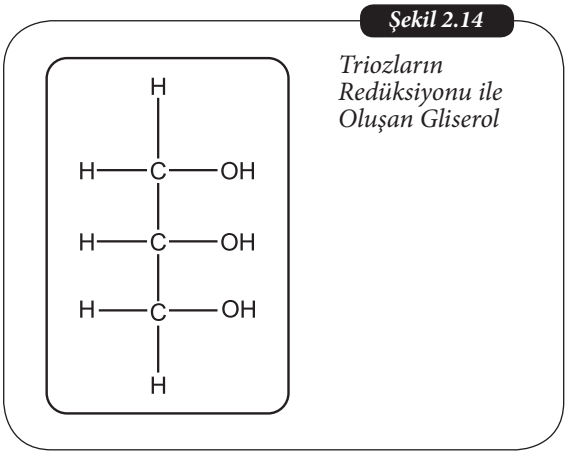
3. Ozazon oluşumu

Monosakkaritler fenilhidrazin, asetik asit ve sodyum asetat ile sıcakta etkileştirilirse sarı kristaller içeren bir çözelti oluşur. Bunlar ozazon kristalleridir. Bu kristallerin mikroskopta incelenmesi veya erime noktalarının tayini ile şeker türlerini birbirinden ayırt etmek mümkündür. Glukoz, fruktoz ve mannozun ozazon kristalleri aynıdır. Mikroskop altında glukozun kristalleri ekin demeti şeklinde, disakkarit olan laktozun kristalleri at kestanesi şeklinde görülür.

MONOSAKARİTLERİN TÜREVLERİ

Şekerlerin Redüksiyon Ürünleri: Şeker Alkolleri

Şekerlerin keton veya aldehit gruplarının redüksiyonu sonucu şeker alkolleri elde edilir. Glukozun redüklenmesi ile sorbitol, mannozdan mannitol oluşur. Fruktozdan iki ayrı cins alkol meydana gelir, bunlar mannitol ve sorbitoldür. Gliseraldehit ve dihidroksiasetonun redüksiyonları ile gliserol, galaktozdan ise dulsitol meydana gelir. Heksozlardan meydana gelen alkollerin insan biyokimyası yönünden bir önemi yoktur. Fakat triozlardan meydana gelen bir alkol olan gliserol lipitlerle olan yakın ilgisi nedeniyle önemlidir (Şekil 2.14). Ribozdan oluşan D-ribitol'ün de Vitamin B2'nin yapısına girmesi yönünden önemi vardır.



Şekil 2.14

Triozların Redüksiyonu ile Oluşan Gliserol

Şekerlerin Oksidasyon Ürünleri: Şeker Asitleri

Aldozlar okside edildiklerinde aldehit grupları karboksil gruplarına dönerek aldonik asitleri verirler. Aldehid grubunun oksidasyonu (1.C) aldonik, primer alkol grubunun oksidasyonu (6.C) uronik, her iki grubun oksidasyonu (1. ve 6. C'lar) aldarik asitleri oluşturur (Tablo 2.2, Şekil 2.15).

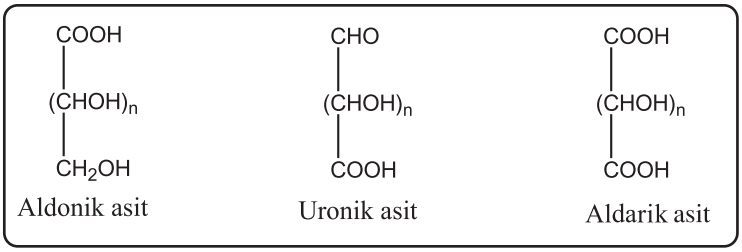
Monosakkarit	Aldonik Asit	Uronik Asit	Aldarik Asit
Glukoz	Glukonik asit	Glukuronik asit	Glukarik asit
Mannoz	Mannoik asit	Mannuronik asit	Mannarik asit
Galaktoz	Galaktonik aist	Galakturonik asit	Galaktarik asit

Tablo 2.2
Şekerlerin oksidasyon ürünleri, şeker asitleri

Uronik asitler içinde en önemlisi glukuronik asittir. Gerek metabolik organizma içinde oluşan bazı metabolitlerin atılması, gerekse dış kaynaklı ilaç vs. gibi zararlı veya zararsız maddelerin atılmasında yardımcı olur. Steroidler ve billirubin gibi organizma maddelerinin idrarla atılabilmeleri bunların glukuronik asitle birleşerek suda çözünür glukuronidlere çevrilmesi ile sağlanır. Glukuronik asit glikoproteinlerin ve mukopolisakkaritlerin yapısına da katılır. Vitamin C sentezleyebilen canlılarda da bu vitaminin ön maddesi olarak yer alır.

Şekil 2.15

Şeker Asitleri Genel Formülleri



Amino Şekerler

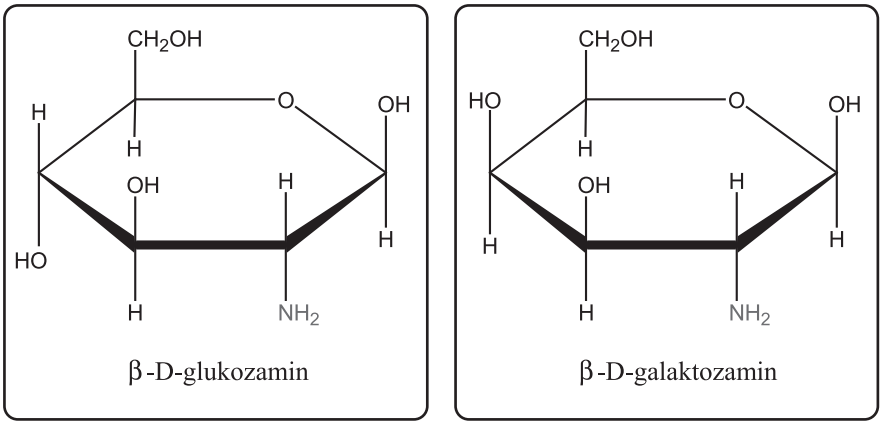
Katımlarında bir amino grubuna sahip monosakkaritlere denir. Monosakkaritlerin substitüsyon ürünleridir, heksozların ikinci karbon atomundaki hidroksil grubu (OH) yerine amino (NH_2) grubunun geçmesi ile meydana gelirler. Doğada bulunan başlıca amino şekerler, amin grubu ile asetilleşmiş halde bulunan N-asetil-D-glukozamin ve N-asetil -D-galaktozaminden ibarettir. Bu iki amino şeker dışında D-mannoz, D-guloz ve D-taloz'unda amino türevleri vardır.

Glukozamin: Hyaluronik asit, heparin, kan grubu maddeleri, mantarlarda hücre duvarı, ıstakoz, yengeç gibi kabuklularda kitin N-asetil glukozamin polimeridir.

Galaktozamin: Kıkırdak, kemik, kornea, deri, tendon ve kalp kapakçıklarındaki kondroproteinlerdeki sülfatlı mukopolisakkaritlerde bulunur.

Şekil 2.16

β.D.glukozamin ve β.D-galaktozamin



Amino Şeker Asitleri

Fizyolojik önemi olan amino şeker asitleri nöyraminik, sialik ve muramik asitlerdir.

Deoksi şekerler

Karbon sayısından daha az sayıda oksijen içeren şekerlerdir. Bunlar genellikle ikinci ve altıncı karbon atomlarında oksijen bulunmayan şekerlerdir. DNA'da bulunan 2.deoksiriboz, L-ramnoz (6-deoksi-L.mannoz) ve L-fukoz (6.deoksi.L.galaktoz) deoksi şekerlerdir.

Glikozitler

Glikozitler bir monosakkaridin anomerik karbon atomundaki hidroksil grubunun diğer bir monosakkaritle veya başka bir molekülle birleşmesinden oluşan yapıdır. Bağlanılan diğer grup hidroksil veya amin grubu olabilir. Bunlar yapılarında yer alan şekere göre isimlendirilir. Örneğin; glukozit, mannozit, galaktozit gibi. Bitkiler içinde yaygın şekilde bulunurlar. Bir glikozitte iki kısım ayırt edilebilir. Monosakkarit olan kısmına glukon, diğer kısmına aglukon denir. Aglukon kısmı metanol, gliserol, fenol ve adenin gibi bir baz veya bir sterol olabilir. Birçok ilaçta, baharatta ve hayvan dokularının yapı taşları içinde bulunurlar.

Şekerlerin Fosforik Asit Esterleri

Monosakkaritlerin fosforik asit esterleri metabolik reaksiyonlar yönünden çok önemlidir. Glikojenezis, glikolizis gibi önemli metabolik olaylar ancak glukozun fosforik asitle birleşmesi sayesinde meydana gelir. Bazı önemli şekerlerin fosforik asit esterleri glukoz.1.fosfat, glukoz.6.fosfat, fruktoz.1.fosfat, fruktoz.6.fosfat, fruktoz.1,6.fosfattır. Bunlar karbonhidrat metabolizmasında önemli rol oynarlar. Pentoz fosfatların da gerek pentoz metabolizması gerek nükleotidler yönünden ayrı bir önemleri vardır.

Bazı Monosakkaritlerin Özellikleri

D-Glukoz: Hayvansal ve bitkisel yapıda geniş ölçüde mevcuttur. Bir aldoheksozdur. Disakkaritlerin ve polisakkaritlerin yapısında yer alır. Nişasta, maltoz ve laktozun hidroliziyle elde edilir. Glukoz biyokimyasal yönden çok önemli bir monosakkarittir. α.D-glukoz polarize ışığı +112 derece sağa ve β.D-glukoz +19 derece sağa çevirir. Bu özelliği dolayısı ile glukoza dekstroz da denir. Tatlı ve lezzetlidir.

D-Fruktoz: Özellikle meyvalar içinde çok miktarda bulunduğundan kendisine bu ad verilmiştir. Balda da bulunur. Bir ketoheksozdur. Glukozla birlikte sakkarozun yapısında yer alır. Karaciğerde glukoza değişebilir. Polarize ışığı -92 sola çevirir.

D-Galaktoz: Doğada pek serbest halde bulunmaz, genellikle birleşik haldedir. Laktozun ve bitkilerdeki bazı polisakkaritlerin yapısında galaktoz vardır. Meme bezinde süt şekeri laktozun sentezi için kullanılır. Glikolipidlerin içinde de bulunmaktadır. Tadı glukozdan daha azdır. Galaktozun çevirme derecesi (+80°) sağ yöndedir.

D-Mannoz: Mannoz serbest halde pek bulunmaz. Bazı polisakkaritlerin hidrolizi ile elde edilir. Gıda yönünden fazla değeri yoktur. Glikoproteinlerin katımlarında bulunur. Polarize ışığı +14° sağa çevirir.

Pentozlar: Riboz ve deoksiriboz nükleik asitlerin yapısında yapısında bulunan önemli pentozlardır.

DİSAKKARİTLER

Disakkaritler iki monosakkaridin glikozidik bağla birleşmesinden oluşmuşlardır. Bunlardan en önemlileri maltoz, laktoz ve sakkaroz (sükroz) dur. Selülozun temel ünitesini oluşturan sellobioz da bir disakkarittir. Disakkaritlerin yapısında yer alan başlıca monosakkaritler glukoz, galaktoz ve fruktozdur. İki monosakkaritin birleşmesi sırasında bir mol su açığa çıkar.

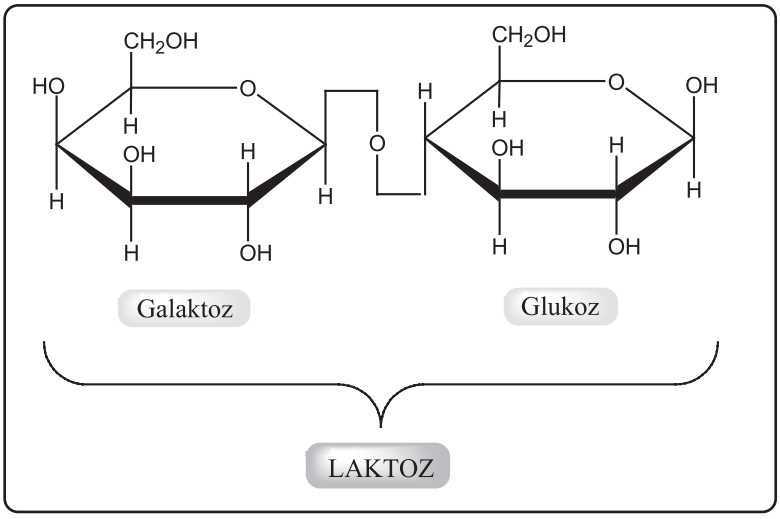
İki monosakkarit molekülü birbiri ile glikozit oluşturmak üzere iki şekilde bağlanır.

1. Maltoz Tip Bağlanma

Bir monosakkaritin karbonil grubu (aldehit veya keton) diğer bir monosakkaritin alkol grubu ile bağlanırsa bu tip bağa maltoz tip bağlanma denir. Maltoz, laktoz ve sellobioz disakkaritlerinde bu tip bağ vardır (Şekil 2.17)

Şekil 2.17

Galaktoz ve Glukozdan Oluşan Laktoz

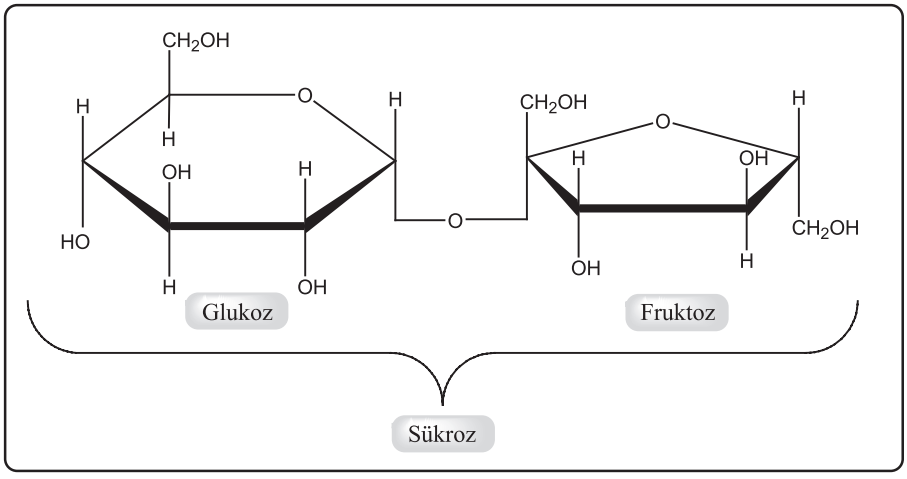


2. Trehaloz Tip Bağlanma

Bir monosakkarit molekülünün karbonil grubu (aldehit veya keton) diğer molekülün karbonil grubu (aldehit veya keton) ile bağlanırsa bu tip bağa trehaloz tip bağlanma denir. Sakkarozdaki bağ bu tip bağdır (Şekil 2.18).

Şekil 2.18

Glukoz ve Fruktozdan Oluşan Sakkaroz



Disakkaritlerden bağlantısı maltoz tipli olanlarda birleşen monosakkaritlerden en az birinin aldehit ya da keton grubu serbest olduğundan bu tip bağlantıya sahip disakkaritler indirgen özelliğe sahiptirler. Ozazon oluşturabilirler. Trehaloz

tipli bağlantıya sahip disakkaritlerde ise her iki monosakkaritin karbonil grupları bağlantı için kullanıldığından, yani serbest aldehit ya da keton grubu bulunmadığından bu tip bağlantıya sahip disakkaritler indirgeyici özellik göstermezler ve ozazon oluşturmazlar.

Bazı Disakkaritlerin Özellikleri

Maltoz: Nişastanın asitlerle veya enzimlerle hidrolizi sonucu meydana gelir. Oldukça tatlı bir şekerdir. İki glukoz biriminden oluşmuştur. Glukozların her ikisi de a.glukoz olabildiği gibi, biri α ve biri de β.glukoz da olabilir. Maltoz içindeki glikozit bağları 1. ve 4. karbon atomları arasında olduğundan glukozlardan birisinde serbest bir aldehit grubu vardır. İndirgeyici etkiye sahiptir. Ozazon oluşturabilir.

Laktoz: Süt şekeri adı da verilir. Hayvansal bir şekerdir. İnsan sütünde de bulunur. Emziren annelerin hem kanında hem de idrarında laktoza rastlanır. Organizma disakkaritlerden faydalanamadığı için laktoz fazla miktarda oluşturulduğu meme dokusundan dolaşıma katılır ve idrara geçer. Glukoz ve galaktoz moleküllerinin β.1-4 glikozidik bağla bağlanmalarıyla oluşmuştur. Serbest aldehit grubu vardır indirgeyici etki gösterir. Ozazon oluşturabilir.

Sakkaroz (Sükroz): Çay şekeri olarak da bilinir. Genellikle pancar ve kamıştan elde edilir. Birçok meyva ve sebzenin tohum, meyva, yaprak ve çiçeklerinde de bulunur. Glukoz ve fruktoz monosakkaritlerinin α 1-2 glikozidik bağla bağlanmasından oluşmuştur. Trehaloz tip bağlanma yapmıştır. Karbonil grupları arasında glikozidik bağ oluştuğundan indirgeyici özelliğe sahip değildir. Sakkaroz normal olarak polarize ışığı +66,5 sağa çevirir. Fakat hidrolize edildikten sonra polarize ışığı -39,5 derece sola çevirir. Bu hal hidroliz sonucu meydana gelen fruktozun çevirme derecesinin (-92,4) glukozun çevirme derecesinden (+52,8) daha yüksek oluşundandır. Sakkarozun hidrolizi sonucu meydana gelen bu çevirme değişikliği nedeniyle sakkaroza invert şeker denir. İnvert şeker fruktoz ve glukozun eşit bir karışımından ibarettir. İnvertaz denen enzim tarafından meydana getirilir. İnvert şeker balda bulunur. Sakkaroz ancak ağız yoluyla verildiği takdirde vücut tarafından kullanılır. Disakkaritler ister sakkaroz olsun ister laktoz olsun doğrudan doğruya kana verildiklerinde vücut bunlardan faydalanamaz. Yabancı bir madde gibi idrarla dışarı atılırlar.

Sellobioz: Selülozun parçalanması sonucu meydana gelen bir disakkarittir. Hidrolize edildiği zaman iki glukoz molekülü verir. β.D-glukoz ile D-glukozun (α veya β) β 1-4 glikozidik bağla birleşmesinden oluşmuştur. Doğada serbest halde bulunmaz. Serbest aldehit grubu içerdiğinden indirgen özelliğe sahiptir.

Hangi disakkaritler indirgen özelliğe sahiptir ve neden indirgendirler?

SIRA SİZDE 2

POLİSAKKARİTLER

Monosakkarit veya monosakkarit türevlerinin polimerleridirler. Birçok monosakkarit biriminin glikozidik bağ ile birbirine bağlanmasıyla oluşur. Glikozidik bağlar α veya β tipli olabilir. Bunlar tatlı maddeler değildir. Çoğunlukla beyaz şekilsiz toz halinde bulunurlar. Saf halde iken indirgeme, aldehit veya keton özelliği göstermezler. Molekül ağırlıkları genellikle yüksektir. Şekilleri düz zincir, dallı budaklı veya halka şeklinde olabilir. Bunlar bilinen monosakkarit sınıflarının sonuna -an eki getirilmek suretiyle isimlendirilirler. Pentozan veya pentan, heksozan veya hekzan, glukan, mannan, galaktan gibi isimler alırlar.

Genellikle iki gruba ayrılırlar. Homopolisakkaritler ve heteropolisakkaritler. Homopolisakkaritler tam olarak hidrolize edildikleri zaman çok sayıda tek bir cins monosakkarit türevi meydana getiren polimerlerdir. Heteropolisakkaritler ise hidrolize edildiklerinde birden fazla cinste monosakkarit veya monosakkarit türevi meydana getirirler. Polisakkaritlerin yapısındaki glikozit bağları mineral asitler ve enzimler (polisakkaridaz) etkisiyle kolayca hidrolize olmalarına karşın alkalilere direnç gösterirler.

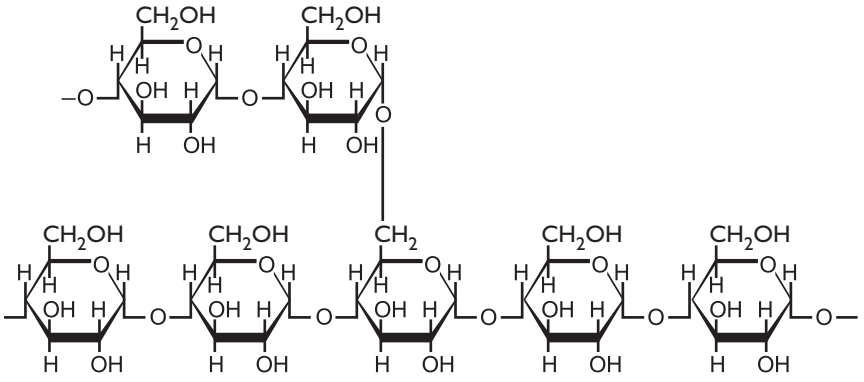
Homopolisakkaritler

Nişasta: Karbonhidratların bitkilerde depo edilmiş şeklidir. Farklı nişasta granüllerinin mikroskop altındaki görünüşleri farklıdır. Buna göre ayırt edilebilirler. Buğdayda, patateste, pirinçte, mısırda, fındıkta, fıstıkta, diğer meyva ve sebzelerde bol miktarda nişasta vardır. Nişasta amiloz ile amilopektin denilen iki kısımdan oluşmuştur. Elde edildiği bitkiye bağlı olmakla birlikte genellikle % 10-20 amiloz, % 80-90 amilopektin kapsar.

Amiloz D-glukoz birimlerinin α 1-4 glikozidik olarak birleşmelerinden meydana gelmiş düz zincir şeklinde bir polisakkarittir. Zincir ekseni etrafında kıvrılmış helezonik bir görünüm almıştır. Amilopektin dallı budaklı bir polisakkarit molekülüdür. Dalların herbiri ortalama olarak 24-30 glukoz ünitesine sahiptir. Omurgayı oluşturan zincirin glukozları arasındaki bağlantı α 1-4, dallanma noktalarındaki bağlantı α 1-6 şeklindedir (Şekil 2.19, 2.20, 2.21)

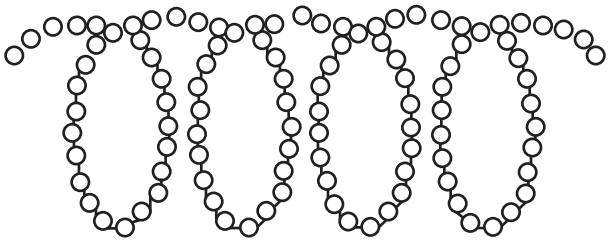
Şekil 2.19

Nişasta Molekülü, Düz Kısımlarda a.1-4, dallanma noktalarında a.1-6 Glikozidik Bağlar Vardır

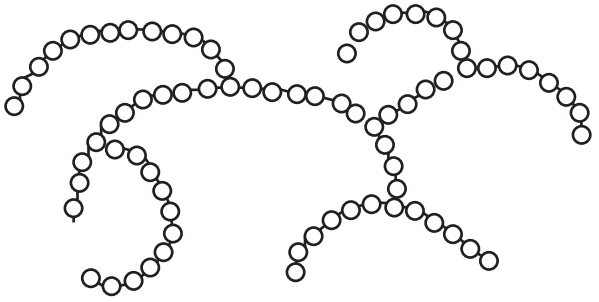


Şekil 2.20

Amilozun Helezonik Görünümü



Şekil 2.21



Amilopektinin Dallanmış Görünümü

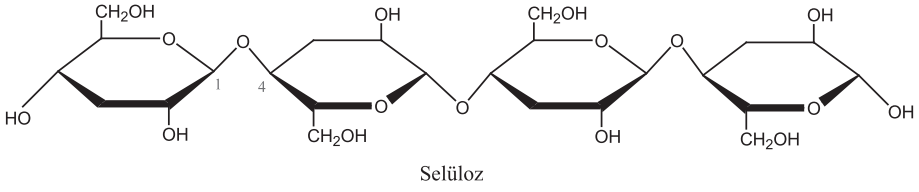
Nişasta molekülleri başlıca üç enzim tarafından hidrolize edilerek D-glukoz birimlerine ayrılırlar. α amilaz tükürükte ve pankreas salgısında, β amilaz bazı bitki dokularında bulunur.

Gerek nişasta gerekse parçalanma ürünleri iyot çözeltisi ile karakteristik renkler verirler. Amiloz mavi-siyah, amilopektin mor-kırmızı, akrodekstrin gibi daha küçük moleküllü dekstrinler renksiz çözeltiler verirler.

Glikojen: Bitki hücrelerindeki nişastaya karşılık, hayvansal hücrelerin başlıca depo polisakkaridi glikojendir. Özellikle karaciğerde depo edilir. Kasta ve daha az olarak diğer dokularda da bulunur. α.glukoz birimlerinden oluşur. Çok dallı yapıdadır. Yapısında α 1-4 ve α 1-6 bağlar bulunur. İyot çözeltisi ile kahverengi kırmızı bazen mor renk verir. Gastrointestinal sindirimi nişasta gibi hidrolitiktir. Organizma içinde depo edilmiş glikojenin parçalanması ise fosforolitiktir.

Selüloz: Bitkilerin en önemli yapı maddesidir. Doğada en yaygın organik bileşik selülozdur. β 1-4 bağları ile bağlanmış glukoz birimlerinden kurulu bir zincir biçimindedir (Şekil 2.22). Asitlerle tam hidrolizde β glukozlar, kısmi hidrolizde sellobioz disakkaridi serbest kalır. İyot çözeltisi ile tepkime vermez. Hayvanların bağırsaklarında selülozu yıkan bir enzim olmamakla birlikte otçulların bağırsaklarında yaşayan bakteriler selülozu parçalar ve kullanımını sağlarlar.

Şekil 2.22



Selüloz Molekülü

İnulin: Bitki kök ve yumrularında bulunur. İyotla renk vermez. Asitle hidrolizde D-fruktoz birimlerine parçalanır. Fruktoz üretimi için kullanılır.

Kitin: Eklem bacaklılarda dış iskelet yapı maddesidir. Yengeç ve ıstakoz gibi kabukluların, böceklerin dış iskeletlerinden başka göz mercekleri, tendoları, sindirim, solunum ve boşaltım sistemlerinin önemli bir öğesini oluşturur.

Dekstran: Leuconostoc mesenteroides ve bazı mikroorganizmaların sakkaroz üzerine etkileri sonucu meydana gelir. Dekstranlar hekimlikte plazma yerini tutan ya da plazma hacmini genişleten maddeler olarak şok gibi durumlarda kullanılırlar.

Diğer Homopolisakkaritler: Bunlar arasında galaktoz ünitelerinden oluşan galaktanlar, mannoz ünitelerinden oluşan mannanlar, pentoz ünitelerinden oluşan pentanlar sayılabilir. Galaktanlardan Agar-agar doğada deniz yosunlarından elde edilir. Bakteriyolojide kültür vasatlarının hazırlanmasında kullanılır. Mannanlar, keçiboynuzunda, hindistan cevizinde, mayada, mantarda ve bakterilerde bulunur.

SIRA SİZDE 3 **Nişastanın yapısı nasıldır?**

Heteropolisakkaritler

Farklı monosakkaritler, monosakkarit türevleri ve bazı gruplardan meydana gelmişlerdir. Mukopolisakkaritler asidik özelliktedirler, yapılarında karbonhidrat ve protein kısmı bulunur ve bu iki kısım birbirine iyonik bağ ile bağlanmıştır. Bu maddelerin karbonhidrat kısmında mutlaka uronik asit bulunmaktadır. Ayrıca amino şekerler, sülfat veya asetil grupları da yer alabilir.

Hyaluronikasit: Mukopolisakkarittir. Glukuronikasit ve N-asetilglukozaminden kurulmuştur. Bağ doku ve başka dokuların jel benzeri maddesine katılır. Hücre örtülerinde ve konnektif dokuların ekstrasellüler temel maddesinde bulunur. Gözün cam tabakasında ve eklemlerdeki sinoviyal sıvıda da vardır. Eklem yüzeylerinin ıslak ve kaygan kalmasını sağlar. Dokularda metabolizma maddelerinin geçmesini sağlayan ancak bakteriler ve başka infeksiyon etkenlerini geçirmeyen bir set oluşturduğu için önem taşır. Hyaluronidaz enzimi tarafından parçalanır.

Heparin: Kanın pıhtılaşmasını önleyici bir asit mukopolisakkaritdir. Karaciğer, akciğer, timüs, dalak ve kanda bulunur. D-glukuronik asit ve D-glikozamin birimlerinden kuruludur. Amino ve bazı hidroksil grupları sülfürik asitle esterleşmiştir.

Kondroitin: Memelilerin çeşitli dokularında proteinlerle birleşmiş durumda bulunan polisakkarittir. Hyaluronik asitten tek farkı glukozamin yerine N-asetil galaktozamin ihtiva etmesidir. Bunun sülfatlı türevleri ise, hücre örtüleri, kıkırdak, kemik, kornea ve konnektif doku yapılarının başlıca bileşenlerini oluştururlar.

Kondroitin sülfat A - Kıkırdak, kemik ve korneada
Kondroitin sülfat B - Deri ve kalp kapakçıklarında
Kondroitin sülfat C - Kıkırdak ve tendolarda bulunur.

A ve C	D -glukuronik asit + N- asetil galaktozamin + H_2SO_4
B	İduronik asit + N-asetil galaktozamin + H_2SO_4

Kan grubu maddeleri: Eritrosit, tükürük, mide mükozu, kist sıvıları, yeni doğanların dışkısında (mekonyum) bulunur. D-glikozamin ya da D-galaktozamin ile basit bir şekerden oluşurlar. Kan grubu maddeleri proteinlerle birleştiklerinde A, B, O (=H), Rh vb. eritrosit antijenlerini oluşturur. Kan gruplarının farklılaşmasını sağlarlar.

Diğer Heteropolisakkaritler: Arap zamkı bitkisel bir polisakkarittir, galaktoz, arabinoz, ramnoz ve glukuronik asit içerir. Pektinler, turunçgillerin meyvalarında, elma, pancar ve havuçta hücre duvarlarında selüloz ile birleşmiş haldedirler. Meyve ve konserve sanayinde çok kullanılırlar.

Glikoproteinler

Karbonhidrat grupları polipeptit zincirine kovalent olarak bağlıdır. Proteinlerdeki karbonhidrat oranı % 1'den daha azdan, % 80'e kadar değişir. Karbonhidrat taşıyan proteinlerde molekülün karbonhidrat bölümünü galaktoz ve mannoz (heksozlar), glikozamin ve galaktozamin (heksozaminler) ve sialik asit (N-asetil nöyraminik asit) oluşturur. % 4'den fazla karbonhidrat kapsayan proteinlere mukoprotein, düşük olanlara glikoprotein denebilir. Yüksek oranda karbonhidrat kapsayan glikoproteinlere proteoglikanlar denir.

Özet

Karbonhidratları tanımlayıp sınıflarını açıklamak.
Karbonhidratlar doğada yaygın olarak bulunurlar. Karbonhidratların bileşiminde bulunan C, H ve O atomları molekül içinde aldehit veya keton, birincil (pirmer) ve ikincil (sekonder) alkol grupları içinde yer alırlar. Genel olarak $C_n(H_2O)_n$ formülü ile gösterilirler. Bu formüldekilere ek olarak N ve S de içermeleri ve farklı türevlerinin olması nedeniyle, polihidroksialkollerin aldehit veya ketonlu türevleri, bunların polimerleri, oksidasyon, redüksiyon, substitüsyon ürünleri ile sülfatlı ve fosfatlı esterleri şeklinde tanımlanırlar. Karbonhidratlar: monosakkaritler, disakkarit ve oligosakkaritler, polisakkaritler olmak üzere üç grup altında incelenirler.

Monosakkaritlerin yapısını açıklamak.
Hidrolize edildiklerinde daha basit moleküllere ayrılmazlar. Karbonil grubu olarak aldehit grubu içerenlere aldoz, keton grubu içerenlere ketoz denir. Karbon sayılarına göre de üç, dört, beş ve altı karbonlular sırasıyla trioz, tetroz, pentoz, heksoz olarak adlandırılır. Gliseraldehit, dihidroksiaseton, riboz, glukoz ve fruktoz örnek olarak verilebilir. Tek bir karbon atomu etrafındaki diziliş bakımından farklı olan şekerlere epimer şekerler denir. Monosakkaritlerin yapılarında bulunan asimetrik karbon atomu sayısına göre farklı sayıda izomerleri vardır. Asimetrik karbon atomu bulunan monosakkaritler optikçe aktif maddelerdir ve polarize ışığı sağa veya sola çevirirler. D veya L formunda bulunabilirler. Biyolojik önemi olan monosakkaritler büyük oranda D formundadır ve polarize ışığı sağa çevirirler. Sulu çözeltilerde hemiasetal veya hemiketal yapı oluşturarak halkasal formda bulunurlar. Bunlar piranoz veya furanoz şeklindedir. Bu yapıya bağlı olarak α ve β anomerler oluşur.

Monosakkaritlerin türevlerini tanımak.
Monosakkaritlerin redüksiyonu ile şeker alkolleri, oksidasyonu ile şeker asitleri oluşur. Gliseraldehit ve dihidroksiasetonun redüksiyonu ile oluşan gliserol şeker alkollerine, glukozun birincil alkol grubunun oksidasyonu ile oluşan glukuronik asit şeker asitlerine örnektir. Deoksiriboz DNA'nın yapısında bulunan bir deoksişekerdir. Glikozamin ve galaktozamin önemli amino şekerlerdir. Glikozitler tıpta yararlanılan bileşikler arasında yer almaktadır. Monosakkaritlerin fosforik asit esterleri metabolik reaksiyonlar yönünden önem taşımaktadır.

Disakkaritlerin yapısı ve çeşitlerini açıklamak.
İki monosakkaridin glikozidik bağla birleşmeleriyle meydana gelirler. Maltoz, laktoz sakkaroz önemli disakkaritlerdir. Maltoz glukozlardan, laktoz glukoz ve galaktozdan, sakkaroz ise glukoz ve fruktozdan oluşmuştur.

Önemli polisakkaritleri açıklamak.
Birçok monosakkaridin birleşmesiyle oluşmuşlardır. Hayvan hücrelerinde glikojen, bitkilerde nişasta ve selüloz önemli polisakkaritlerdir.

Kendimizi Sınayalım

1. Karbonhidratların **temel** ünitesi aşağıdakilerden hangisidir?
a. Aminoasit
b. Gliserol
c. Monosakkarit
d. Yağ asidi
e. Nükleotid

2. Aldehit grubu taşıyan monosakkaritlere ne ad verilir?
a. Aldoz
b. Protein
c. Ketoz
d. Nükleotid
e. Gliserol

3. Aşağıdakilerden hangisi ketozdur?
a. Mannoz
b. Gliseraldehit
c. Riboz
d. Ksiluloz
e. Glukoz

4. Aşağıdakilerden hangisi bir aldoheksozdur?
a. Galaktoz
b. Fruktoz
c. Gliseraldehit
d. Riboz
e. Eritroz

5. Aşağıdakilerden hangisinin asimetrik karbon atomu **yoktur?**
a. Gliserol
b. Glukoz
c. Dihidroksiaseton
d. Fruktoz
e. Riboz

6. Asimetrik karbon atomu 4 olan bir monosakkaridin kaç adet izomeri vardır?
a. 4
b. 8
c. 12
d. 16
e. 64

7. Laktoz hangi monosakkaritlerden oluşmuştur?
a. Galaktoz-Glukoz
b. Glukoz-Fruktoz
c. Mannoz-Galaktoz
d. Glukoz-Glukoz
e. Mannoz-Glukoz

8. Sakkarozun yapısında hangi monosakkaritler bulunur?
a. Glukoz-Galaktoz
b. Glukoz-Fruktoz
c. Mannoz-Glukoz
d. Glukoz-Glukoz
e. Galaktoz-Mannoz

9. Aşağıdakilerden hangisi bitkilerde destek maddesi olarak bulunan polisakkarittir?
a. Glikojen
b. Sakkaroz
c. Fruktoz
d. Selüloz
e. Kitin

10. Aşağıdakilerden hangisi hayvansal hücrelerin depo polisakkaritidir?
a. Nişasta
b. Selüloz
c. Glikojen
d. Laktoz
e. Dekstrin

Kendimizi Sınayalım Yanıt Anahtarı

1. c	Yanıtınız yanlış ise "Karbonhidratların Sınıflandırılması" konusunu tekrar gözden geçiriniz
2. a	Yanıtınız yanlış ise "Monosakkaritlerin İsimlendirilmeleri" konusunu tekrar gözden geçiriniz
3. d	Yanıtınız yanlış ise "Monosakkaritlerin İsimlendirilmeleri" konusunu tekrar gözden geçiriniz
4. a	Yanıtınız yanlış ise "Monosakkaritlerin İsimlendirilmeleri" konusunu tekrar gözden geçiriniz
5. c	Yanıtınız yanlış ise "Asimetrik Karbon Atomu" konusunu tekrar gözden geçiriniz
6. d	Yanıtınız yanlış ise "Asimetrik Karbon Atomu" konusunu tekrar gözden geçiriniz
7. a	Yanıtınız yanlış ise "Disakkaritler" konusunu tekrar gözden geçiriniz
8. b	Yanıtınız yanlış ise "Disakkaritler" konusunu tekrar gözden geçiriniz
9. d	Yanıtınız yanlış ise "Polisakkaritler" konusunu tekrar gözden geçiriniz
10. c	Yanıtınız yanlış ise "Polisakkaritler" konusunu tekrar gözden geçiriniz.

Sıra Sizde Yanıt Anahtarı

Sıra Sizde 1

Metabolizmada önemli pentozlar riboz ve deoksiribozdur. Nükleotidlerin, nükleik asitlerin ve birçok koenzimin yapısında bulunmaları yönünden önemlidirler. Riboz RNA' (ribonükleik asit) nın, deoksiriboz DNA' (deoksiribonükleik asit) nın yapısında yer almaktadır.

Sıra Sizde 2

Maltoz, laktoz ve sellobioz indirgen özelliğe sahip disakkaritlerdir. Maltoz tip bağla bağlanmışlarıdır. Bu tip bağlanmada bir monosakkaridin karbonil grubu ile diğer monosakkaridin alkol gruplarından biri bağlanmıştır. Serbest karbonil grubu bulunduğundan indirgendirler. Sakkaroz ise indirgen değildir. Her iki monosakkaridin de karbonil gruplarının bağlandığı trehaloz tip bağlanmaya sahiptir. Serbest karbonil grubu yoktur.

Sıra Sizde 3

Nişasta sadece glukoz birimleri içeren bir homopolisakkarittir. Amiloz ve amilopektin olmak üzere iki kısımdan oluşmuştur. Amilozda glukozlar α 1-4 glikozidik bağlarla bağlanarak düz zincir yapı oluşturmuştur ve bu zincir kendi etrafında kıvrılmıştır. Amilopektin dallanmış bir yapıdadır ve bu dallanma bölgelerinde α 1-6 glikozidik bağlar vardır.

Yararlanılan Kaynaklar

Ası T. (1996). **Tablolarla Biyokimya**, İstanbul.
Bingöl G. (1975). **Karbonhidratlar**, Ankara.
Kaya N. (1993). **Biyokimya**, Erzurum.
Kutlu M., Sümer S. (2009), **Genel Biyokimya**, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
Lehninger A.L., Nelson D.L., Cox M.M. (1993). **Principles of Biochemistry**, NY, USA.
Mengi A. (1991). **Biyokimya**, İstanbul.
Sözbilir Bayşu N., Bayşu N. (2008). **Biyokimya**, Ankara.

3

Amaçlarımız

Bu üniteyi tamamladıktan sonra;

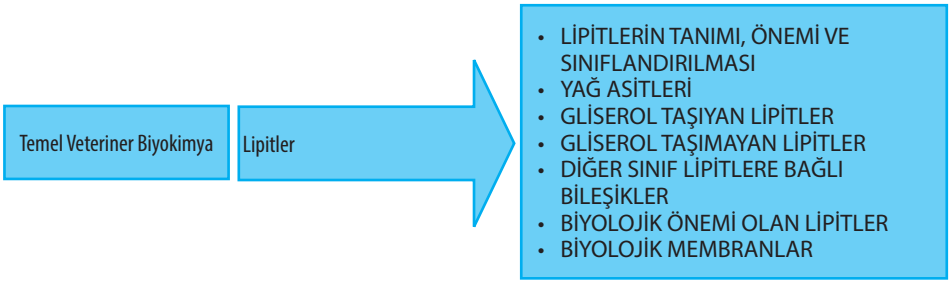
- Lipitlerin anlamını, önemini ve sınıflandırılmasını açıklayabilecek,
- Lipitlerin özelliklerini tanımlayabilecek,
- Yağ asitleri, gliserol taşıyan ve taşımayan lipitleri açıklayabilecek,
- Diğer sınıf bileşiklere bağlı lipitleri, biyolojik önemi olan lipitleri ve biyolojik membranları tanımlayabilecek

bilgi ve beceriler kazanabileceksiniz.

Anahtar Kavramlar

- Lipit
- Yağ Asidi
- Gliserol
- Sfingozin Alkol

İçindekiler



Lipitler

LİPİTLERİN TANIMI, ÖNEMİ VE SINIFLANDIRILMASI

Karbonhidrat ve proteinler gibi lipitleri tanımlamak kolay değildir. Çünkü çok değişik yapıda molekül lipit sınıfına girebilir. Karbonhidratların yapı taşı monosakkaritler, proteinlerin ise aminoasitlerdir. Fakat lipitlerin bu kapsamda bir yapı taşı yoktur. Sadece lipitler için ortak nokta yağ asitleridir. Bütün lipitler yağ asitleri taşımazlar ama bu sınıftan kabul edilebilmeleri için yağ asitleriyle esterleşebilir karakterde olmaları gereklidir. Esterleşme, karboksilli asitlerle alkollerin etkileşmesi sonucu oluşan bileşiklerdir. Genel olarak suda çözünmeyen, eter, kloroform ve benzen gibi çözücülerde çözünen organik moleküllere lipit adı verilir. Kimyasal yapılarında karbon, hidrojen ve oksijen atomlarının yanı sıra, daha az miktarda fosfor, azot ve kükürt bulunabilir. Lipitler organizmaya büyük oranda dışarıdan alınır. Fakat az bir kısmı da metabolizmada sentezlenebilir.

Lipidler;

Suda erimezler, eter ve kloroform gibi yağ eriticilerinde erirler.

Lipitlerin dağılımı çeşitli hayvansal dokularda farklılık gösterir. Örneğin sperma, yumurta ve beyin dokusunda % 7,5-30 ve lipit depo dokularında % 90 oranında bulunurlar.

Lipitler canlı organizmalarda önemli depo ve yapısal fonksiyonlara sahiptirler. Lipitler, karbonhidrat ve proteinlerle birlikte doğa ve organizmada bulunan önemli bir organik gruptur. Besinlerle alınan diğer enerji veren moleküllerin, özellikle karbonhidratların fazlası yağlara çevrilerek depo edilir. Bir gram lipidin enerji değeri 9 kCal/g iken karbonhidratlar için bu değer 4,5 kCal/g'dır. Hücre ve sitoplazmik organellerin membranlarının % 50'si lipitlerden oluşmaktadır. Bazı vitamin ve hormonların biyosentezinde lipitler **prekürsör** olarak gereklidir. Yine bazı enzimler, aktivite göstermeleri için lipitlere ihtiyaç duyarlar. Ayrıca yağda eriyen vitaminlerin hedef doku ve organlara taşınması için lipitler gereklidir. Mitokondriada elektron taşıma işlevine yardımcı olurlar. Bütün hücrelerde iletişim, tanıma ve bağışıklık olaylarında lipitlerin önemli rolü vardır.

Prekürsör: Ana maddeyi oluşturan öncü madde

Lipitlerin Sınıflandırılması

1. Yağ Asitleri
2. Gliserol Taşıyan Lipitler
   - Nötral Yağlar
   - Fosfogliseritler
3. Gliserol Taşımayan Lipitler
   - Sfingolipitler
   - Alifatik Alkol ve Mumlar
   - Terpenler
   - Steroidler
4. Diğer Sınıf Bileşiklere Bağlı Lipitler
   - Lipoproteinler
   - Proteolipitler
   - Lipopolisakkaritler
5. Biyolojik Önemi Olan Lipitler
   - Eikozonoidler
   - Lizofosfogliseritler

YAĞ ASİTLERİ

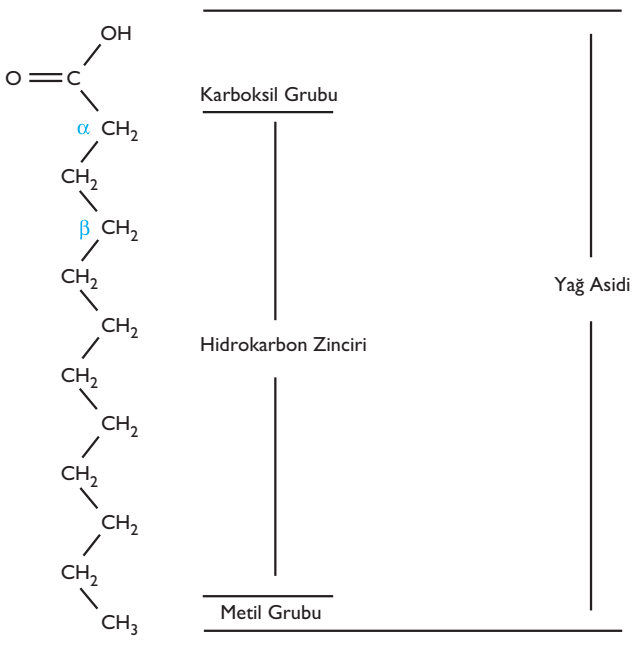
Doğada bulunan yağ asitleri düz zincirlidirler ve genellikle çift sayıda karbon atomu taşırlar. Ancak tek sayıda karbon atomu taşıyan yağ asitleri de vardır. Karbon sayıları 2-34 arasındadır. Yağ asitleri monokarboksilik asitlerdir. Yani yapıda tekbir —COOH (karboksil) grubu vardır. Yağ asitlerinin genel formülü R—COOH şeklinde gösterilmektedir. Burada R harfi molekülden moleküle değişebilir. Bütün yağ asitleri bir ucunda metil grubu (CH_3), orta kısmında uzun hidrokarbon zinciri (CH_2) ve diğer ucunda karboksil (COOH) grubu taşır (Şekil 3.1).

Yağ asitleri şu üç özelliğe sahiptirler:

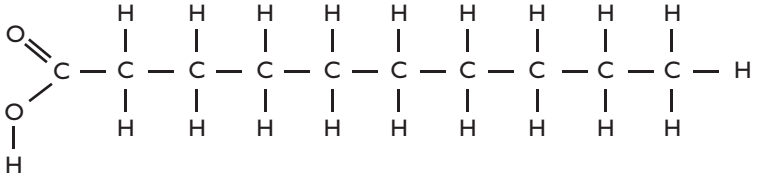
- Çoğu düz zincirli yapıya sahip olan, monokarboksilik hidrokarbon kalıntılarından oluşmuştur.
- Karbon atomları sayıları çoğunlukla çift sayıdadır.
- Doyurulabilirler veya bir ya da daha fazla doymamış bağ taşırlar.

Şekil 3.1

Yağ Asidinin Yapısı



Yağ asitleri doymuş ve doymamış yağ asitleri olarak ikiye ayrılırlar. Doymuş yağ asitleri, yapılarında çift bağ içermezler ve erime noktaları yüksektir (Şekil 3.2, Tablo 3.1). En basit doymuş yağ asidi iki karbonlu asetik asittir. Bu grupta yer alan asetik asit, propiyonik asit ve butirik aside *"uçucu yağ asitleri"* adı da verilmektedir. Bu moleküller özellikle koyun, keçi ve inek gibi hayvanların metabolizmalarında önemli yer tutarlar. Hayvansal yağlarda en çok bulunan yağ asitleri 16 karbonlu palmitik asit ve 18 karbonlu stearik asittir.



Şekil 3.2
Doymuş Yağ Asitlerinin Kimyasal Yapısı

Tablo 3.1
Doymuş yağ asitleri

Adı	Kapalı Formül	Yapısal Formül
Asetik Asit	$C_2H_4O_2$	$CH_3—COOH$
Propiyonik Asit	$C_3H_6O_2$	$CH_3—CH_2—COOH$
Butirik Asit	$C_4H_8O_2$	$CH_3—(CH_2)_2—COOH$
Kaproik Asit	$C_6H_{12}O_2$	$CH_3—(CH_2)_4—COOH$
Kaprilik Asit	$C_8H_{16}O_2$	$CH_3—(CH_2)_6—COOH$
Kaprik Asit	$C_{10}H_{20}O_2$	$CH_3—(CH_2)_8—COOH$
Laurik Asit	$C_{12}H_{24}O_2$	$CH_3—(CH_2)_{10}—COOH$
Miristik Asit	$C_{14}H_{28}O_2$	$CH_3—(CH_2)_{12}—COOH$
Palmitik Asit	$C_{16}H_{32}O_2$	$CH_3—(CH_2)_{14}—COOH$
Stearik Asit	$C_{18}H_{36}O_2$	$CH_3—(CH_2)_{16}—COOH$
Arahidik Asit	$C_{20}H_{40}O_2$	$CH_3—(CH_2)_{18}—COOH$
Lignoserik Asit	$C_{24}H_{48}O_2$	$CH_3—(CH_2)_{22}—COOH$
Serotik Asit	$C_{26}H_{52}O_2$	$CH_3—(CH_2)_{24}—COOH$

Uçucu yağ asitlerinin önemi nedir?

SIRA SİZDE 1

Doymamış yağ asitleri, yüksek organizmalı bitkiler ile düşük ısılarda yaşayan hayvanlarda fazla bulunur. Kimyasal yapılarında bir veya birden fazla çift bağ içerirler (Şekil 3.3). Tamamı oda ısısında sıvıdır. Bu gruba giren linoleik, linolenik ve arahidonik asitler insanlar için dışarıdan besinlerle alınması zorunlu olan yağ asitlerindendir. Bu moleküllerin eksikliğinde büyümede yavaşlama, **dermatitis** ve

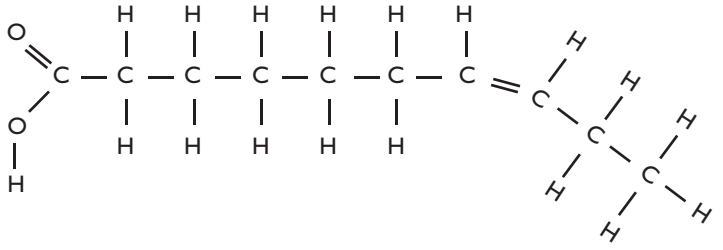
Dermatitis: Deri iltihabı veya yangısı

Hematüri: İdrarda kan görülmesi

hematüri görülür. Doymamış yağ asitlerinin hayvansal dokularda en fazla bulunanı 16 karbonlu ve bir çift bağa sahip olan palmitoleik asit ve 18 karbonlu ve bir çift bağa sahip olan oleik asittir. Oleik asit doğada en fazla bulunan doymamış yağ asididir. Başlıca doymamış yağ asitleri, çift bağ sayıları ve formülleri Tablo 3.2'de görülmektedir.

Şekil 3.3

Doymamış Yağ Asitlerinin Kimyasal Yapısı



Tablo 3.2
Doymamış yağ asitleri

Adı	C Sayısı	Çift Bağ Sayısı	Formülü
Palmitoleik Asit	16	1	CH3(CH2)5CH=CH(CH2)7COOH
Oleik Asit	18	1	CH3(CH2)7CH=CH(CH2)7COOH
Linoleik Asit	18	2	CH3(CH2)4CH=CHCH2CH=CH(CH2)7COOH
Linolenik Asit	18	3	CH3CH2CH=CHCH2CH=CHCH2CH=CH (CH2)7COOH
Arahidonik Asit	20	4	CH3(CH2)4CH=CHCH2CH=CHCH2CH= CHCH2CH= CH(CH2)3COOH

Yağ Asitlerinin Fiziksel Özellikleri

Yağ asitlerinin fiziksel özellikleri karbon zincirinin uzunluğuna ve moleküldeki çift bağın sayısına bağlıdır. Karbon sayısı 10'a kadar olan bütün doymuş yağ asitleri oda ısısında sıvı ve uçucudur. Daha fazla sayıda karbon atomuna sahip olanlar vücut sıcaklığında katıdır. Yağ asitlerinin zincir uzunluğu ve molekül ağırlığı arttıkça erime noktaları yükselir ve uçuculukları azalır. Bilinen bütün doymamış yağ asitleri oda ısısında sıvıdır, suda erimez ve uçucu değillerdir. Doymamış yağ asitleri taşıdıkları çift bağlar sayesinde yüksek reaksiyon yeteneğine sahiptir.

Yağ Asitlerinin Kimyasal Özellikleri

Tuz Oluşumu

Altı karbondan yüksek yağ asitlerinin metallerle yaptıkları tuzlara *"sabun"* denir. Sodyum ve potasyum sabunları suda erirler. Ancak diğer metallerin tuzları (sabunları) genellikle erimezler ve temizleyici değillerdir. Potasyum sabunları sodyum sabunlarından daha fazla yumuşaktır ve daha çabuk erirler. Doymamış yağ asitlerinin verdiği sabunlar doymuş olanlara oranla suda ve alkolde daha fazla erir.

Deterjanlar da yağ asitlerinin tuzlarıdır. Deterjanlar yapılarında bulunan sülfürik asit esterlerinin kuvvetli asit olmaları ve bunların tuzlarının asit çözeltilerde parçalanmamaları nedeniyle üstün temizleyici maddelerdir.

DİKKAT

Deterjanlar sülfürik asit esteri olmaları nedeniyle yüksek temizleyici özelliğe sahiptirler, fakat yine bu özellikleri nedeniyle parçalanmazlar, doğada kalıntıya neden olurlar.

Ester Oluşumu

Yağ asitlerinin karboksil grupları ile alkollerin hidroksil grupları arasından su çıkışıyla birlikte, yağ asidi ve alkolün birbirine ester bağıyla bağlanması sonucu esterler oluşur. Esterleşme kendiliğinden yavaş, fakat ısı veya hidrojen iyonu varlığında hızlı olur. Örneğin; trigliseritlerin oluşumu. Bunlar, gliserolün yağ asidi ile yaptıkları esterlerdir.

Çift Bağlarla İlgili Reaksiyonlar

Doymamış yağ asitlerinin yapısında yer alan etilen bağı (-CH=CH-) yani çift bağlar kolaylıkla hidrojenle ya da halojenlerle doyurulabilir. Bu reaksiyon sonucunda doymamış yağ asidi doymuş hale geçer. Oleik asidin çift bağına hidrojen girmesi sonucu stearik asidin oluşması örnek olarak verilebilir.

Çift bağa hidrojen yerine halojenler adını verdiğimiz flor, klor, brom ve iyot gibi atomlar da girebilir. Örneğin, oleik asidin çift bağına Br_2 girmesiyle dibromostearik asit oluşur.

$$CH_3(CH_2)_7CH{=}CH(CH_2)_7COOH \xrightarrow{+Br_2} CH_3(CH_2)_7\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH}}-\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH}}(CH_2)_7COOH$$

Oleik Asit — Dibromostearik Asit

Üç veya daha fazla sayıda çift bağı bulunan yağ asitlerinin brom ile doyurulması sonucu meydana gelen türevleri, çözücülerin çoğunda çözünmez. Bu özellik, doymuş yağ asitlerinin ayrılmasında ve tanınmasında kullanılır.

Doymamış yağ asitlerinin moleküler oksijenle oksitlenmeleri ve çift bağlara O_2 girmesi ile çeşitli gruplar ortaya çıkar. Yani çift bağ oksidasyonla açılarak yeni ürünler oluşabilir. Acılaşma olarak da bilinen bu olayda yağda istenmeyen kötü tat, görünüm ve koku oluşturan bileşikler meydana gelir. Bu bileşiklere peroksit, epoksit, ketohidroksit gibi gruplar örnek olarak verilebilir.

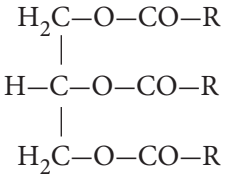
GLİSEROL TAŞIYAN LİPİTLER

Nötral Yağlar

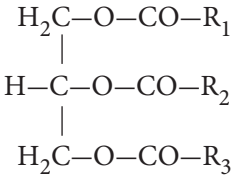
Nötral yağlar, lipitlerin en yaygın sınıfını oluştururlar. Özellikle bitkilerin tohumlarında, ceviz ve fındıkta bol miktarda bulunurlar. Nötral yağların üç önemli görevi vardır:

- Yedek besin maddesidirler.
- Vücuttan ısı kaybına karşı koruyucu (izolatör) etkiye sahiptirler.
- İç organların korunmasında rol alırlar.

Bu moleküller, yağ asitlerinin gliserol ile yaptıkları esterlerdir. Aynı zamanda gliserit olarak da isimlendirilirler. Gliserol tatlı, sıvı kıvamda üç değerlikli bir alkoldür. Yapılarındaki yağ asitleri aynı olan gliseritlere *"basit gliseritler"*, farklı olanlara ise *"karışık gliseritler"* adı verilmektedir. Bir gliseridin karışık gliserit olması için taşıdığı yağ asitlerinden en az ikisinin değişik olması gereklidir.

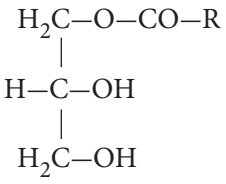


Basit Gliserit

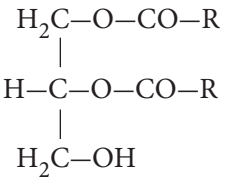


Karışık Gliserit

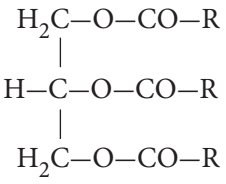
Yağ asidi, gliserolün bir alkol grubu ile esterleşirse *monogliserit;* iki alkol grubuyla esterleşirse *digliserit* ve üç alkol grubuyla esterleşirse *trigliserit* adını alır. Trigliseritler metabolik enerjinin depo şeklidirler. Birçok hayvan ve bitki hücresinin sitozolünde küçük mikroskobik yağ damlacıkları şeklinde bulunurlar. Çok soğuk iklim şartlarında yaşayan hayvanların deri altında toplandığı için iyi bir soğuktan koruyucudur.



Monogliserit



Digliserit



Trigliserit

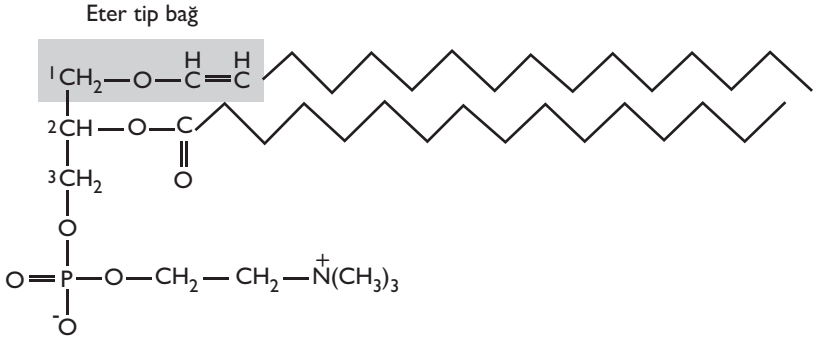
Fosfogliseritler

Gliserol ve esterleşmiş halde fosforik asit taşıyan lipitlere fosfogliseritler denir. Fosfatitler, difosfatidilgliseroller ve fosfatidilinozitoller olmak üzere üç alt gruba ayrılırlar.

Fosfatitler, gliserol fosfat türevi olup çoğu zaman azotlu bir baz (kolin, etanolamin) içermektedirler. Bunlara plazmalojenler, kefalinler ve lesitinler örnek olarak verilebilir. Plazmalojenler, beyin, kalp kası, yumurta ve karaciğerde bulunurlar. Özellikle insan santral sinir sisteminde gliserofosfolipitlerin % 23'ünü oluştururlar. Yapılarında gliserol, fosfat, etanolamin ve yüksek yağ asitlerinin aldehit şekli bulunmaktadır (Şekil 3.4).

Şekil 3.4

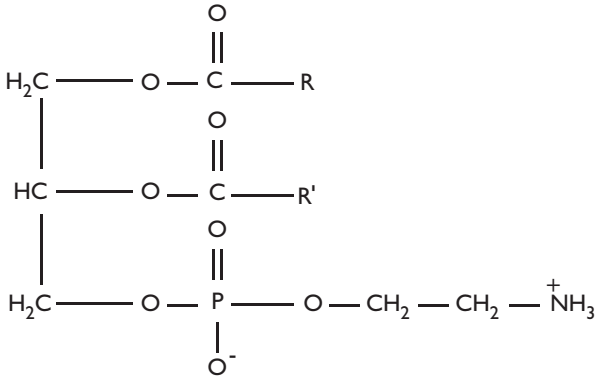
Plazmalojenlerin Kimyasal Yapısı



Kefalinlerin diğer ismi fosfatidiletanolamindir. Yapı taşları arasında gliserol, yağ asidi, fosfat ve etanolamin bulunmaktadır. Fosforik asidin —OH grubuna etanolamin (hidroksietilamin) bağlanmıştır. Fizyolojik pH'da iyonik halde bulunurlar. Kefalinler, başta beyin olmak üzere tüm vücut dokularında bulunurlar ve özellikle zarların yapısında yer alırlar. (Şekil 3.5).

Şekil 3.5

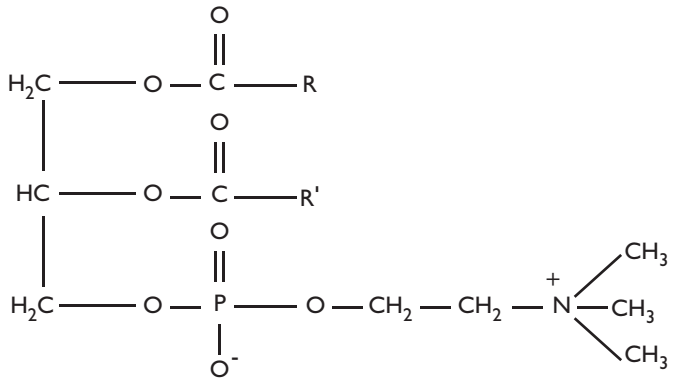
Kefalinlerin Kimyasal Yapısı



Fosfatitler sınıfında yer alan lesitinlere aynı zamanda fosfatidilkolin adı da verilmektedir. Yapı taşları gliserol, yağ asidi, fosfat ve kolindir. Fosforik asidin —OH grubuna kolin bağlanmıştır. Kolin kimyasal olarak azotlu bir bazdır. Yapılarındaki yağ asitleri doymuş veya doymamış olabilir. Lesitinin yapısındaki fosforik asit ortama asit karakterli H^+ iyonu verir. Kolin ise kuvvetli baz karakterli —OH grubu taşır. Lesitin, hem asit hem de baz grupları taşıdığı için zwitterion (iç tuz) özelliğe sahiptir (Şekil 3.6).

Şekil 3.6

Lesitinlerin Kimyasal Yapısı



Frengi Hastalığı: Cinsel yolla insanlara bulaşan bir hastalık

Difosfatidilgliserol bir molekül gliserol ve iki molekül fosfatidik asitten oluşmuştur. Özellikle **frenginin** serolojik teşhisinde yararlanılan ve kalp kasında bulunan moleküllerdir.

GLİSEROL TAŞIMAYAN LİPİTLER

Sfingolipitler

Bu grup moleküllerde gliserol yerine sfingozin alkol bulunur. Sfingozin alkol, 18 karbonlu, bir çift bağ ve bir amino grubu taşıyan moleküldür (Şekil 3.7). Bitki ve hayvan hücre zarının yapısal bileşenidirler.

Şekil 3.7

Sfingozin Alkolün Kimyasal Yapısı



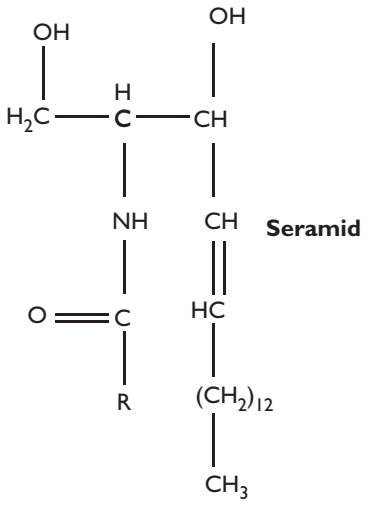
Sfingolipitleri seramidler, sfingomyelinler ve glikosfingolipitler olmak üzere üç alt gruba ayırabiliriz.

Seramidler

Seramidler, sfingozin alkolün amino azotuna bir yağ asidinin bağlanması sonucu oluşan en basit sfingolipitlerdir (Şekil 3.8). Bir seramid diğerinden taşıdığı yağ asidi ile ayrılır. İnsanların deri, saç ve tırnaklarında, atların ve sığırların tırnaklarında sülfür içeren bir seramid bulunmaktadır.

Şekil 3.8

Seramidlerin Yapısı



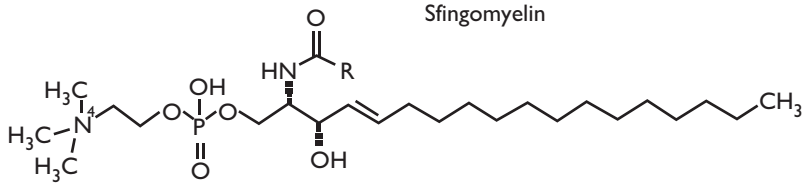
Sfingomyelinler

Sfingomyelinler, seramiddeki primer alkol grubuna fosforik asit üzerinden kolin bağlanmasıyla oluşmuş sfingolipitlerdir (Şekil 3.9). Sfingomyelinlerin yapısındaki yağ asidi türleri, sfingomyelinin bulunduğu yere göre değişir.

Sfingomyelinler, hayvan hücrelerinin plazma zarlarında, beyin ve sinir dokusunda bol miktarda bulunurlar. Sinir hücrelerini saran kılıf, iyi bir sfingomyelin kaynağıdır. Sfingomyelinler, az miktarda kan lipitlerinde de bulunurlar.

Şekil 3.9

Sfingomyelinin Yapısı

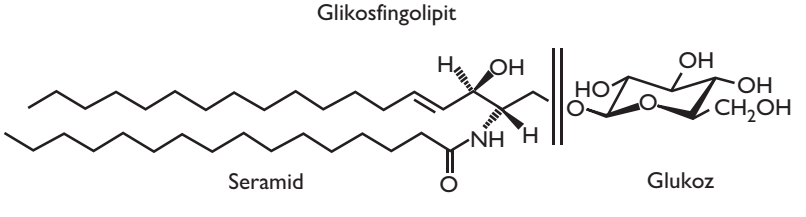


Glikosfingolipitler

Glikosfingolipitler, yapılarında gliserol ve fosfat bulunmayan, seramide bağlı olarak karbonhidrat içeren sfingolipitlerdir (Şekil 3.10). Bu grupta serebrositler, gangliositler ve seramid oligosakkaritler yer almaktadır.

Şekil 3.10

Glikosfingolipitlerin Yapısı



Serebrositler, seramide bağlı tek karbonhidrat ünitesi içeren sfingolipitlerdir. Bunlar bir mol sfingozin alkol, bir mol yağ asidi ve bir mol da karbonhidrat içerirler. Buradaki karbonhidrat genellikle galaktoz veya glukozdur. Serebrositler, beyin hücrelerinin zarlarında bulunurlar. Örneğin; galaktoserebrositler, sinir dokusunda bol bulunur ve myelin kılıf lipidin % 15'ini oluştururlar.

Gangliositler, seramide bağlı çok sayıda şeker ünitesi içeren kompleks sfingolipitlerdir. Daha çok sinirlerde ve dalakta yaygın olarak bulunurlar. Gangliositler, serebrositlerdeki galaktoza ek olarak birkaç molekül daha karbonhidrata sahiptirler. Bu karbonhidrat genellikle sialik asittir. Bu moleküller, hücrelerin birbiriyle olan ilişkilerini kontrol etmede ve haberleşmede görev almaktadırlar. Ayrıca **malignant** tümörlerin ilerlemesi esnasında gangliositlerde oluşan değişiklikler kanser teşhisinin konmasında yardımcı olmaktadır.

Malignant: Öldürücü seyir gösteren, kötü huylu

Seramid oligosakkaritler, seramide bağlı birden çok sayıda şeker ünitesi içeren sfingolipitlerdir. Seramid disakkarit, seramid trisakkarit gibi, seramide bağlı olan şeker ünitesi sayısına göre isimlendirilirler.

Alifatik Alkol ve Mumlar

Alifatik alkoller, özelleşmiş lipitlerde ester şeklinde bulunan düz zincirli yüksek alkollerdir. Mumlar, yüksek yağ asitlerinin bir hidroksilli yüksek alkollerle oluşturdukları esterlerdir. Omurgalıların deri bezlerinden salgılanan mumlar, deriye yumuşaklık, yağlılık ve su geçirmezlik gibi özellikler kazandırırlar. Saç, yün ve tüyler de mumsu yapılarla kaplıdırlar. Bunlara en iyi örnek, mirisil palmitattır. Mumlarda bulunan bazı alkol ve yağ asitleri Tablo 3.3'de gösterilmiştir.

Tablo 3.3 *Mumlarda bulunan bazı alkol ve yağ asitleri*

Alkoller	Yağ Asitleri
Lauril Alkol	Miristik Asit
Setil Alkol	Palmitik Asit
Seril Alkol	Serotik Asit
Mirisil Alkol	Melissik Asit

Terpenler

Yapısı izopren molekülünden oluşmuş moleküllerdir. İnaktif ve aktif olmak üzere iki izopren yapısı söz konusudur. Aktif olanı dehidre izoprendir. İzopren molekülünde bulunan iki çift bağ konjugedir. Yani iki çift bağ arasında yalnız bir tek bağ bulunur. Böyle konjuge moleküller, yüksek reaksiyon yeteneğine sahiptirler. Başka moleküllerle birleşebildikleri gibi kendi aralarında da birleşebilirler. Bu şekilde aynı maddenin moleküllerinin kendi aralarında birleşmelerine "polimerizasyon" adı verilir.

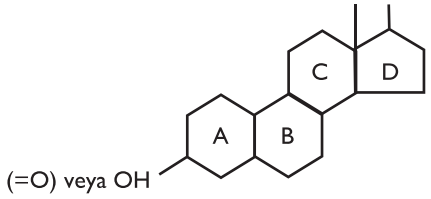
Birçok bileşik, beş karbonlu izopren moleküllerinin birbirine bağlanmasıyla oluşur. Böyle bileşiklere *"terpenler"* adı verilir. Terpenler grubunun en önemli maddelerinden biri karotinoidlerdir. Renkleri açık sarıdan kırmızı menekşeye kadar değişir. Bu renkleri veren yapılarındaki çift bağlardır. Birçok doğal yağa ve doku lipitlerine sarı rengini karotinoidler verir. Örneğin, vitamin A'nın ön maddesi yani provitamini bu grupta yer alan karotenlerdir.

Steroidler

Yapılarında steran halkası bulunan ve isimleri latince *"katı"* anlamına gelen *"steros"* kelimesinden türemiş lipitlere steroidler adı verilmektedir. Steroidlerin yapısında üç tane altı karbonlu ve bir tane beş karbonlu halkası bulunmakta olup bu yapıya aynı zamanda *steran* halkası adı da verilmektedir. Steroidler membranda bulunan üçüncü ve en önemli lipit bileşiğidir (Şekil 3.11).

Şekil 3.11

Steroid Çekirdeğin Yapısı



Steroidlerin tümünün 3. karbonunda hidroksil (—OH) veya keto (=O) grubu bulunmaktadır. Bu halka yapısına sahip beş grup bulunmaktadır:

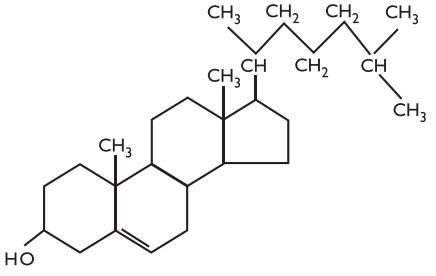
- Sterinler
- D vitaminleri
- Adrenal korteks hormonları
- Cinsiyet hormonları
- Safra asitleri

Sterinler, bir steran halkası ile 3 no'lu karbonlarında —OH grubuna ve 17 no'lu karbonlarında bir yan zincire sahiptirler. Bu gruba en iyi örnek, hayvansal dokularda bulunan kolesteroldür. **Antihemolitik** etkiye sahiptir. Beyin, sinir dokusu ve adrenal bezlerde bol bulunur. Hücre membranının yapısına girerek membrana sertlik verir (Şekil 3.12).

Antihemolitik etki:
Eritrositlerin büyük boyutlarda yıkımının önlenmesi

Şekil 3.12

Kolesterolün Yapısı



Kolesterol oksitlendiği zaman deride bulunan 7-dehidrokolesterol meydana gelir. Bu molekül, vitamin D_3'ün ön maddesidir. Güneş ışığının etkisiyle deride ve daha sonra karaciğer ile böbrekte gerçekleşen reaksiyonların sonucunda vitamin D haline dönüşür. Yine bitkilerde bulunan vitamin D_2'nin öncü molekülü ergosterol de sterinler grubuna giren bir steran molekülüdür.

Vitamin D_3'ün oluşumu ile ilgili olarak bu kitabın Vitaminler ünitesine bakınız.

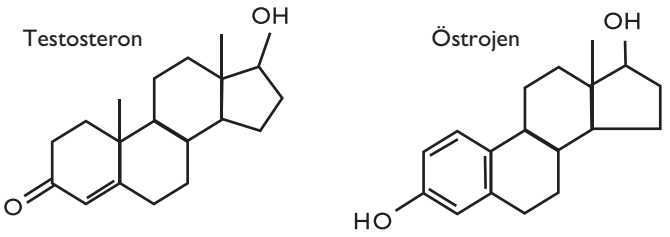
DİKKAT

Adrenal korteksten birçok steroid izole edilmiştir. Adrenal kortekste sentezlenen mineralokortikosteroidler, inorganik iyonların (Na^+ ve Cl^-) böbreklerden geri emilmelerinde, glukokortikoidler ise protein ve karbonhidrat metabolizmalarında rol oynamaktadırlar. Bu steroidlere örnek olarak aldosteron ve kortizol verilebilir.

Cinsiyet hormonları arasında androjen ve östrojenler bulunur. Androjenler, erkek cinsiyet hormonları olup 19 karbonlu steroidlerdir. Testislerden salgılanan testosteron buna bir örnektir. Östrojenler ise 17 karbonlu steroid çekirdeğe sahiptir. Örnek olarak ovaryumlardan salgılanan östrojen verilebilir (Şekil 3.13).

Şekil 3.13

Testosteron ve Östrojenin Yapısı



Safra asitleri, 24 karbonlu steroidlerdir. Yapılarında, steroid çekirdeğe bağlı bir veya birden fazla —OH grubu ve buna ek olarak beş karbonlu yan zincirlerinde bir —COOH grubu bulunmaktadır. Safra asitlerinin yapılarının büyük bir kısmı polar, az bir kısmı da apolar yapıdadır. Safra asitleri yüzey gerilimini azaltıcı özelliğe sahiptirler. Bu özelliklerinden dolayı safra asitleri tuzları, suda erimeyen kolesterolü, yağları, yağda eriyen vitaminleri ve fosfatitleri emülsiyon haline getirerek emilmelerini kolaylaştırırlar. Günde 5-10 g kadar safra bağırsaklara geçerek sindirime karışır. Bağırsaklardaki safranın bir kısmı emilerek kan dolaşımı yoluyla tekrar karaciğere gelir ve oradan yine bağırsaklara geçer. Bu olaya *"enterohepatik dolaşım"* adı verilir.

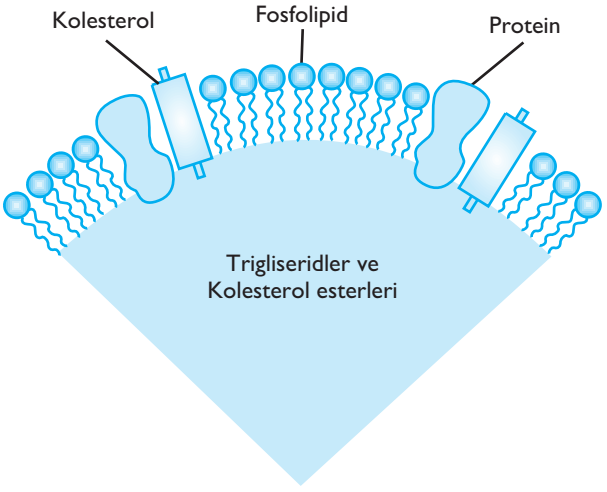
DİĞER SINIF BİLEŞİKLERE BAĞLI LİPİTLER

Lipoproteinler

Spesifik olarak protein ve lipitlerin moleküler kompleksleridirler. Lipitler plazmada lipoproteinler şeklinde taşınırlar. Lipoproteinler, lipitleri plazmada taşırken çözünür tutmak ve kendi lipit içeriklerini dokulara verebilmek için etkili bir mekanizmayla çalışırlar. Lipoproteinleri oluşturan moleküllerin içerikleri ve oranları birbirinden farklıdır (Tablo 3.4). Lipoprotein partikülleri küre şeklindedir. Merkezde trigliseritlerin ve kolesterol esterlerinin hidrofobik lifleri, dış yüzde ise protein, fosfolipit ve kolesterolün hidrofilik kısımları yer alır (Şekil 3.14).

Bileşimleri (%)	Şilomikron	VLDL	LDL	HDL
Protein	1-2	10	25	33
Trigliserit	83	50	10	8
Kolesterol	1	7	8	2
Kolesterol Esterleri	3	12	37	15
Fosfolipit	7	18	22	29
Apoprotein Karışımı	A-I, A-II, B-48, C-I, C-II, C-III	B-100, C-I, C-II, C-III, E	B-100	A-I, A-II, C-I, C-II, C-III, D, E

Tablo 3.4
Lipoproteinlerin bileşimleri



Şekil 3.14
Lipoproteinlerin Yapısı

Lipoproteinler yoğunluklarına göre sınıflandırılırlar. Lipitler proteinlerden daha az yoğunluğa sahiptirler. Bu nedenle bir lipoproteinin lipit bileşiği daha fazla ise düşük yoğunluğa sahip demektir. Buna göre lipoproteinler; şilomikronlar, çok düşük yoğunluklu lipoproteinler (VLDL), düşük yoğunluklu lipoproteinler (LDL) ve yüksek yoğunluklu lipoproteinler (HDL) olarak sınıflandırılabilirler.

Şilomikronlar, yoğunluk olarak en az, boyut olarak en büyük partiküllerdir. Dolayısıyla lipit fazla, protein oranı ise azdır. Bunlar bağırsak mukoza hücrelerinde üretilirler ve trigliseritlerle kolesterol ve kolesterol esterlerinin ince bağırsakta lipitlerin sindirildiği yerden depo edildiği bölgeye taşınmasından sorumludurlar (böbrekler hariç).

VLDL'ler karaciğerde üretilirler ve trigliseritlerden oluşmuşlardır. Çok düşük yoğunluklu lipoproteinlerdir. Şilomikronlardan daha küçüktürler. Diyette bulunan fazla karbonhidratlar da karaciğerde trigliserit haline dönüştürülür ve VLDL olarak dolaşıma verilir. VLDL'ler, dolaşım sürecinde lipit içeriğinin gittikçe azalması sonucu ileri aşamada LDL'lere değişirler. Başlıca görevi, trigliseritleri karaciğerden çevre dokuları taşımaktır. Karaciğerin trigliserit üretimi ile VLDL salgılanması arasında orantısızlık olursa *"yağlı karaciğer hastalığı"* ortaya çıkar.

LDL'ler, düşük yoğunluklu lipoproteinlerdir. VLDL'lerden daha küçüktürler. Trigliserit içerikleri çok az, kolesterol ve kolesterol esterlerinden zengin lipoproteinlerdir. LDL'ler, VLDL'nin lipit kısımlarının parçalanması sonucu oluşurlar. LDL'lerin görevi, kolesterolü karaciğerden çevre dokulara taşımaktır. Kan dolaşımında aşırı miktarda LDL bulunduğu durumlarda reseptör aracısız olarak retikülo endoteliyal sistem **makrofajları** tarafından LDL'ler yutulur, bunun sonucu köpük hücreleri oluşur. Düz kas hücrelerinde kolesterol esterlerinin birikmesi, arteriyal duvarlarda aterosklerotik (damar sertliği) plakların oluşmasına neden olur.

Makrofaj: Mikroorganizmaları içine alarak yok eden bağ dokusu hücresi

HDL'ler, yüksek yoğunluklu lipoproteinlerdir. LDL'lerden daha küçüktürler. Karaciğerde ve ince bağırsak duvarında sentezlenen HDL, diskoidal şekillidir. Yeni sentezlenen ve kan dolaşımına salıverilen HDL, dolaşımdaki diğer lipoproteinlerden kolesterol esterlerini toplar ve küre şekilli olgun HDL şekline dönüşür. Kolesterolden zenginleşen HDL, karaciğere dönünce kolesterolü bırakır. Böylece HDL, kolesterolü dokulardan karaciğere taşımış olur. HDL'nin kolesterolü özellikle damar endoteli gibi dokulardan karaciğere taşıma fonksiyonu, antiaterojenik etki oluşturur.

SIRA SİZDE 2

Hangi plazma lipoproteinine faydalı lipoprotein (iyi kolesterol) adı verilmektedir? Niçin?

Proteolipitler

Proteolipitler, lipit-protein kompleksleridirler. Lipitlerin çözünürlük özelliklerine sahiptirler. Miyelin sinir hücresinde, lipovitelenin ise yumurta sarısında bulunan bir proteolipittir.

Lipopolisakkaritler

Lipitlerin polisakkaritlerle birleşmesinden oluşan moleküllerdir. Lipopolisakkaritler, bakterilerin ana antijenik bileşenlerini oluşturmakta ve bağışıklık sistemini aktive etmektedirler. Ayrıca bakterilerin dış hücre duvarlarında bulunurlar.

BİYOLOJİK ÖNEMİ OLAN LİPİTLER

Eikozonoidler

Memeli hücrelerinde bulunan arahidonik asit gibi 20 karbonlu **poliansature yağ asitlerinin** türevleridirler. Eikozonoidler, omurgalı hayvanların çeşitli dokularında son derece güçlü hormon benzeri etkileri olan moleküller olarak bilinirler. Eikozonoidler, hasar veya hastalık ile ilişkili inflamasyon, ateş ve ağrı, kan pıhtılarının oluşması, kan basıncının değişmesi gibi durumlarda oluşurlar. Hormonlardan farklı olarak oluştukları dokularda etkilerini gösterirler.

Poliansature yağ asitleri: Birden fazla sayıda çift bağ içeren doymamış yağ asitleri

Eikozonoidler, üç sınıfa ayrılarak incelenirler:

- Prostaglandinler
- Tromboksanlar
- Lökotrienler.

Prostaglandinler, hücre ve doku fonksiyonlarının geniş bir bölümünü etkilerler. Bir hücre, doku veya sistem üzerine farklı prostaglandin tipleri farklı etkiler gösterebilir (PGE_1, PGE_2, PGE_3, PGF_{1a}, PGF_{2a} gibi). Tromboksanlar, trombosit içinde bulunan arahidonik asitten oluşurlar. Kan pıhtılarının oluşmasında ve pıhtı yerine kan akımının azaltılmasında etkilidirler. Lökotrienler, akciğerlerin hava yollarındaki kaslarda **kontraksiyona** neden olabilirler. Ayrıca yerel **vazodilatasyon** da yaparlar ve kapiller geçirgenliği artırırlar.

Kontraksiyon: Kasın geçici olarak kasılması.

Vazodilatasyon: Kan damarlarının duvarında bulunan düz kasların gevşemesi sonucu damar boşluğunun genişlemesi

Prostaglandinlerden olan PGF_{2a}'nın hayvanlarda kullanım alanları nelerdir?

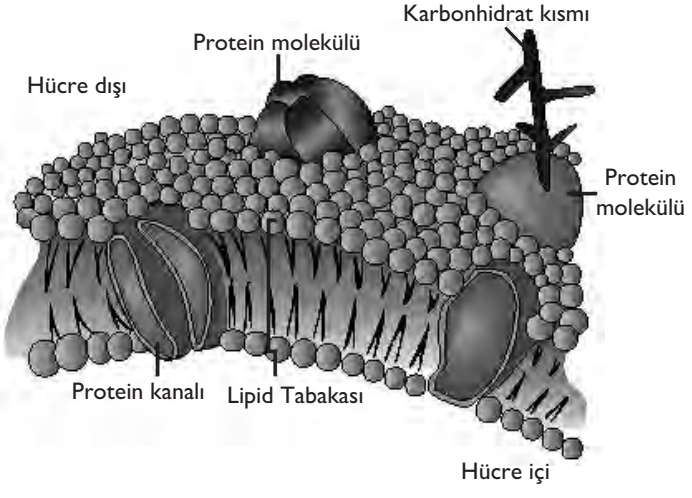
SIRA SİZDE 3

Lizofosfogliseritler

Lizofosfogliseritler, hücre içerisinde düşük oranda bulunurlar. Ara metabolitler olarak görev yaparlar. Birçok yılan, arı ve böcek yüksek düzeyde fosfolipaz A_2 adı verilen enzime sahiptir. Bu enzim gliserofosfolipidin yapısını bozarak lizofosfogliseritlerin oluşumunu sağlar.

BİYOLOJİK MEMBRANLAR

Hücre zarı olarak da isimlendirilirler. Biyolojik membranların yapısında bulunan lipitler hücre için hayati görevleri yerine getirirler. Bu lipitler arasında fosfogliseritler, sfingolipitler ve kolesterol sayılabilir. Biyolojik membranlar, özel gözenek ve pompa benzeri bir sisteme sahip oldukları için seçici bariyer benzeri bir yapıya sahiptirler. Membranlar fonksiyonlarına göre yapısal farklılık gösterebilirler. En önemli görevleri, hücreyi bulunduğu ortamdan ayırmak ve korumaktır. Bütün membranlar biyolojik bütünlük için önemli ve merkezi bir rol oynarlar. Genel olarak biyolojik membranların görevleri; hücreyi dış ortamdan ayırmak, hücreye şekil vermek, madde giriş-çıkışını ve aktif taşıma olayını düzenlemek, hücrenin beslenmesine yardımcı olmak, komşu ve yabancı hücreyi ve hücreye alınacak hormonları tanımak, hücrenin yıpranan kısmını onarmak, metabolizma atıklarının dışarı atılmasını sağlayarak iç ortamı düzenlemektir (Şekil 3.15).



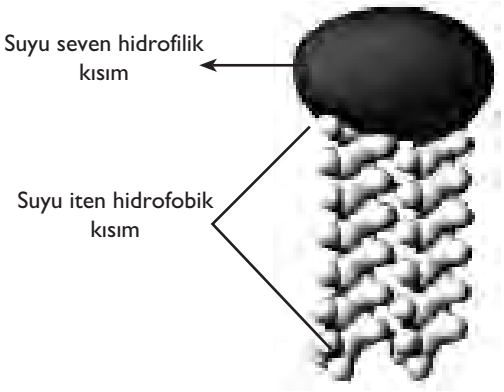
Şekil 3.15 *Biyolojik Membranların Yapısı*

Biyolojik membranların genel özelliklerini şu şekilde sıralayabiliriz:

- Membranların kalınlıkları 60-100 Å arasında değişir. Bu sayede tabaka benzeri bir yapıyı oluşturarak hücreyi korurlar.
- Yapılarında lipit, protein ve az miktarda karbonhidrat bulunur.
- Membranlar asimetrik bir yapıya sahiptirler. Bu özellik onların iç ve dış yüzeylerinin farklı olmasını sağlar.
- Membran lipitleri hem hidrofilik hemde hidrofobik yapıya sahip moleküllerdir (Şekil 3.16).

Şekil 3.16

Membran Lipitlerinin Hidrofilik ve Hidrofobik Yapısı



Biyolojik membranlar, sıvı-mozaik modeline sahiptirler. Bu modele göre hücre zarı, iki sıra yağ tabakasıyla bu tabakalarda yüzen farklı büyüklük ve yapıdaki proteinlerden oluşur. Hücre zarı, hücre içeriğini ayarlamada çok önemlidir. Bazı maddelerin geçişini engellerken bazılarının geçmesini kolaylaştırır. Bu özellik zarın yapısına ve zardaki deliklerin (por) büyüklüğüne bağlıdır. Hücre zarından geçebilen maddeler arasında küçük moleküller (glukoz, aminoasit, su, madensel tuzlar), yağda eriyen A, D, E, K vitaminleri ve nötr moleküller (oksijen ve karbondioksit) sayılabilir.

Özet

Lipitlerin anlamını, önemini ve sınıflandırılmasını açıklamak.

Lipitler, hayvansal ve bitkisel dokularda bulunan, suda çözünmeyen, eter ve kloroform gibi çözücülerde çözünen organik moleküllerdir. Önemli depo yakıt maddeleridir. Deri altında ve bazı organların çevresinde bulunan yağların ısı yalıtımı ve koruyucu destek görevleri vardır. Hücre ve sitoplazmik organellerin zarlarının % 50'si lipitlerden oluşmaktadır. Bazı vitaminler ve hormonların biyosentezinde lipitler öncül molekül olarak gereklidir. Bazı enzimleri aktive ederler. Ayrıca yağda eriyen vitaminlerin hedef doku ve organlara taşınması için lipitler gereklidir. Lipitler yağ asitleri, gliserol taşıyan ve taşımayan lipitler, diğer sınıf bileşiklere bağlı lipitler ve biyolojik önemi olan lipitler olarak sınıflandırılabilir.

Lipitlerin özelliklerini tanımlamak.

Karbon sayısı 10'a kadar olan doymuş yağ asitleri oda ısısında sıvı ve uçucudur. Daha fazla sayıda karbon atomuna sahip olanlar katıdır. Zincir uzunluğu ve molekül ağırlığı arttıkça erime noktaları yükselir ve uçuculukları azalır. Doymamış yağ asitleri oda ısısında sıvıdır, suda erimez ve uçucu değillerdir. Altı karbondan yüksek yağ asitleri metallerle tuz oluştururlar, bunlara "sabun" denir. Esterler oluştururlar ve doymamış yağ asitlerinin yapısındaki çift bağlar kolaylıkla hidrojenle ya da halojenle doyurulabilir

Yağ asitleri, gliserol taşıyan ve taşımayan lipitleri açıklamak.

Yağ asitleri, bir karboksil grubu taşıyan hidrokarbon kalıntılarından kurulmuşlardır. Karbon atomları sayıları hemen hemen çift sayıdadır. Doymuş veya doymamış olabilirler. Doymamış yağ asitleri bir veya daha fazla çift bağ taşırlar. Doymuş yağ asitlerine asetik, propiyonik, butirik, palmitik ve stearik asitler; doymamış yağ asitlerine ise oleik, linoleik asit, linolenik ve arahidonik asitler örnek olarak verilebilir. Gliserol taşıyan lipitlerin yapısında yağ asitleri gliserol ile esterleşmiştir. Yapıya fosforik asit ve azotlu bazlar da katılabilir. Nötral yağlar; gliserol ve sırasıyla 1, 2 ve 3 yağ asidinin birleşmesiyle oluşmuş mono-, di- ve trigliseritleri kapsar. Fosfogliseritler, gliserol ve esterleşmiş halde fosforik asit taşıyan lipitlere denir. Fosfatitler, difosfatidilgliseroller ve fosfatidilinozitoller olarak üç alt grubu vardır. Gliserol taşımayan lipitler sfingolipitler, alifatik alkol ve mumlar, terpenler ve steroidlerdir. Sfingolipitlerin yapısında gliserol yerine sfingozin alkol bulunur. Seramidler, sfingomyelinler ve glikosfingolipitler bu gruptadır. Alifatik alkoller, özelleşmiş lipitlerde ester şeklinde bulunan düz zincirli yüksek alkollerdir. Mumlar, yüksek yağ asitlerinin bir hidroksilli yüksek alkollerle oluşturdukları esterlerdir. Terpenler, yapısı izoprenden oluşmuş, renkli moleküllerdir. Steroidler, yapılarında steran halkası bulunan moleküllerdir. Sterinler, D vitaminleri, adrenal korteks hormonları, cinsiyet hormonları ve safra asitleri steroidler içinde yer alırlar.

Diğer sınıf bileşiklere bağlı lipitleri, biyolojik önemi olan lipitleri ve biyolojik membranları tanımlamak.

Diğer sınıf bileşiklere bağlı lipitler arasında lipoproteinler, proteolipitler ve lipopolisakkaritler sayılabilir. Lipoproteinler, özellikle lipitlerin kan dolaşımında taşınmasıyla ilgili olarak görev yaparlar. Bu görevini lipidi bağırsaklardan karaciğere, karaciğerden çevre dokulara ve çevre dokulardan karaciğere taşıyarak yerine getirirler. Bu grup içinde şilomikronlar, çok düşük yoğunluklu lipoproteinler, düşük yoğunluklu lipoproteinler ve yüksek yoğunluklu lipoproteinler bulunur. Proteolipitler, lipit ve protein karışımından oluşmuştur. Lipopolisakkaritler ise lipitlerin karbonhidratlarla özellikle polisakkaritlerle birleşmesinden oluşan moleküllerdir. Bakterilerin yapısında bulunurlar. Biyolojik önemi olan diğer lipitler grubuna eikozonoidler ve lizofosfogliseritler girmektedir. Eikozonoidler, canlılarda birbirine zıt görev yapan molekülleri bünyesinde bulundurmaktadır. Memeli hücrelerinde bulunan 4 adet çift bağ içeren 20 karbonlu arahidonik asidin türevleridirler. Lizofosfogliseritler, gliserofosfogliseritlerin yapısında bulunan iki yağ asidinden birinin uzaklaştırılmasıyla oluşurlar.

Kendimizi Sınayalım

1. Aşağıdakilerden hangisi lipitlerin özelliklerinden biri **değildir?**

a. Suda erimezler.
b. Eter ve kloroformda erirler.
c. Yağ asitlerinin esteridirler.
d. Canlılar tarafından kullanılırlar.
e. Suda erirler.

2. Aşağıdakilerden hangisi nötral yağların yapısında bulunan karbon sayılarıdır?

a. 2-20
b. 2-36
c. 5-42
d. 8-26
e. 10-56

3. Aşağıdakilerden hangisi doymuş bir yağ asidi **değildir?**

a. Asetik asit
b. Propiyonik asit
c. Oleik asit
d. Butirik asit
e. Kaprik asit

4. Aşağıdakilerden hangisi doymamış bir yağ asidi **değildir?**

a. Palmitoleik asit
b. Oleik asit
c. Linoleik asit
d. Miristik asit
e. Linolenik asit

5. Aşağıdaki moleküllerden hangisi sıvı kıvamda üç değerlikli bir alkoldür?

a. Gliserol
b. Laktik asit
c. Riboz
d. Sfingozin alkol
e. Fosfolipit

6. Aşağıdakilerden hangisi fosfatit moleküllerinden biridir?

a. Trigliseritler
b. Digliseritler
c. Lesitinler
d. Monogliseritler
e. Plazma lipoproteinleri

7. Aşağıdakilerden hangisi steroid halka yapısına sahip bir molekül **değildir?**

a. Sterinler
b. Safra asitleri
c. D vitamini
d. Cinsiyet hormonları
e. Lesitinler

8. Latince "katı" anlamına gelen ve "steros" kelimesinden köken alan lipitlere ne ad verilir?

a. Membran lipitleri
b. Steroidler
c. Eikozonoidler
d. Lipoproteinler
e. Polar moleküller

9. Biyolojik membranların yapısında lipit ve proteinlerden başka hangi makro molekül bulunur?

a. Vitaminler
b. Enzimler
c. Hormonlar
d. Karbonhidratlar
e. Nükleik asitler

10. Aşağıdakilerden hangisi biyolojik membranların görevleri arasında **yer almaz?**

a. Lipitlerin kan dolaşımına transferini sağlamak
b. Hücreye şekil vermek
c. Madde giriş-çıkışını düzenlemek
d. Hücreyi dış ortamdan ayırmak
e. Hücreye alınacak hormonları tanımak

Okuma Parçası

Kutuplardaki hayvanlar soğukta nasıl yaşarlar?
Canlıların kendi vücut ısısından çok daha düşük ısı koşullarında yaşayabilmek için iki silahı vardır. Biri vücut ısılarını ayarlamaları, diğeri de kürk denilen vücut örtüleridir. Kutup bölgesinde yaşayan bir canlı, tropik bölgede yaşayana nazaran on kat daha fazla ısı meydana getirmek veya vücut örtüsü on kat daha fazla koruyucu olmak zorundadır. Çok soğuk iklimlerde yaşayan hayvanların yaşam nedenleri araştırılırken hep kürkleri üzerinde durulmuştur. Halbuki burada yaşayan hayvanların kürkleri ile ılıman bölgelerde yaşayan hemcinslerinin kürkleri arasında çok ciddi bir fark yoktur. Üstelik domuzlar hiç kürkleri olmamasına rağmen deri altı yağ tabakaları sayesinde vücut ısılarından 20 derece daha düşük ısı ortamlarından hiç etkilenmezler. Çoğunun ayak ve burun gibi kısımları görevlerini yapabilmek için açıkta bırakılmıştır. Ancak buralarda vücuda sıcak kan ileten atar ve kılcal damarlar bulunur. Bu damarlar deriye daha yakın olan toplardamarları ısıtırlar. Bu sayede buzun üstünde yürüyen bu tür hayvanların ayakları üşümez. Yine ayı balığı, mors ve penguen gibi kutuplarda yaşayan hayvanların sıfır ve sıfır altı derecelerdeki ortamda donmamalarının sırrı, özellikle derilerinde donma derecesini düşüren bir proteine ve deri altında bulunan trigliseritlere sahip olmalarıdır. Bu sayede, hayvanlar hem enerji sağlarlar hem de bu yağ tabakası sayesinde soğuktan korunurlar.

Kaynak: http://www.geobilim.com/kutuplar-ve-ozellikleri.html

Kendimizi Sınayalım Yanıt Anahtarı

1. e	Yanıtınız yanlış ise "Lipitlerin Tanımı, Önemi ve Sınıflandırılması" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
2. b	Yanıtınız yanlış ise "Nötral Yağlar" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
3. c	Yanıtınız yanlış ise "Yağ Asitleri" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
4. d	Yanıtınız yanlış ise "Yağ Asitleri" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
5. a	Yanıtınız yanlış ise "Gliserol Taşıyan Lipitler" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
6. c	Yanıtınız yanlış ise "Gliserol Taşıyan Lipitler" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
7. e	Yanıtınız yanlış ise "Steroidler" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
8. b	Yanıtınız yanlış ise "Steroidler" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
9. d	Yanıtınız yanlış ise "Biyolojik Önemi Olan Lipitler" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
10. a	Yanıtınız yanlış ise "Biyolojik Membranlar" konusunu yeniden gözden geçiriniz.

Sıra Sizde Yanıt Anahtarı

Sıra Sizde 1

Sığırlar dört gözlü bir mideye (rumen, retikulum, omasum ve abomasum) sahiptir. Kemirgen ve kanatlılarda ise çok daha küçük bir mide ve taşlık bulunmaktadır. Ruminantlarda rumen, selülozun mikrobiyal sindiriminin olduğu yerdir. Kaba yemlerin mikrobiyal parçalanması sonucu oluşan uçucu yağ asitleri rumen duvarından emilerek ruminantlar tarafından yağ sentezinde ve enerji metabolizmasında kullanılır. Ruminantların enerji gereksinimlerinin yaklaşık % 70'i uçucu yağ asitlerinden sağlanır.

Sıra Sizde 2

HDL olarak bilinen plazma lipoproteinine faydalı lipoprotein (iyi kolesterol) adı verilmektedir. Bunun aksine LDL molekülü de kötü kolesterol olarak bilinmektedir. LDL, yağları vücudun her yerine dağıtır. Vücut hücrelerinin ihtiyacı varsa bu yağları kullanırlar ancak fazla olan yağ kanda dolaşır ve özellikle damar duvarlarında birikerek damar sertliğini hızlandırır. Oysa HDL tıpkı bir çöpçü gibi çevreden kolesterolü toplar ve karaciğere taşır. HDL'nin yaptığı bu işe ters kolesterol taşınması denir. Vücuttaki kolesterolü karaciğere taşıyan tek yapı bu HDL'dir. Karaciğer HDL'nin kendisine getirdiği bu kolesterolü ürettiği safranın içine geçirir ve bağırsaklara gönderir. Böylece kolesterol bağırsak ve dışkılama yolu ile vücuttan uzaklaştırılır. İşte HDL kolesterolün bu özelliği ona iyi kolesterol denmesine neden olmuştur ve fazla kolesterolün vücuttan atılmasının tek yolu da budur. Böylece kan HDL kolesterolü yüksek ise kalp ve damar hastalıklarına karşı daha iyi korunma söz konusu olur.

Sıra Sizde 3

$PGF_{2\alpha}$ uterus düz kaslarının kasılmasına neden olduğu için geciken gebeliklerde doğum sancısının uyarılması ve doğumun başlatılması, ölü yavruların atılması, yalancı gebelik, istenmeyen gebeliklerin sona erdirilmesi, dişi köpeklerde doğum sonrası kronik kanamaların sonlandırılmasında ve piyometra tedavisinde, ineklerde sonun atılmaması olaylarında ve kızgınlık (çiftleşme belirtisi) görülmemesi durumunda kullanılmaktadır.

Yararlanılan Kaynaklar

Gurr, M.I., Harwood, J.L., Frayn, K.N. (2008). **Lipid Biochemistry,** Blackwell, USA

Sözbilir Bayşu, N., Bayşu, N. (2008). **Biyokimya,** Ankara.

Toth, P.P., Maki, K. (2008). **Practical Lipid Management: Concepts and Controversies,** A.John Waley & Sons Ltd.Publication, USA.

Vance, J.E., Vance, D.E. (2008). **Biyochemistry of Lipids,** Lipoproteins and Membranes, Elsevier B.V., UK.

4

Amaçlarımız

Bu üniteyi tamamladıktan sonra;

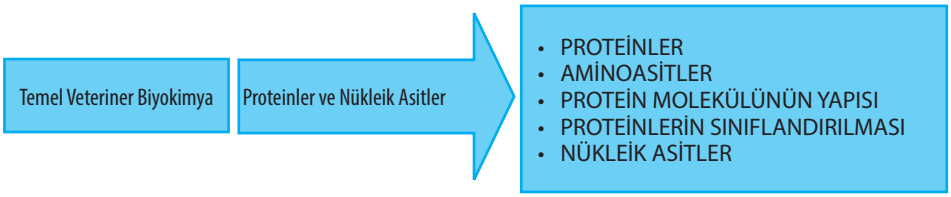
- Aminoasitlerin yapısı, sınıflandırması, fiziksel ve kimyasal özelliklerini açıklayabilecek,
- Protein molekülünün yapısını tartışabilecek,
- Proteinlerin sınıflandırmasını yapabilecek,
- Nükleik asitleri tanımlayabilecek

bilgi ve beceriler kazanabileceksiniz.

Anahtar Kavramlar

- Proteinler
- Aminoasitler
- Kimyasal Yapı
- Nükleik Asitler

İçindekiler



Proteinler ve Nükleik Asitler

PROTEİNLER

Proteinler hem yapı ve hem de fonksiyon maddesi olarak, biyokimyasal açıdan önemlidirler ve canlı organizmanın doku hücrelerinde gerçekleşen hemen hemen tüm biyokimyasal olayda yer almaktadırlar. Biyolojik katalizörler olarak görev yapan enzimlerin tümü, hormonların büyük bir kısmı protein yapılıdır. Kas kasılması, antijen-antikor reaksiyonları, iyonların taşınması ve asit-baz **homeostazisindeki** rolleri de proteinlerin önemini vurgulamaktadır.

Homeostazis: Organizma içindeki kararlılığı ve dengeyi devam ettirme eğilimi.

Proteinler büyük moleküllerdir ve molekül ağırlıkları birkaç bin ile veya bir ya da birkaç milyon **dalton** arasında değişir. Karbon, hidrojen, oksijen, azot ve kükürt kapsarlar.

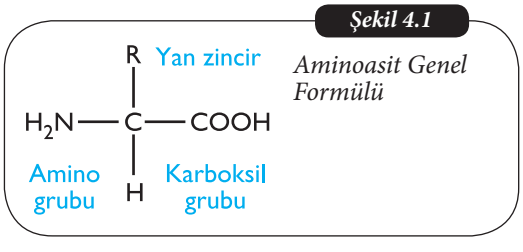
Dalton: Bir hidrojen atomunun ağırlığıdır.

Saf halde bulunan proteinler kimyasal veya enzimatik yöntemlerle hidroliz edilecek olursa, bir aminoasit karışımı ortaya çıkar.

Aminoasitlerin birçok türü olduğu bilinmektedir. Fakat bu türlerden 20 kadarı canlı organizmasındaki proteinler için yapı taşı olarak kullanılmaktadır. Bu 20 aminoasidin hepsi veya bazıları, belirli bir sırada olmak üzere peptit bağı adı verilen bağlarla birbirlerine bağlanarak protein molekülünü oluştururlar. Bu proteinler kapsadıkları aminoasitlerin sayıları, diziliş sıraları ve moleküllerinin üç boyutlu yapısı bakımından birbirinden ayrılmaktadır. Bu yüzden çoğu kez farklı protein moleküllerinin kimyasal ve fiziksel özellikleri çok yakın olmakta, bu da birbirlerinden ayrılmalarını ve saf halde elde edilmelerini ileri derecede güçleştirmektedir. Bileşimlerindeki aminoasitlerin hidroksil grupları, amid, tiol grupları, heterosiklik halkalar, hidrofob alifatik ve aromatik yan zincirler gibi kimyasal bakımdan reaksiyona elverişli birçok aktif grup taşımaları nedeniyle proteinlerin reaksiyon yetenekleri oldukça fazladır.

AMİNOASİTLER

Yapılarında amino grubu ile karboksil grubu aynı molekül üzerinde yer aldığından aminoasit olarak adlandırılmışlardır. Proteinlerin yapısında yer alan aminoasitlerde hem amino ve hem de karboksil grubu a-karbon atomuna bağlı bulunduğundan bunlara a-aminoasitler denmektedir (Şekil 4.1). Proteinlerin bileşiminde a-aminoasitlerin dışında imino asitler



Şekil 4.1
Aminoasit Genel Formülü

de bulunmaktadır. α-aminoasitlerin genel formüllerinde R ile gösterilen kısım aminoasidin türüne göre değişir. Proteinlerin yapısında yer alan 20 aminoasit genel olarak kabul edilmiş 3 harfli kısaltmalar ve tek harfli gösterimlerle de ifade edilirler.

Polar molekül: Molekülü oluşturan atomların elektronegativite (elektrona ilgi) lerindeki farklılıgından dolayı bir ucu pozitif, bir ucu negatif yüklü gibi davranan moleküldür.

Aminoasitlerin Sınıflandırılması

Aminoasitler yükleri, kimyasal yapı özellikleri, besinsel gereksinimleri vb. farklı özelliklerine göre sınıflandırılabilirler. Genel olarak yüklerine göre nonpolar (polar olmayan) ve **polar** şeklinde sınıflandırılırlar (Tablo 4.1).

Tablo 4.1 Aminoasitlerin sınıflandırılması

Aminoasitlerin sınıflandırılması	
Nonpolar aminoasitler	Glisin, Alanin, Valin, Lösin, İzolösin, Fenilalanin, Triptofan, Prolin, Metiyonin
Polar, yüksüz aminoasitler	Treonin, Serin, Tirozin, Sistein, Glutamin, Asparajin
Polar, pozitif yüklü aminoasitler	Lizin, Arjinin, Histidin
Polar, negatif yüklü aminoasitler	Aspartik asit, Glutamik asit

Nonpolar (Polar Olmayan) Aminoasitler

Hidrofobik: Sudan kaçınma özelliği olan demektir.

Amino ve karboksil gruplarının sayıları eşittir ve nötraldirler. Nonpolar aminoasitler **hidrofobiktirler** ve R gruplarında yük taşımazlar. Proton alışverişi yapmazlar, hidrojen ve iyonik bağların yapısında yer almazlar. Proteinlerin iç kısmında yerleşip hidrofobik etkileşimlerle proteine üç boyutlu yapılarını kazandırırlar. Bu grupta alanin, valin, lösin, izolösin, fenilalanin, glisin, triptofan, metiyonin ve prolin (iminoasit) yer alır (Şekil 4.2) Glisin en basit yapılı aminoasittir, R grubunda sadece H vardır, asimetrik karbon atomu içermez. Valin, lösin, izolösin dallı yan zincirli aminoasitlerdir. Alaninin R grubunda metil grubu bulunur. Fenilalaninde metil grubuna fenil grubu bağlanmıştır. Metiyoninin yapısında metil ve kükürt bulunur. Triptofan indol halkası içeren bir aminoasittir. Prolin imino grubu ve halkalı bir yapı içerir.

Polar Aminoasitler

Yüksüz Polar Aminoasitler

Bu aminoasitler R gruplarında herhangibir yük taşımazlar. Protein yapısında hidrojen bağlarına katılırlar. Bunlar serin, treonin, tirozin, sistein, glutamin, asparajindir (Şekil 4.3). Serin aminoasidinde metil grubuna hidroksil bağlanmıştır. Treonin hidroksil, sistein sülfhidril grubu içerir. Tirozinde fenil grubuna hidroksil grubu bağlıdır. Asparajin aspartik asidin, glutamin glutamik asidin amididir.

Pozitif Yüklü Polar Aminoasitler

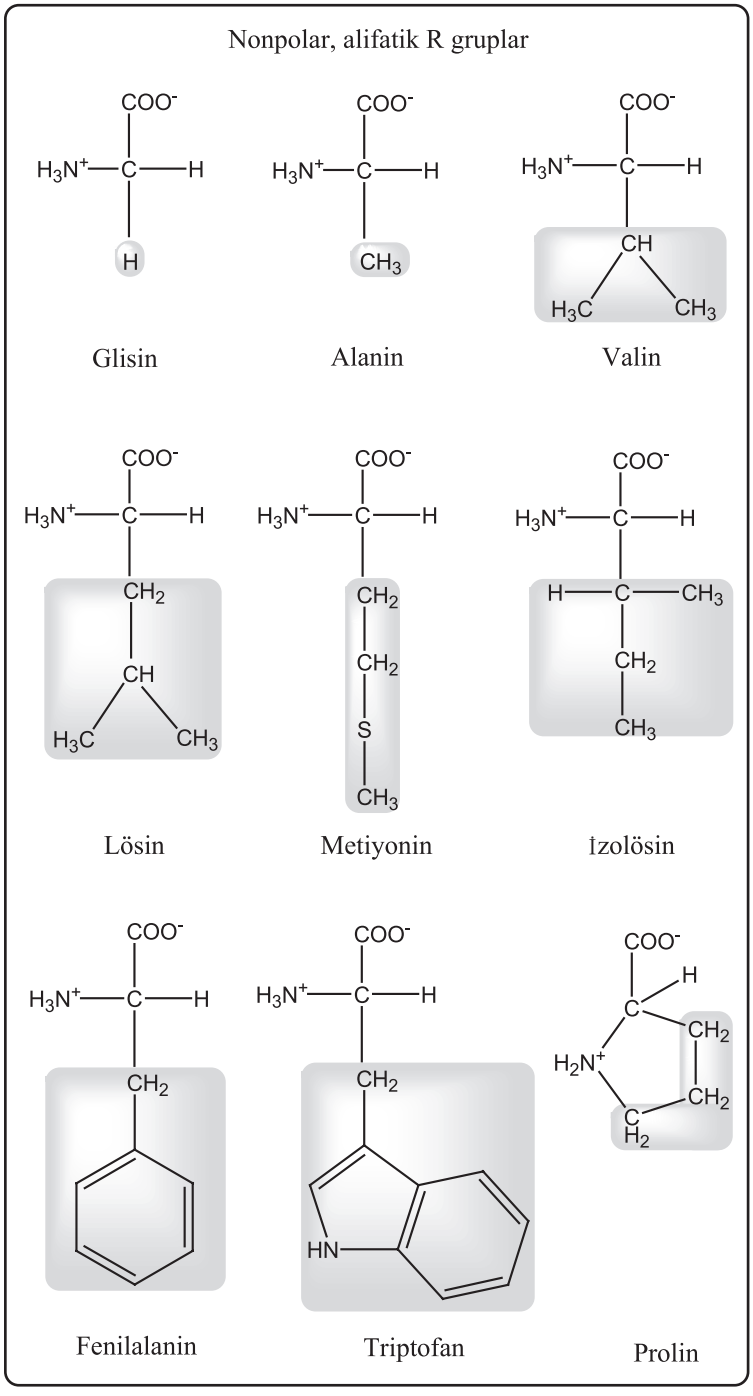
Karboksil gruplarına göre daha fazla amino grubuna sahiptirler ve bazik özellik gösterirler. R gruplarında pozitif yüke sahiptirler ve lizin, arjinin ve histidin bu grupta bulunur (Şekil 4.4). Lizin pozitif yüklü ikinci bir amino grubu, arjinin pozitif yüklü guanidin, histidin imidazol grubu içerir.

Negatif Yüklü Polar Aminoasitler

Amino gruplarına göre daha fazla karboksil grubu kapsarlar ve asidik özellik gösterirler R gruplarında negatif yüke sahip aspartik ve glutamik asitler bu grupta yer alırlar (Şekil 4.5). Bu aminoasitler ikinci bir karboksil grubuna sahiptirler.

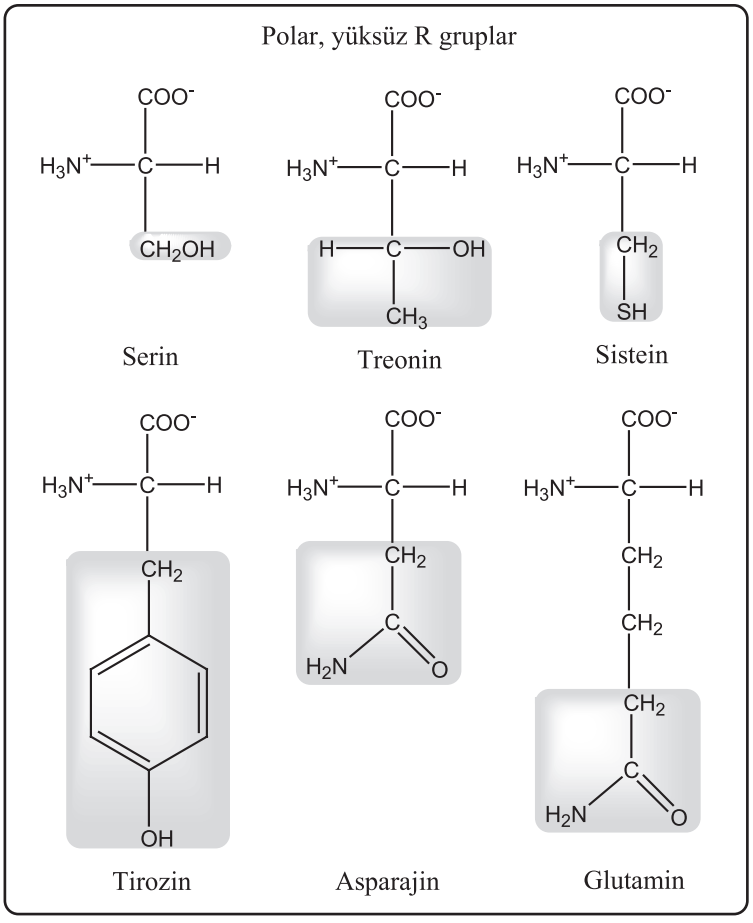
Şekil 4.2

Nonpolar Aminoasitler



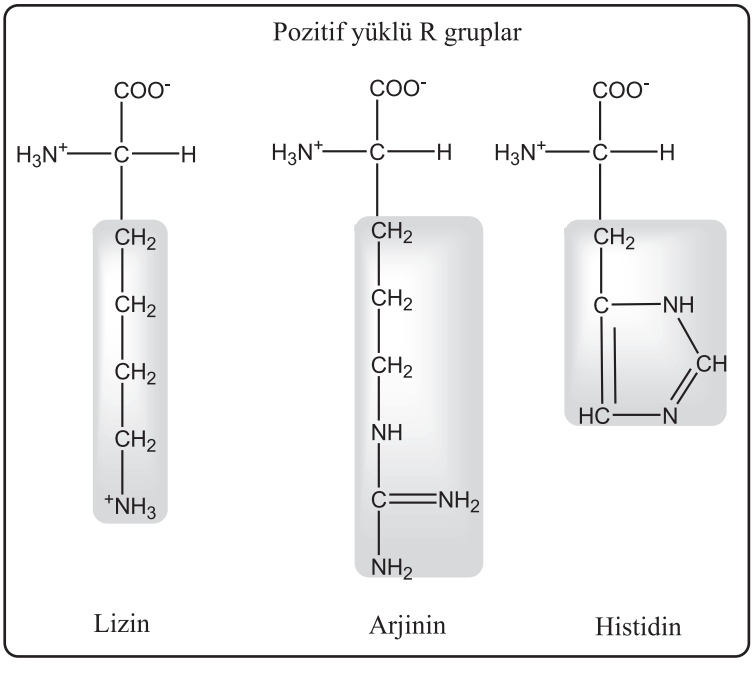
Şekil 4.3

Polar, Yüksüz R Grubu Taşıyan Aminoasitler



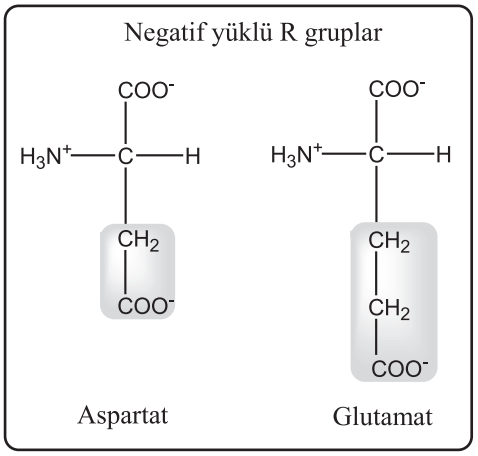
Şekil 4.4

Polar, Pozitif Yüklü R Grubu Taşıyan Aminoasitler



Şekil 4.5

Polar, Negatif Yüklü R Grubu Taşıyan Aminoasitler



Aminoasitlerin Fiziksel Özellikleri

Aminoasitler genel olarak suda kolay erirler. Alkolde az erirler veya hiç erimezler. Eterde erimezler. Genel olarak aminoasitler sulandırılmış asit ve alkalilerde erirler ve aminoasit tuzlarını oluştururlar. Aminoasitlerin erime noktaları yüksektir. Genel olarak 200 derecenin üstündedir. Bazen 300°'nin üzerine de çıkabilir.

Aminoasitlerin D ve L Serisine Ait Olmaları

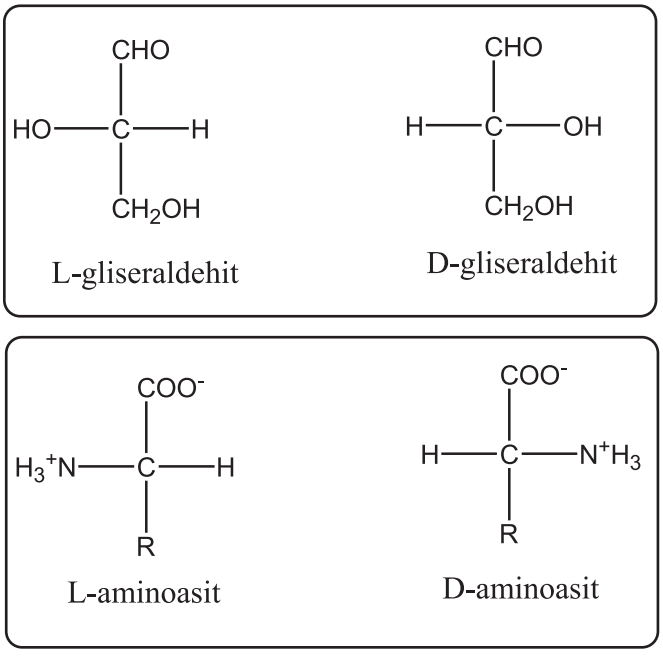
Aminoasitler de monosakkaritler gibi D veya L serisine ait olabilirler. Bunu anlamak için D-gliseraldehit ve L-gliseraldehitle karşılaştırılır. Bir aminoasidin a-karbon atomundaki -NH_2 grubu hangi gliseraldehidin asimetrik karbon atomundaki -OH grubu ile aynı tarafta ise o aminoasit o gliseraldehidin ait olduğu seridedir (Şekil 4.6). Canlıların enzim sistemleri L ve D formlar üzerine farklı etki gösterirler. Hayvanlarda besinlerle alınan aminoasitlerden yalnız L olanları protein yapımında kullanılır. Tabiatta bulunan aminoasitler çoğunlukla L serisine aittirler. D serisi aminoasitler bakteri hücre duvarlarında ve mikroorganizmaların metabolizma ürünlerinde bulunurlar. Alanin, arjinin, aspartik asit, glutamik asit dışındaki aminoasitler polarize ışığı sola çevirir.

Organizmaya alınan D-aminoasitler ya L forma çevrilirler ya da kullanılamaz, idrarla atılırlar.

DİKKAT

Şekil 4.6

Aminoasitlerin D ve L Konfigürasyonlarının Gösterilmesi



Aminoasitlerin Çift Kutuplu Durumları

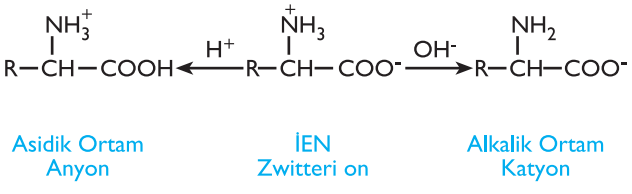
Aminoasitler moleküllerinde hem karboksil hem de amino gruplarını kapsadıklarından dolayı amfolit bir yapıya sahiptirler, yani çözeltinin H iyonları konsantrasyonuna göre asit veya baz olarak fonksiyon gösterirler. Asitler bulundukları ortama H+ iyonları veya proton veren maddelerdir. Bazlar ise çözeltide bulunan H+ iyonlarını veya protonları bağlayarak, bunları reaksiyon ortamından uzaklaştıran maddelerdir. Aminoasitlerin **amfoter** özellikleri karboksil gruplarının proton verebilmesi, buna karşın amino gruplarının proton alabilmesi sayesinde mümkün olabilmektedir. Alkalik ortamda -COOH grupları H iyonlarını verir ve negatif yüklü $-COO^-$ haline dönüşür (COO^- ve H). Asit ortamda $-NH_2$ grupları H iyonlarını alır ve pozitif yüklü $-NH_3^+$ gruplarına değişir. İEN (izoelektrik nokta)'da ise H iyonu -COOH grubundan NH_2 grubuna geçer. Böylece aminoasit molekülünde negatif yük taşıyan bir $-COO^-$ grubu ve pozitif yüklü bir NH_3^+ grubu aynı anda bulunur. Buna **Zwitterion** denir (Şekil 4.7). Bu durumdaki aminoasit bu pH'da elektrik akımı ile hiç bir yöne hareket etmez. Bu pH değerine de izoelektrik nokta (İEN) pH'sı denir.

Amfoter: Ortamın pH'sına göre asidik veya bazik özellik gösterebilen maddelerdir.

Zwitterion: Çift kutuplu, hem pozitif ve hem negatif yük taşıyan moleküldür.

Şekil 4.7

Çift Kutuplu İyon (Zwitterion) Oluşumu



Aminoasitlerin Kimyasal Özellikleri

Aminoasitlerin kimyasal reaksiyonları karboksil, amino ve R grubuna ait reaksiyonlardır. Karboksil ve amino grubuna ait reaksiyonlar her aminoasit için genel reaksiyonlardır. Bunlardan aminoasitlerin önemli bir nitel tayin yöntemi olan ninhidrin reaksiyonu, amino gruplarına karbondioksit bağlanmasıyla gerçekleşen karbamino asit reaksiyonu ve aminoasitlerin amino, karboksil ve varsa sülfhidril gruplarının metal iyonlarıyla bağlanmaları, çeşitli aminlerin oluşmasıyla sonuçlanan aminoasit molekülünden karbondioksit ayrılması yani dekarboksilasyon reaksiyonu amino ve karboksil grubuna ait reaksiyonlar arasında yer alır. R gruplarına ait reaksiyonlar fenil (tirozin ve fenilalanin), imidazol (histidin), guanidin (arjinin), serbest sülfhidril (sistein), indol (triptofan) gibi grupları taşıyan aminoasitlere özeldir ve bu grupları içeren aminoasitlerin birbirlerinden ayırt edilmesinde kullanılır.

Esansiyel Aminoasitler

Bitkiler, mikroorganizmalar ve mantarlar karbon kaynağı olarak karbondioksitin ve azot kaynağı olarak da amonyum tuzlarının veya nitratların mevcut olmaları halinde, kendilerine özgü sentezle ihtiyaçları olan aminoasitlerin hepsini karşılayabilirler. Gelişmiş organizmalar metabolizmada gerekli aminoasitlerin ancak bir kısmını kendileri sentezleyebilirler. Sentezlenemeyen aminoasitlerin besinlerle dışarıdan alınmaları zorunludur. Bu aminoasitlere **esansiyel** aminoasitler denir ve büyüme, gelişme, canlılığın devamı ve üreme için gereklidirler (Tablo 4.2).

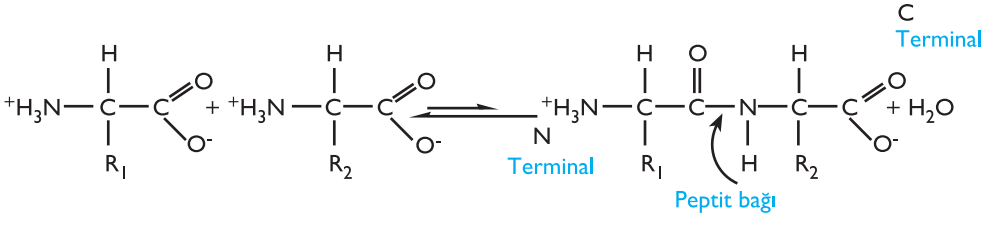
Esansiyel: Vücutta sentezlenemeyen besinlerle alınması zorunlu olan demektir.

	Esansiyel Aminoasitler
İnsan	Lizin, Triptofan, Fenilalanin, Lösin, İzolösin, Valin, Treonin, Metiyonin
Köpek, Domuz ve Sıçan	Lizin, Triptofan, Fenilalanin, Lösin, İzolösin, Valin, Treonin, Metiyonin, Arjinin, Histidin
Tavuk	Lizin, Triptofan, Fenilalanin, Lösin, İzolösin, Valin, Treonin, Metiyonin, Arjinin, Histidin, Glutamik asit, Glisin

Tablo 4.2
İnsan ve bazı türler için esansiyel aminoasitler

Peptit Bağları ve Peptitler

Aminoasitler peptit bağları ile birleşerek proteinleri oluştururlar. Peptit bağı bir aminoasidin karboksil grubu ile diğer aminoasidin amino grubu arasında oluşur, bir mol su çıkar (Şekil 4.8).



Şekil 4.8
Peptit Bağı Oluşumu, N-Terminal ve C- Terminal Kısımların Gösterilişi

Kaslarda bulunan karnozin iki aminoasitten oluşan dipeptitlere, glutatyon üç aminoasitten oluşan tripeptitlere örnek verilebilir. Önemli hormonlardan olan vazopressin ve oksitosin sekiz aminoasitli oktapeptitlerdir. 10'dan az sayıda aminoasit kapsayanlar oligopeptit, 10-100 arasında aminoasit kapsayanlar polipeptit, 100'den çok aminoasit kapsayanlar makropeptit olarak adlandırılırlar. Peptit bağındaki aminoasitler biüret reaksiyonunu verirler. Bu reaksiyon proteinlerin nitel ve nicel tayininde kullanılır.

SIRA SİZDE 1

Glutatyonun yapısı nasıldır? Önemi nedir?

PROTEİN MOLEKÜLÜNÜN YAPISI

Proteinlerin yapıtaşı olan aminoasitler farklı kombinasyonlarda ve dizilişte biraraya gelerek proteinlerin üç boyutlu yapısını oluştururlar, bu şekilde proteine özellik ve fonksiyon kazandırırlar. Protein molekülü birbirini tamamlayan dört alt yapı gösterir.

Primer Yapı (Birincil Yapı)

Bir aminoasit için karakteristik olan aminoasit dizilişine primer yapı denir. Basit olarak bir polipeptit zincirinden oluşan protein, zincir başlangıcında bulunan aminoasitte bir serbest amino grubuna, zincir sonunda bulunan aminoasitte ise bir serbest karboksil grubuna sahiptir. Buna göre bir proteinin peptit zinciri sonundaki aminoasitlere N-terminal veya C-terminal denir (Şekil 4.8, Şekil 4.9).

Sekonder Yapı (İkincil Yapı)

Sekonder yapıda H köprüleri ve kovalent disülfit köprüleri rol oynarlar. H köprüsü bağlar peptit zincirinde bulunan karbonil ve amid grupları arasında oluşur. H bağları iki peptit zinciri ya da aynı peptit zinciri üzerindeki atomlar arasında oluşabilir. Kovalent bağlar proteinlerde 2 sistein birimi arasında SH gruplarının H kaybetmesiyle oluşurlar. Disülfit köprülerinin bir proteinin şeklinin bozulmamasında ve dayanıklılığında önemli etkileri vardır. Başka bir kovalent bağ oluşumu serin veya treonin gibi OH gruplu aminoasitlerin iki OH grubunun, anorganik fosfat ile fosforik diester oluşturmasıyla olur.

İkincil yapıda b-katlamalı ve a-heliks oluşumlar göze çarpar. b-katlamalı yapıda iki peptit zinciri arasında kurulan H köprüleri rol oynar. Kıvrımların karşılıklı kısımlarında sistein molekülleri var ise bunlar kovalent -S-S- disülfit bağları ile birleşerek molekül şeklinin sabitliğini sağlarlar. b-katlamalı yapı paralel ve antiparalel olmak üzere iki şekilde görülür. Paralel yapıda iki peptit zincirinin R grupları aynı yönde, antiparalelde ise zıt yönde sıralanmıştır (Şekil 4.9)

Spiral ya da heliks şekil H bağlarının aynı peptit zinciri üzerinde oluşmasıyla meydana gelir. a-heliks denilen bu şekil, bir kıvrım için 3,6 aminoasit birimine ihtiyaç gösterir. Kıvrım yüksekliği 0,54 nm'dir.

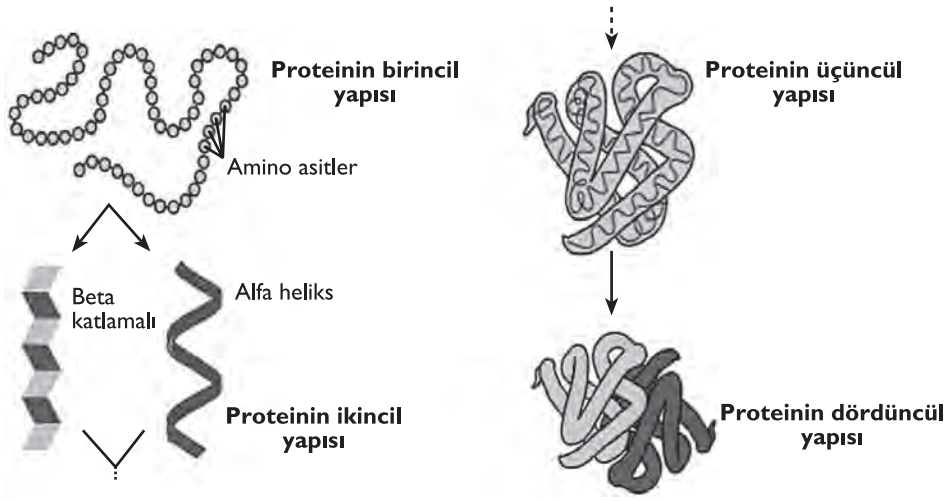
Tersiyer Yapı (Üçüncül Yapı)

Bir proteinin polipeptit zincirlerinin, çeşitli bağlayıcı güçlerle boşlukta düzenlenmesi ve polipeptit zinciri parçalarının değişme etkileri ile birbirinin altına gelmesiyle oluşur. Helozanlanmış, bükülmüş ve katlanmış protein moleküllerinde başlıca H bağları, kovalent bağlar, iyonik bağlar ve hidrofob bağlar bulunur. Bazik veya asidik aminoasitlerin fonksiyonel grupları, fizyolojik pH sahası içerisinde ta-

mamen veya kısmen iyonlaşmış halde bulunurlar. İyonik bağlar bu asidik veya bazik gruplar arasında ortaya çıkan elektrostatik çekme kuvvetleridir. Bu kuvvetler polipeptit zincirinin konformasyonunu etkiler ve stabilize eder. Hidrofob bağlar aminoasitlerin hidrofob birimleri arasındaki zayıf çekme kuvvetleridir. Bu durum alaninin metil grupları, valin, lösin ve izolösinin alifatik birimleri ve fenilalanin ve triptofanın halkasal birimleri için uygundur. Polipeptit zincirindeki aminoasitlerin yan zincirleri arasında oluşan bu bağlar proteine yuvarlak veya elipsoid yapı verir (Şekil 4.9).

Kuaterner Yapı (Dördüncül Yapı)

Globuler tersiyer yapıya sahip protein şeklinde katlanmış peptit zincirleri bir araya gelerek dördüncül yapıyı oluştururlar. Peptit zincirlerinden her birine monomer denir. Dördüncül yapıdaki peptit zincirleri H bağları, kovalent bağlar, iyonik bağlar ve hidrofob bağlar ile polimerize olmuşlardır. Genellikle molekül ağırlığı 100 000'nin üzerinde bulunan bir protein dördüncül yapıya sahiptir. Hemoglobin A 4, glutamat dehidrojenaz enzimi 40 alt üniteden kurulmuştur (Şekil 4.9).



Şekil 4.9

Proteinlerin Birincil, İkincil, Üçüncül ve Dördüncül Yapılarının Gösterilişi

Proteinlerin Denatürasyonu ve Renatürasyonu

Protein molekülünün çeşitli etkenlerle doğal üç boyutlu yapısının bozulmasına ve aktivitesini kaybetmesine denatürasyon denir. Bu durum genellikle geri dönüşümsüzdür. Proteinler bozulmuş durumda iken tekrar üç boyutlu yapılarını kazanmalarına ve yeniden biyolojik aktivite göstermelerine renatürasyon denir. Isı, asidite, ultraviyole ışınları, yüksek basınç, deterjanlar, kuvvetli çalkalama, defalarca dondurup çözmek proteinleri denatüre eden etkenlerdir. Proteinler denatüre olduklarında biyolojik aktivitelerinde azalma veya kaybolma olur, yeni gruplar ortaya çıkabilir ve aminoasit yan gruplarına ait reaksiyonlar daha belirginleşir, polarize ışığı sola çevirmelerinde doğal proteine göre artış olur, çözünme özelliği olan proteinler çözünmeyip çökerler.

PROTEİNLERİN SINIFLANDIRILMASI

Protein türlerinin çokluğu, yapısal ve kimyasal özellikleri nedeniyle iyi bir sınıflama yapma olanağı çok zordur. Ayrıca yapılarındaki aminoasitlerin diziliş sıralarındaki en ufak bir değişiklik yeni bir izomer yarattığından bu zorluk artmaktadır.

Fonksiyonlarına Göre Sınıflandırma

A. ***Katalitik Proteinler:*** Enzimler katalitik proteinlerdir. Organizma içindeki birçok reaksiyonun gerçekleşmesinde rol oynarlar.
B. ***Taşıyıcı Proteinler:*** Hemoglobin, serum proteinleri, lipoproteinler, sitokrom transferrin bu grupta yer alan proteinlerdendir. Önemli metabolizma maddelerinin organizma içinde iletilmesini sağlarlar.
C. ***Fizyolojik Düzenleyiciler:*** İnsulin, parathormon, somatotrop hormon gibi hormonlardır. Bunlar organizmada birçok olayın düzenlenmesinde yer alırlar.
D. ***Yapısal Proteinler:*** Kollajen (tendon ve kıkırdakta), elastin (ligamentlerde), keratin (saç, tırnak, tüyde), fibroin (ipek, örümcek ağında) bu gruptadır. Subsellüler, sellüler ve organik düzeylerde görevlidirler.
E. ***Kalıtsal Proteinler:*** Nükleik asitler kalıtsal proteinlerdir. Canlının kalıtsal niteliklerinin oluşması ve bunların değişmelerini sağlayan olaylarda yer alırlar.
F. ***Kontraktil Sistemde Yer Alan Proteinler:*** Aktin, miyozin (iskelet kası proteini), tübülin (mikrotübülllerde), dinein (kirpik ve kamçılarda) dir.
G. ***Savunma Proteinleri:*** İmmunoglobulinler, fibrinojen ve trombin (pıhtılaşma) ve risin (zehirlerde bulunur) bu grupta yer alır.
H. ***Diğer Proteinler:*** Değişik organizmalarda birçok farklı protein bulunmaktadır. Ağaçta bulunan monellin, antarktik balıklarının kanında bulunan ve bunların kanını donmaya karşı koruyan antifriz proteini, böcek kanatlarının hareketini sağlayan rezilin bu grupta yer alan proteinlere örnek olarak verilebilir.

SIRA SİZDE 2 **Proteinlerin görevleri nelerdir?**

Yapısal Niteliklerine Göre Sınıflandırma

Üç gruba ayrılırlar.

1. Basit proteinler
2. Bileşik (konjuge) proteinler
3. Türev proteinler

1. Basit Proteinler

Hidrolize olduklarında sadece aminoasitleri veren proteinlerdir. Globuler ve fibriler proteinler olmak üzere iki grup altında incelenirler. Globuler proteinler çok sayıda proteini ve birçok enzim ve hormonu kapsar. İsimlerini elipsoid şekline sahip olmalarından almışlardır. Albumin, globulin, glutelin, prolamin, protamin ve histonlar globuler proteindir. Fibröz proteinlere skleroprotein adı da verilir. Hücre ve dokuların yapısal özelliklerini korumada önemli görevleri vardır. Bağ dokusu, kıkırdak, kemik, diş, deri, tırnak ve kıl gibi organizma kısımlarının esas proteinlerini oluştururlar. Kollajen, elastin, keratin bu grupta yer alır.

2. Birleşik Proteinler

Hidrolize edildiklerinde aminoasitlerden başka değişik nitelikte kimyasal maddeler veren proteinlerdir. Proteine bağlı olan ve aminoasit yapısında omayan bu bileşiklere prostetik grup denir.

A. Glikoproteinler: Bitki ve hayvanlarda çok yaygındırlar. Çok sayıda enzim, hormon ve serum proteinleri, hayvanların kan grubu maddeleri ve mukoz salgıları glikoproteindir. Karbonhidrat kısmına genellikle galaktoz, mannoz, N-asetilamino şekerler, L-fukoz ve nöyraminik asit katılır. Karbonhidrat oranı % 4'den az olanlara glikoprotein, % 10-20 arasında olanlara mukoprotein, karbonhidrat oranı proteinden fazla olanlara ise mükoid adı verilir. Glikoproteinler sindirim, solunum ve genital sistem salgılarının karakteristik maddesidir. Bazı hormonların yapısı da glikoproteindir.

B. Fosfoproteinler: Prostetik grup olarak fosfat taşırlar. Sütteki kazein buna örnek verilebilir. Yumurta sarısında da bulunur.

C. Lipoproteinler: Proteinlerin lipitlerle oluşturdukları bileşiklerdir, özellikle kanda ve vücut sıvılarında lipit transportunda önemli rol oynarlar. Lipoproteinler basit bir protein ile kolesterol, yağ asidi, lesitin veya kefalinin birleşmesiyle meydana gelirler. Lipoproteinin protein kısmına apolipoprotein denir.

D. Metalloproteinler: Bakır, demir, çinko protein kompleksleri şeklinde taşınırlar. Ayrıca tirozinaz (Cu), arjinaz (Mn ve Mg), karbonik anhidraz (Zn) ve ksantin oksidaz (Mo) metalloenzimlerdir. Metal kısım enzimin fonksiyonel kısmını oluşturur.

E. Kromoproteinler: Prostetik grubu porfirinler gibi renkli maddeler olan birleşik proteinlerdir. Porfirin 4 CH grubu (methene köprüsü) ile birbirine bağlanmış 4 pirol halkası içeren bir halka sistemidir. Porfirinler birçok metal iyonu ile birleşebilirler. En önemli metalloporfirinler demir ve mağnezyum içerenlerdir. Hemoglobin ve solunum enzimleri prostetik grubu hem olan kromoproteinlerdir. **Hem** maddesini prostetik grup olarak taşıyan kromoproteinlere hematoproteinler adı verilir. Hemoglobin, miyoglobin, sitokromlar birer hematoproteindirler.

Hem: Protoporfirin 9'un Fe^{+2} iyonu ile oluşturduğu bir komplekstir.

F. Nükleoproteinler: Bunlarda bir nükleik asit bir veya birçok proteinle bağlanmıştır. Kromozomlar ve bazı hücre içi yapılar nükleoproteinlerden oluşurlar. Nükleoproteinler kromatinin başlıca maddesi olmalarından dolayı hücre bölünmesinde, çoğalmasında ve kalıtsal faktörlerin nakledilmesinde rol oynarlar. Nükleik asitlerle birleşerek nükleoproteinleri oluşturan proteinler genellikle basit yapılı ve bazik karakterde olan protamin ve histonlardır.

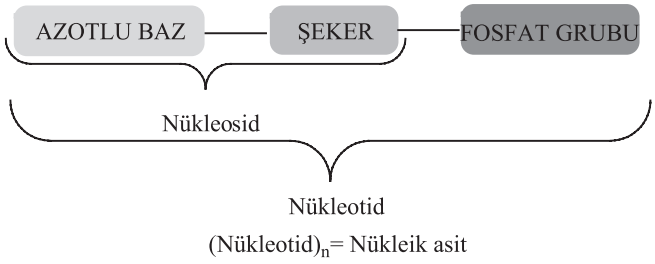
NÜKLEİK ASİTLER

Nükleik asitler hücre çekirdeğinde, ribozomlarda, sitoplazmada ve mitokondrionlarda bulunur. Kalıtsal yeteneklerin taşıyıcıları ve protein biyosentezinin anahtarları olan nükleik asitler birçok alt birimin uçuca eklenmesi ile oluşan zincir yapıya sahiptirler. Bu alt birimlere nükleotid ve nükleotidlerin birbirine eklenmesi ile ortaya çıkan yapıya da polinükleotid denir.

Nükleotidlerde bir şeker molekülü bir heterosiklik azotlu baz ile glikozidik bağla bağlanır ve bir de fosforik asit taşır (Şekil 4.10). Şeker olarak deoksiriboz veya riboz bulunur. Bir pentoz ve bir bazdan oluşan kısma nükleosit denir. Bir nükleosid bir fosfat ile bağlanırsa nükleosid monofosfat, iki fosfat ile bağlanırsa nükleosid difosfat, üç fosfatla bağlanırsa nükleosid trifosfat adını alır.

Şekil 4.10

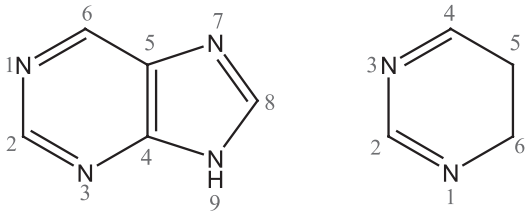
Nükleotid Genel Şeması



Heterosiklik azotlu bazlar purinler veya pirimidinlerdir. Pirimidinler 6 atomlu kapalı bir halka yapısına sahiptirler. Halka 4 karbon ve 2 azot atomundan kurulmuştur. Purinler 6 atomlu pirimidin halkası ile kaynaşmış 5 atomlu imidazol halkasına sahiptirler (Şekil 4.11). Timin (T), urasil (U), sitozin (S) nükleik asitlerde bulunan başlıca pirimidinler, adenin (A) ve guanin (G) purinlerdir (Şekil 4.12).

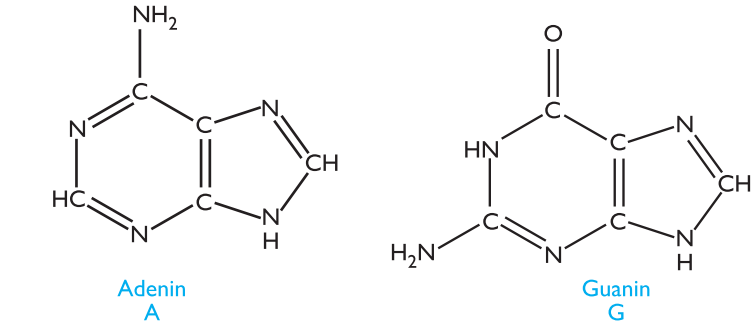
Şekil 4.11

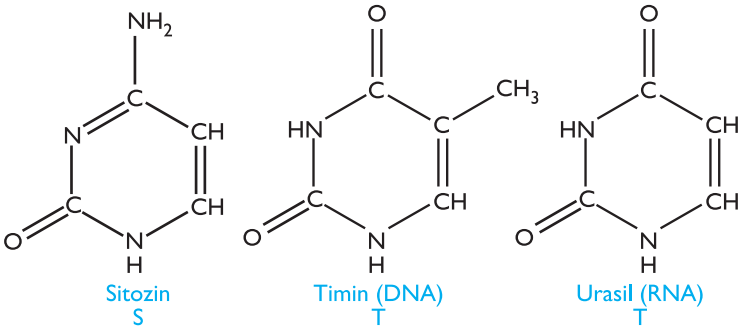
Purin ve Pirimidin Bazları Genel Görünümleri



Şekil 4.12

Purin (adenin, guanin) ve Pirimidin (sitozin, urasil, timin) Bazları

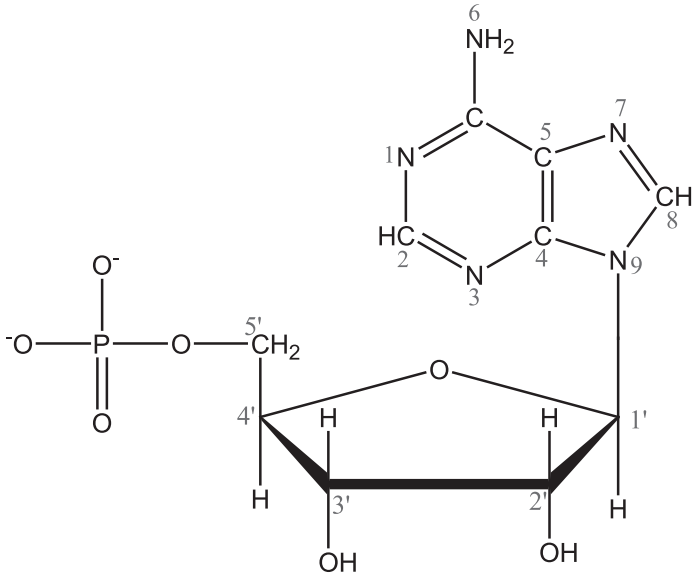




Nükleotidler nükleositlerin fosfat esterleridir (Şekil 4.13). Nükleosid bir fosfat ile bağlanırsa nükleosid monofosfat, iki fosfat ile bağlanırsa nükleosid difosfat, üç fosfatla bağlanırsa nükleosid trifosfat adını alır. DNAnın yapısında A, G, C ve T bazlarına göre 4, RNA'nın yapısında da A, G, C ve U bazlarına göre 4 çeşit nükleotid monomeri bulunmaktadır. Nükleik asitlerin yapısında bulunanlardan başka flavin adenin dinükleotid (FAD), flavin mononükleotid (FMN), adenozin trifosfat (ATP) ve nikotinamid adenin dinükleotid (NAD) gibi koenzimler de nükleotiddir.

Şekil 4.13

Nükleotidlere Bir Örnek, Adenozin, Baz, Şeker ve Fosfat Grubu



Adenozin

Nükleik asitlerde pentozlar iki komşu nükleotidin anorganik fosfatları vasıtasıyla şekerin 3' ve 5' numaralı karbon atomlarının hidroksil grupları üzerinden birbirleri ile bağlanırlar. Pentozun bir numaralı karbon atomuna glikozidik bağla bir purin veya pirimidin baz bağlanmıştır. Pentozun çeşidine göre iki çeşit nükleik asit vardır. Deoksiribonükleik asit (DNA) ve ribonükleik asit (RNA). 3' (üç üssü) ve 5' (beş üssü) fosfodiester bağını DNA'da DNA polimeraz, RNA' da ise RNA polimeraz enzimleri yapar.

Hayvansal dokularda hem DNA hem de RNA yaygın bir biçimde bulunur. DNA' nın % 95'i hücre çekirdeğinin kromatininde, % 5'i mitokondrilerde, RNA'nın % 90'ı sitoplazmada, % 10'u nükleolusta yer alır.

Nükleik asitlerden DNA'nın kalıtımı taşıyan bir molekül olduğu, RNA'ların ise DNA'nın taşıdığı genetik bilgiyi proteinlere aktarmada aracılık görevi yaptığı bilinmektedir. DNA'da bulunan bazı özellikler DNA'nın genetik materyal olduğunu desteklemektedir. Kalıtsal bilgiyi taşıyan molekül kendisini doğru bir şekilde eşleyebilmeli ve uzun yıllar boyunca nesilden nesile aktarılan kalıtsal bilgi değişmeden kalmalıdır, evrimsel değişmeye fırsat vermek için bu molekül kendini eşlerken çok nadir de olsa **mutasyona** izin vermelidir ve kalıtsal bilgi taşıyan molekül hücrede sentezlenen bütün proteinlerin sentezini denetleyebilmelidir.

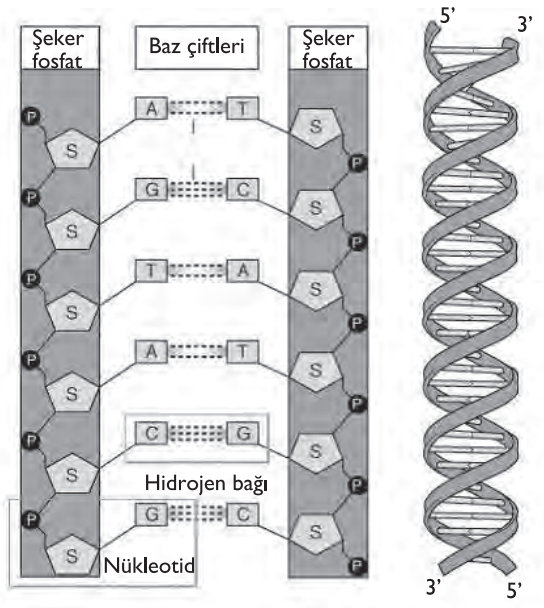
Mutasyon: Canlının genetik yapısında meydana gelen değişimlerdir.

Nükleik asitler yalnızca kalıtsal bilgiyi taşıyan makromoleküller olmakla kalmayıp, bu bilgiyi protein sentezine aktarmaktan da sorumludurlar. Bir polipeptidin sentezinden sorumlu DNA parçasına gen adı verilmektedir. DNA'nın görevini yapabilmesi için, yani protein sentez ve yapısını denetleyebilmesi için, diğer birkaç nükleik asit çeşidi gerekmektedir.

DNA sağa dolanan çift iplikçikli yapıdadır. Bu çift iplikçikli molekülde, birbirlerinin karşıtı olan iplikçikler purin ve pirimidin bazları arasında yer alan hidrojen bağları tarafından birarada tutulurlar. Zıt iplikçiklerdeki purin ve pirimidin nükleotidleri arasındaki eşleşmeler son derece spesifiktir, adenozin (A) timinle (T) ve guanozin (G) sitozinle (C) hidrojen bağı ile bağlanmıştır (Şekil 4.14). G-C çifti 3 hidrojen bağı, A-T çifti 2 hidrojen bağı ile bir arada tutulur. G-C bağları yaklaşık % 50 oranında daha kuvvetlidir. G-C bağlarından zengin DNA bölgeleri denatürasyon ve erimeye karşı A-T bölgelerinden daha dirençlidir. Çift sarmal şeklindeki molekülün iki iplikçiği antiparaleldirler yani bir iplikçik 5'den 3' yönüne doğru diğeri ise 3'den 5' yönüne doğru gider. Çift iplikçikli DNA molekülünde genetik bilgi bir iplikçikteki nükleotid dizisine yerleşiktir. Bu kısım kalıp iplikçiktir. Karşıt iplikçik ise kodlayıcı iplikçiktir. Çünkü bu iplikçik proteini şifreleyen RNA kopyası ile eşleşmektedir.

Şekil 4.14

DNA'nın Çift Sarmal Yapısı



Bugüne kadar 6 form (A'dan Z'ye) DNA tanımlanmıştır. Fakat bunların çoğu sadece sıkı bir şekilde kontrol edilmiş deneysel koşullarda elde edilmiştir. Bu formlar sarmalın herbir dönüşünü işgal eden baz çiftlerinin sayısı, her baz çiftinin arasındaki açı veya molekülün sarmal çapı, çift sarmalın dolandığı taraf (sağ ve sol) ile birbirinden ayrılır. Bu formların bazıları tuz ve hidrasyon uygulanırsa birbirine dönüşür.

Fizyolojik formda, DNA'nın baskın olduğu formu olan B DNA formu her dönüşte 3,4 nm'lik bir eğime sahiptir. Tek dönüşte 10 baz çifti yer alır. Bu temel yapının değişik bir şekli Na ve K'dan daha zengin, suyu hafifçe az olan ortamlarda tercih edilen A formudur. Herbir dönüşünde 11 baz çifti içermektedir. Sağa yöne-

lik olan bu yapı B formundan daha fazla hacim kaplamaktadır. Yine sağa yönelik olan C, D ve E formları çok özel deneysel koşullarda gözlenmektedir. Z-DNA'da sola dönen bir çift sarmal vardır. Fosfodiester omurgası zikzaglar yaptığından bu adı almıştır. DNA sarmalları arasında en az bükülmüş ve ince olanıdır. Her dönüşünde 12 baz çifti vardır.

Ribonükleik asit (RNA) DNA'dakilere benzer 3'-5' fosfodiester köprüleri ile birbirine bağlı purin ve pirimidin nükleotidlerinin bir polimeridir. DNA'nın pek çok niteliğini paylaşmakla beraber RNA bazı özgün farklılıklar içerir. RNA'da şeker olarak riboz, DNA'da 2-deoksiriboz vardır. RNA'nın içerdiği pirimidinler DNA'dan farklıdır. RNA adenin, guanin ve sitozin nükleotidlerini taşımakla beraber nadir durumlar dışında timin içermez. Timin yerine urasil taşır. RNA tek bir iplikçik halinde bulunur. DNA çift sarmaldır. RNA molekülü tek iplikçikten oluştuğundan DNA' da karşılıklı gelen bazlarda olduğu gibi RNA'da guanin ile sitozinin, adenin ile urasilin eşit olmaları gerekmez.

Hücrelerde genellikle üç sınıf RNA'ya rastlanmaktadır. Bunlar messenger (haberci) RNA (mRNA), ribozomal RNA (rRNA) ve transfer RNA (tRNA)'dır.

mRNA DNA'da saklı bulunan genetik bilginin protein yapısına aktarılmasında kalıplık görevi yapan aracı moleküldür. Ribozomlara tutunur ve DNA'dan aldığı bilgiye göre sentezlenecek aminoasit dizisini tayin eder. Yapıları çok değişkendir. Büyüklükleri 70-20.000 nükleotide kadar değişir. Prokaryot ve eukaryotlarda mRNA'ların ucu farklıdır. rRNA'lar ribozomların ana yapısal elementidir, ribozom ağırlığının yaklaşık % 65'ini oluştururlar. Prokaryotik hücrelerde 3, eukaryotiklerde 4 çeşit rRNA vardır. tRNA ribonükleotidlerin polimerize olması ile meydana gelmiş çok kıvrılmalar gösteren tek zincirli yapıya sahip bir RNA çeşididir. tRNA'lar yonca yaprağına benzeyen üç boyutlu yapılarında yer yer çift sarmal bir durum gösterebilmektedirler. 73-90 nükleotid büyüklüğündedir. 50-60 çeşit tRNA vardır. Türlere göre değişir. Aminoasit taşırlar. Hangi aminoasit içinse üzerine o aminoasidin kısaltılmış ismi yazılır. $tRNA^{a/a}$ gibi.

DNA'nın protein sentezini ve yapısını denetleyebilmesi için hangi nükleik asit çeşitlerine ihtiyaç vardır?

SIRA SİZDE 3

3. Türev Proteinler

Çeşitli proteinlerin belirli etkilerle değişmeleri sonucu oluşan proteinlerdir. İki alt grupta incelenirler.

***Primer Türev Proteinler*:** Bu proteinler suda erimezler, peptit bağlarına dokunulmadan asit, baz ve diğer kimyasal etkilerle protein molekülünü değiştirebilen faktörlerin ürünüdürler. Isı da bu etkiyi gösterebilir. Bu proteinlere denatüre proteinler denir. Seyreltik asitler ve enzimlerin etkisiyle oluşanlara protean, asit ve alkalilerin etkisiyle oluşanlara metaprotein, kaynatma, çalkalama, ultraviyole ışınları ve etanol etkisiyle oluşanlara pıhtılaşmış proteinler denir.

***Sekonder Türev Proteinler*:** Peptit bağlarını kısmen yıkan asit veya enzimlerin etkileriyle oluşan proteinlerdir. Bu şekilde peptit bağlarının parçalanması ile, protein molekülleri gitgide daha küçük parçalara bölünürler. Bu bölünmede büyük parçalara proteoz (albümoz), küçük parçalara da pepton adı verilir. Daha küçük zincirler de polipeptitler ve peptitlerdir.

Özet

Aminoasitlerin yapısı, sınıflandırması, fiziksel ve kimyasal özelliklerini açıklamak

Yapılarında bir amino ve bir karboksil grubu ile aminoasit türüne göre değişen R grupları vardır. 20 kadar aminoasit farklı dizilişte ve sayıda biraraya gelerek proteinleri oluştururlar. Genellikle nonpolar ve polar aminoasitler olarak sınıflandırılırlar. Polar olanlar da yüksüz, pozitif ve negatif yüklü olabilirler. Aminoasitler suda kolay erirler, alkolde az erirler veya hiç erimezler. Erime noktaları yüksektir. Glisin dışındaki aminoasitler asimetrik karbon atomu içeririler. Tabiatta bulunan aminoasitler çoğunlukla L serisine aittirler ve polarize ışığı sola çevirirler. Moleküllerinde hem karboksil hem de amino gruplarını kapsadıklarından dolayı amfoter özellik gösterirler, yani çözeltinin H iyonları konsantrasyonuna göre asit veya baz olarak davranırlar. Aminoasitlerin kimyasal reaksiyonları karboksil, amino ve R grubuna ait reaksiyonlardır.

Protein molekülünün yapısını tartışmak.

Proteinlerin primer yapısı aminoasitlerin peptit bağlarıyla bir araya gelmesinden oluşmuştur. Peptit bağı bir aminoasidin amino grubu ile diğerinin karboksil grubu arasında oluşur. Amino grubu bulunan uca N terminal, karboksil bulunan uca C terminal denir. Sekonder yapıda hidrojen köprüsü bağlar ve kovalent bağlar yer alır. α heliks ve β katlamalı olmak üzere iki şekilde görülür. Hidrojen köprüsü bağlar aynı zincir üzerinde oluşursa α heliks, iki ayrı zincir üzerinde oluşursa β katlamalı yapı olur. β katlamalı yapı paralel ve antiparalel olmak üzere iki şekildedir. Üçüncül yapıda ek olarak bulunan iyonik bağlar ve hidrofob bağlar ile proteinin yapısı katlanmış, bükülmüş kıvrılmıştır. Bu yapıların tüm bu bağlar ile üst üste gelmesiyle de dördüncül yapılar oluşmuştur ve birçok protein bu yapıyla fonksiyon kazanır.

Proteinlerin sınıflandırmasını yapmak.

Proteinler fonksiyonlarına göre; katalitik, taşıyıcı, fizyolojik, yapısal, kalıtsal, konraktil sistemde yer alan proteinler, savunma proteinleri şeklinde ve yapısal niteliklerine göre basit ve bileşik proteinler olarak sınıflandırılırlar. Basit proteinler sadece aminoasitleri içerirlerr, globuler ve fibriler proteinler bu grupta bulunur. Birleşik proteinler aminoasitlerden başka grupları da içeren glikoproteinler, fosfoproteinler, lipoproteinler, metalloproteinler, kromoproteinler ve nükleoproteinlerdir.

Nükleik asitleri tanımlamak.

Kalıtsal özellikleri taşırlar ve protein biyosentezinde yer alırlar. Nükleotidlerin birbirine eklenmesi ile oluşmuşlardır. Şeker, baz ve fosforik asitten oluşmuş yapıya nükleotid denir. Şekerler riboz ve deoksiriboz, bazlar purin ve pirimidinlerdir. DNA'da adenin, guanin, sitozin ve timin bazları vardır. RNA da timin yerine urasil bulunur. DNA' deoksiriboz, RNA'da riboz vardır. DNA iki iplikçikten oluşmuştur ve çift sarmal yapıdadır, karşılıklı gelen bazlar birbirine eşit sayıdadır. RNA tek iplikçiklidir. mRNA, tRNA, rRNA gibi çeşitleri vardır.

Kendimizi Sınayalım

1. Aşağıdakilerden hangisi asimetrik karbon atomu **içermeyen** basit bir aminoasittir?
a. Lizin
b. Glisin
c. Arjinin
d. Metiyonin
e. Triptofan

2. Aşağıdakilerden hangisi kükürt içeren bir amino asittir?
a. Glisin
b. Aspartik asit
c. Metiyonin
d. Lizin
e. Tirozin

3. Aşağıdakilerden hangisi polar negatif yüklü bir aminoasittir?
a. Lizin
b. Glisin
c. Arjinin
d. Glutamik asit
e. Tirozin

4. Karbamino asit reaksiyonu aşağıdaki gruplardan hangisine özgüdür?
a. Amino
b. Guanidin
c. Karboksil
d. Fenil
e. İndol

5. Aşağıdakilerden hangisi esansiyel bir aminoasit **değildir?**
a. Fenilalanin
b. Metiyonin
c. Tirozin
d. Lizin
e. Triptofan

6. Aşağıdakilerden hangisi basit proteindir?
a. Glikoprotein
b. Lipoprotein
c. Globulin
d. Kromoprotein
e. Nükleoprotein

7. Hemoglobin aşağıdaki protein gruplarından hangisinde yer alır?
a. Glikoprotein
b. Lipoprotein
c. Globulin
d. Kromoprotein
e. Nükleoprotein

8. Aşağıdaki azotlu bazlardan hangisi **sadece** RNA'nın yapısında bulunur?
a. Urasil
b. Adenin
c. Guanin
d. Sitozin
e. Timin

9. DNA zincirinde sitozin bazı aşağıdaki bazlardan hangisi ile eşleşir?
a. Timin
b. Guanin
c. Urasil
d. Adenin
e. Sitozin

10. RNA'da aşağıdaki şekerlerden hangisi yer alır?
a. Glukoz
b. Deoksiriboz
c. Mannoz
d. Riboz
e. Fruktoz

Kendimizi Sınayalım Yanıt Anahtarı

1. b	Yanıtınız yanlış ise "Aminoasitlerin Sınıflandırılması" konusunu tekrar gözden geçiriniz.
2. c	Yanıtınız yanlış ise "Aminoasitlerin Sınıflandırılması" konusunu tekrar gözden geçiriniz.
3. d	Yanıtınız yanlış ise "Aminoasitlerin Sınıflandırılması" konusunu tekrar gözden geçiriniz.
4. a	Yanıtınız yanlış ise "Aminoasitlerin Kimyasal Özellikleri" konusunu tekrar gözden geçiriniz.
5. c	Yanıtınız yanlış ise "Esansiyel Aminoasitler" konusunu tekrar gözden geçiriniz.
6. c	Yanıtınız yanlış ise "Proteinlerin Sınıflandırılması" konusunu tekrar gözden geçiriniz.
7. d	Yanıtınız yanlış ise "Proteinlerin Sınıflandırılması" konusunu tekrar gözden geçiriniz.
8. a	Yanıtınız yanlış ise "Nükleik Asitler" konusunu tekrar gözden geçiriniz.
9. b	Yanıtınız yanlış ise "Nükleik Asitler" konusunu tekrar gözden geçiriniz.
10. d	Yanıtınız yanlış ise "Nükleik Asitler" konusunu tekrar gözden geçiriniz.

Sıra Sizde Yanıt Anahtarı

Sıra Sizde 1

Glutatyon glutamik asit, sistein ve glisin aminoasitlerinden kurulu bir tripeptitdir. Birçok enzim için gereklidir. Hidrojen alıcısı olarak görev yapar. Kaslar, karaciğer, eritrositler, beyin ve böbreklerde bulunur. Ayrıca göz merceğinde de vardır, kataraktda miktarı artar. İndirgenmiş glutatyonun oksitlenmiş glutatyona oranı hücre içinde meydana gelen metabolik reaksiyonlarda, regülasyon ve kontrol mekanizmaları için önem taşımaktadır.

Sıra Sizde 2

Proteinler enzimlerin yapısında yer alarak vücuttaki metabolik reaksiyonların gerçekleşmesini, hormonların yapısında bulunarak metabolik ve fizyolojik işlevlerin düzenlenmesini sağlarlar. Önemli metabolizma maddelerinin organizma içinde iletimininde görev alırlar. Organların ve yumuşak dokuların yapı unsurudurlar. Kasların kasılması, savunma sisteminin çalışmasında önemli yapılarda bulunurlar. Canlının kalıtsal niteliklerinin oluşması ve aktarılmasında yer alan moleküller proteindir.

Sıra Sizde 3

DNA'nın protein sentezini ve yapısını denetleyebilmesi için mRNA, tRNA ve rRNA'lara ihtiyaç vardır. mRNA genetik haberi taşır, DNA'daki genetik bilginin protein yapısına aktarılmasında kalıp görevi yapan aracı bir moleküldür. mRNA ribozomlara tutunur ve DNA'dan aldığı genetik şifreye göre sentezlenecek proteinin aminoasit sırasını belirler. tRNA'lar aminoasitlerin özel taşıyıcılarıdır. Doğada bulunan 20 aminoasidin her biri için en az bir tRNA bulunmaktadır. tRNA'lar adaptörlük görevi yaparak bir uçlarına bağladıkları aminoasidi, ribozoma tutunmuş olan mRNA'nın taşıdığı bilgiye göre polipeptit zincirine dizerler. rRNA'lar mRNA ve tRNA'lar ile protein sentezinde ortak etki gösterirler. Ribozomların yapı ve fonksiyonlarında önemli roller oynarlar

Yararlanılan Kaynaklar

Ası T. (1996). **Tablolarla Biyokimya,** İstanbul.

Baban N. (1980). **Protein Biyokimyası,** İstanbul.

Kutlu M, Sümer S. (2009). **Genel Biyokimya,** Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.

Lehninger A.L., Nelson D.L. , Cox M.M. (1993). **Principles of Biochemistry,** NY, USA.

Mengi A. (1991). **Biyokimya,** İstanbul.

Sözbilir Bayşu N., Bayşu N. (2008). **Biyokimya,** Ankara.

5

Amaçlarımız

Bu üniteyi tamamladıktan sonra;

- Enzim terminolojisini açıklayabilecek,
- Enzim reaksiyonlarının mekanizması ve etki biçimini tanımlayabilecek,
- Enzimlerin isimlendirme sistematiğini ve önemini söyleyebilecek,
- Enzim aktivitesine etki eden faktörleri sıralayabilecek,
- Enzim inhibisyonları ve allosterik enzimleri tanımlayabilecek

bilgi ve beceriler kazanabileceksiniz.

Anahtar Kavramlar

- **Enzim**
- **Substrat**
- **Aktivasyon Enerjisi**
- **İnhibisyon**
- **Aktivatör**
- **Allosterik Enzim**

İçindekiler



Enzimler

ENZİMLER VE ÖZELLİKLERİ

Biyolojik reaksiyonların çoğu enzim denilen organik maddeler tarafından katalize edilir. Bu maddeler kendileri bir değişikliğe uğramadan hücre içinde meydana gelen reaksiyonların hızını artırırlar.

Bir reaksiyonu hızlandıran fakat kendisi reaksiyondan değişmeden çıkan maddelere katalizör denir. Enzimler ise canlı hücreler tarafından sentezlenen, etki yapabilmesi için hücreye gereksinim duymayan, ısıya dayanıksız, protein tabiatında, biyolojik katalizörlerdir. Enzimler katalizör olarak nitelendirilseler de bazı yönleri ile anorganik katalizörlerden ayrılırlar. Bu farklar şunlardır;

- Anorganik katalizörler çok çeşitli reaksiyonları katalize ettikleri halde, enzimler ancak kendileri için özel olan belirli maddeler üzerine etki gösterirler
- Anorganik katalizörler katalize ettikleri reaksiyon tarafından değiştirilmezler ve reaksiyon sonunda değişiklik olmadan yeniden elde edilebilirler, enzimler ise aktiviteleri sırasında az çok tahrip olurlar, bu nedenle vücutta devamlı sentez edilmeleri gerekir.

Enzimler katalize ettikleri reaksiyonun hızını, katalize edilmemiş reaksiyonlara göre 10^3-10^{12} kata kadar artırırlar. Hem canlı ortamda *(in vivo)* hem de laboratuar koşullarında etkilerini gösterebilirler. Yüksek oranda metabolik faaliyetleri düzenleme kapasitesine sahiptirler. Hücre içi ve hücre dışı hasarlarda meydana gelen değişikliklere cevap olarak, belirli metabolik geçitlerin çalışmasını hızlandırabilir veya yavaşlatabilirler.

Enzimin tanımını oluşturan önemli özelliklerini maddeler halinde özetlersek;

1. Canlı hücreler tarafından sentezlenen maddelerdir.
2. Etki gösterebilmek için hücreye gereksinim duymazlar, *laboratuar ortamında* etki gösterirler.
3. Isıya dayanıksız maddelerdir, yüksek ısı ile denatüre olurlar.
4. Protein yapısındadırlar ve proteinler gibi primer, sekonder, tersiyer ve kuarterner yapıları vardır.
5. Biyolojik reaksiyon hızlandırıcılarıdırlar.

Enzimlerin Yapısı ve Hücre İçindeki Özel Konumları

Enzimler canlı hücreler tarafından sentezlenen protein yapıda maddelerdir. Enzimlerin bazıları basit protein yapıdadır ve katalitik etki bu protein yapı tarafından gerçekleştirilir. Enzimin protein yapısındaki kısmına apoenzim denir. Örne-

ğin pepsin, tripsin, üreaz sadece protein yapıdadır ve bu enzimlerin aktivitesi için başka bir gruba ihtiyacı yoktur. Bu enzimlerde apoenzim holoenzime eşittir. Bazı enzimlerin ise katalitik etki gösterebilmeleri için metal iyonu ya da protein olmayan organik bir bileşiğe veya her ikisine de ihtiyaçları vardır. Karbonik anhidraz Zn (çinko), tirozinaz ve askorbik asit oksidaz Cu (bakır), katalaz ve sitokrom oksidaz Fe (demir) taşırlar. Yardımcı bu iyon ve bileşiklere genel olarak kofaktör denir. Organik bileşikler enzimin protein kısmı ile oldukça sıkı birleşmiş kolay ayrılmıyorsa, prostetik grup, pek sıkı birleşmemiş, kolay ayrılabiliyorsa koenzim adını alır. Böyle enzimlerde ne apoenzim ne de koenzim tek başına etki yapamazlar. Koenzim ve apoenzimden meydana gelen tam bir enzime holoenzim denir.

Apoenzim (protein kısım)	+	Kofaktör (Koenzim) (protein olmayan kısım)	→	Holoenzim (aktif enzim)

Tek polipeptit zincirinden oluşmuş enzim sayısı azdır.

Enzim ismi	Subünite sayısı (alt ünite sayısı)
Ribonükleaz	1
Hekzokinaz	2
Adenilat siklaz	3
Laktat dehidrojenaz	4
Glutamin sentetaz	12
Piruvat dehidrojenaz enzim kompleksi	72

Enzimlerin yapısını ve işleyişini daha iyi anlayabilmek için bazı terimlerin bilinmesinde yarar vardır. Enzimin hücre içinde inaktif (aktif olmayan) durumda olan haline proenzim (ön enzim) veya zimojen denir. İnaktif enzimi aktif enzim hale getiren maddeler kinaz olarak adlandırılır. Enzimin etki ettiği maddeye substrat, bu etki sonucunda meydana gelen madde veya maddeler ürün olarak isimlendirilir.

SIRA SİZDE 1

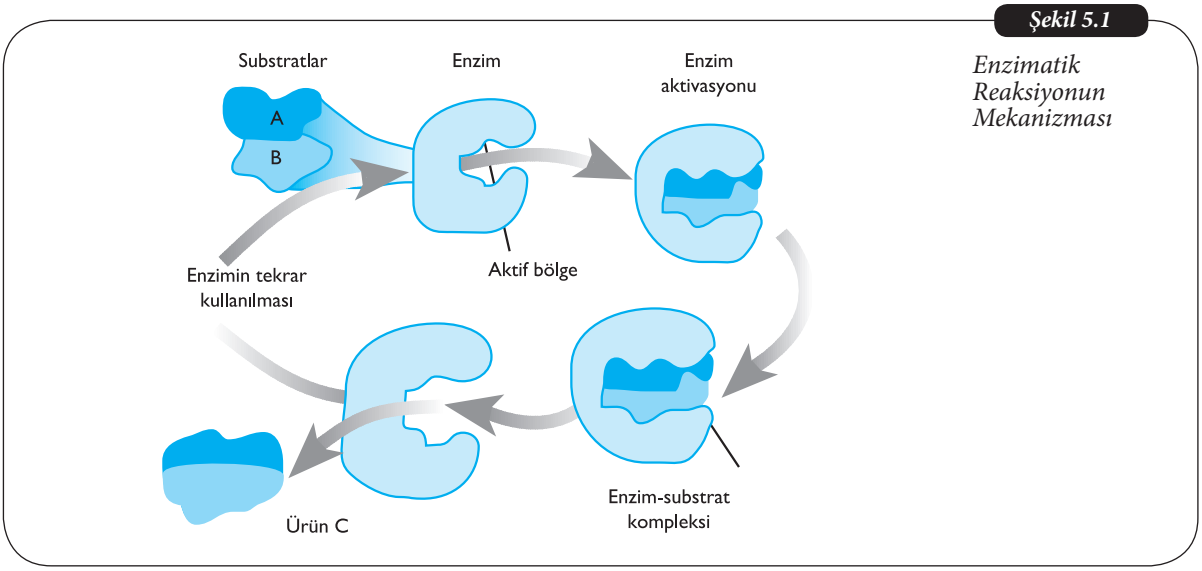
Anorganik katalizörlerle biyolojik katalizörler arasındaki farklar nelerdir?

Her enzimin hücre içinde özel görevi vardır ve hücrede bulunduğu yer bu görevi ile ilşkilidir. Çekirdekte bulunan enzimler daha çok genetik materyalin onarımı, kullanımı ile ilgilidir. Mitokondride bulunan enzimlerin çoğu enerji üretici veya hücresel çalışmalar için güç sağlayıcı olarak iş görür. Ribozomda yer alan enzimler protein sentezinde, lizozomda bulunanlar hücrenin daha fazla ihtiyaç duymadığı maddelerin parçalanması yani hücre içi sindirim işinde görev yaparlar. Plazmada kanın pıhtılaşması ile ilgili, hücre zarında madde geçişini sağlayan enzimler yer alır.

ENZİM REAKSİYONLARININ MEKANİZMASI

Enzimler (E) substratları (S) ile bağlanır. Substrat enzim tarafından etkilenen sadece o enzime özgü özel bir bileşiktir. Substrat enzimin aktif bölgesine bağlanır. Enzimin üzerinde bulunan, substratın bağlandığı özel yere enzimin aktif yeri veya aktif bölgesi denir. Bu yere aynı zamanda katalitik bölge de denilmektedir. Aktif

yer enzimin hacmine göre daha küçük ve üç boyutlu bir yapıya sahiptir. Enzimle substrat birbirine bağlandığında önce enzim-substrat bileşiği (ES kompleksi) meydana gelir. Daha sonra bu bileşik enzimatik reaksiyon sonucunda oluşan madde olarak tanımlanan ürüne (Ü) dönüşür (Şekil 5.1). Enzimler bir reaksiyonda birden fazla substratla bağlanabildiği gibi, reaksiyon sonucunda bir veya birden fazla ürün oluşabilir.



Şekil 5.1
Enzimatik Reaksiyonun Mekanizması

$$E + S \rightarrow ES \rightarrow E\ddot{U} \rightarrow \ddot{U}$$

Enzimin substrata bağlanması ile ilgili iki hipotez vardır;

Anahtar Kilit Modeli

Enzimle substrat arasındaki ilişki anahtarla kilit arasındaki bağlantıya benzer. Bir kilidi açmak istediğimizde ancak o kilide tam anlamıyla uygun anahtar elimizde varsa açabiliriz. Aksi halde açamayız. Aynı bunun gibi bir enzim reaksiyonunda da olay ancak o enzimin aktif yerine tam uyan bir substrat bağlanırsa gerçekleşir ve ürün meydana gelir.

Uyarılmış Uyum Modeli

Bu bağlanma tipinde başlangıçta enzimle substrat arasında tam bir yapısal benzerlik yoktur. Fakat birbirine uyabilecek enzim ile substrat bir ortamda bulunursa, önce bir ilk uyarı etkileşimi meydana gelmekte ve enzimin değişebilir (fleksible) özellikteki bağlanma bölgesi yapısal bir değişikliğe uğrayarak, substratının bağlanabileceği hale gelmektedir. Daha sonra yine enzimle substratı birbirine bağlanır ve ürün oluşur.

Bir reaksiyonun oluşabilmesi için sadece enzimle substratın birbirine bağlanması yani ES kompleksinin oluşumu yeterli değildir. Ortamda enerjiye de ihtiyaç vardır.

Reaksiyonun hızını artırmak için sıcaklığı artırabiliriz. Bu durumda ısıya bağlı olarak ortamdaki moleküllerin hareketi artar. Daha fazla iç enerji kazanarak **transisyon durumu** olarak ifade edilen reaksiyonun başlangıç kısmına yani geçiş noktasına ulaşırlar ve olay gerçekleşir. Moleküllerin büyük bir kısmı transisyon durumunda ise reaksiyon hızı yüksek, yalnız küçük bir kısmı transisyon durumunda ise reaksiyonun hızı düşüktür. Belli şartlar altında bir reaksiyonda bir mol

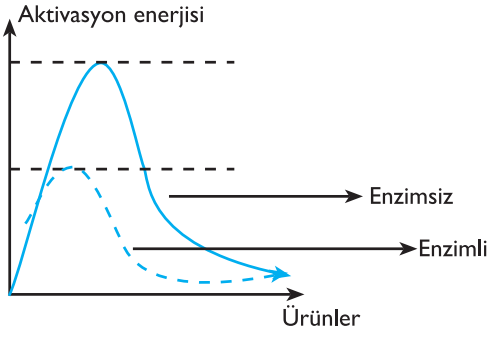
Transisyon Durumu (Geçiş Noktası): Enerji engelinin tepe noktasına denir.

substratı enerji engelinin tepe noktasına yani transisyon durumuna getirmek için gerekli olan enerjinin kalori cinsinden değerine aktivasyon enerjisi denir.

Reaksiyonun hızını artırmanın başka yolları ortama anorganik katalizör ya da biyolojik katalizör ilave etmektir. Bunu bir örnekle açıklayacak olursak; hidrojen peroksit (H_2O_2) kendi kendine çok yavaş olarak su ve moleküler oksijene parçalanmaktadır. Bir mol H_2O_2'nin kendiliğinden yıkımlanması için 18 kilokalori (kcal) enerjiye ihtiyaç vardır. Ortama katalizör olarak kolloidal platin ilave edildiği zaman aktivasyon enerjisi 11,7 kcal'e düşmektedir. Ortama katalaz gibi bir enzim ilave edildiğinde aktivasyon enerjisi 2 kcal'e düşmekte ve başlangıçta gerekli olan enerjiden dokuz kat daha az bir enerji ile reaksiyon başlamaktadır. Sisteme enzim ilave edilmesi, ES (enzim-substrat) bileşiğinin oluşması ve daha düşük enerji gereksinimi ile ürün oluşmasını sağlamaktadır. Buraya kadar anlatılan kısmı özetleyecek olursak; enzimler kimyasal reaksiyonların aktivasyon enerjisini düşürerek reksiyonların hızını artırmaktadır (Şekil 5.2).

Şekil 5.2

Enzimli ve Enzimsiz Reaksiyonların Aktivasyon Enerjisi Değişimleri



SIRA SİZDE 2

Enzimler bir reaksiyonun hızını nasıl artırırlar?

ENZİMLERİN İSİMLENDİRİLMESİ VE SINIFLANDIRILMASI

Başlangıçta bulunan enzimler hangi maddeye etki ediyorsa ya da hangi maddeyi parçalıyorsa o kelimelerin sonuna -az eki getirilerek isimlendirilmiştir. Örneğin peptitleri parçalayanlara peptidazlar, lipitleri parçalayanlara lipazlar, üreye etki eden enzime üreaz gibi isimler verilmiştir. Ancak bulunan enzim sayısı arttıkça yapılan bu pratik isimlendirme karışıklıklara yol açmıştır. Daha düzenli ve anlaşılır bir isimlendirmeye gereksinim duyulmuştur.

Enzimler iki şekilde isimlendirilirler;

Pratik ve Geleneksel İsimlendirme

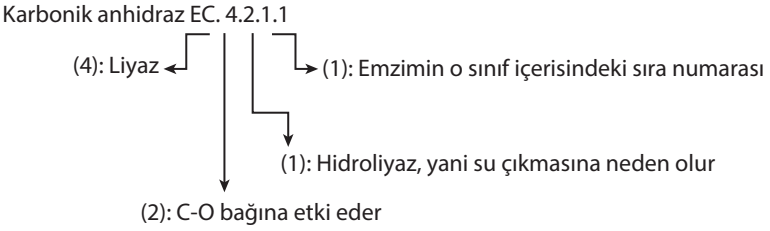
Günlük hayatta kullanılan isimlendirme şeklidir. Bu tip isimlendirme pratik olmasına rağmen bilimsel araştırmalar için yeterli değildir. Bunun yerine bilimsel çalışmalarda belli kurallara göre yapılan ve tüm dünyadaki araştırıcılar tarafından anlaşılabilen ve karışıklığa yol açmayan isimlendirme kullanılır. Pratik isimlendirmeye şu örnekleri verebiliriz; Oksidazlar, kinazlar, mutazlar, fosforilazlar.

Sistematik İsimlendirme

Uluslararası Biyokimya Birliği bir enzim komisyonu kurmuş ve bu komisyon 1964 yılında sistematik bir isimlendirme ve sınıflandırma yapmıştır. Daha sonra sistem üzerinde bazı değişiklikler yaparak, enzimleri altı ana enzim sınıfına ayırmışlardır. Bu tür isimlendirme enzimin katalize ettiği reaksiyonun özelliklerini belirgin şekilde tanımlamaktadır. Enzim, kod numaraları noktalarla ayrılmış dört rakamdan oluşur. İlk rakam altı ana enzim grubundan hangisine dahil olduğunu, ikinci rakam etki ettiği kimyasal yapıyı veya bağını, üçüncü rakam alıcısı olarak ifade edilen akseptörünü yani ayrılan grubun neye bağlanarak ya da neyin yardımıyla taşındığını anlatır, dördüncü rakam ise belli bir sınıfın içerisinde o enzimin sıra numarasını belirtir.

Enzimlerin bu isimlendirilmelerine bazı örnekler verelim;

Enzim Komisyon Numarası	Pratik ismi	Sistematik ismi
EC. 1.1.1.27	Laktat dehidrojenaz	NAD^+ oksidoredüktaz
EC. 1.4.3.3	D-aminoasit oksidaz	Oksijen oksidoredüktaz
EC. 4.2.1.1	Karbonik anhidraz	Karbonat hidroliyaz



Enzimlerin altı ana grubu şöyledir;

1. Oksidoredüktazlar
2. Transferazlar
3. Hidrolazlar
4. Liyazlar
5. İzomerazlar
6. Ligazlardır

Enzimlerin bu numaraları ve isimleri yer değiştiremez, nasıl ismi Ali olan bir arkadaşımıza aynı harfleri içeren ama tersten sıralanmış şekilde İla diye seslendiğimizde bize yanıt vermiyorsa, bir numara ile gösterilen enzim numarasının grubunu ligaz olarak söyleyemeyiz. Her zaman bu sıraya göre hangi grupta olduğunu bilmemiz gerekir. Ayrıca bu ana enzim grupları kendi içinde birçok alt gruplara (sub class) ayrılırlar. Alt gruplarda tekrar kendi içinde alt alt gruplar (sub-sub class) oluştururlar. Biz burada sadece basitleştirilmiş şekilde alt grupları inceleyeceğiz ve bunlara bazı örnekler vereceğiz.

Enzimlerin isimlendirilmesi ve sınıflandırılması için Enzyme Nomenculature (Academic Press, London,1992) kitabından yararlanabilirsiniz.

KİTAP

1. Oksidoretüktazlar: Oksidasyon redüksiyon reaksiyonlarının oluşumunu sağlayan enzimlerdir. Bu enzimler hidrojen veya oksijen atomlarını ya da elektronları bir substrattan diğerine aktarırlar. Örnek; laktat dehidrojenaz (LDH)

$$A_{oks} + B_{red} \rightarrow A_{red} + B_{oks}$$

2. Transferazlar: Aldehit, keton, fosfat gibi fonksiyonel grupları taşıma görevi yapan enzim ana sınıfıdır. Örnek; aspartat aminotransferaz (AST), alanin aminotransferaz (ALT)

$$Ax + B \rightarrow A + Bx$$

3. Hidrolazlar: Substratın çeşidine göre ester, eter, peptit gibi bağlar üzerine etki ederek, su aracılığı ile onları parçalayan enzimlerdir. Örnek; amilaz, üreaz, arjinaz

$AB + H_2O \rightarrow AOH + B + H$

4. Liyazlar: Hidrolizden başka bir mekanizma ile organik moleküllerdeki grupların ayrılmasını sağlayan enzimlerdir. Örnek; aspartat amonyak liyaz, pirüvat dekarboksilaz

$AB \rightarrow A + B$

5. İzomerazlar: Substratın izomerizasyonunu katalizlerler. Molekül içinde tekrar düzenlenmeyi sağlarlar. Örnek; glukoz fosfat izomeraz

$ABC \rightarrow ACB$

DİKKAT

İzomerizasyonla ilgili bilgi için karbonhidratlar konusuna bakınız.

6. Ligazlar: Daha büyük bir molekülü oluşturmak için iki metabolitin bağlanmasına neden olurlar. C–O, C–N veya C–C bağlarını kurarlar. Örnek; pirüvat karboksilaz, glutamin sentetaz, DNA ligaz

$A + B + ATP \rightarrow AB + ADP + Pİ$

ENZİM AKTİVİTESİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Enzimlerin aktivitesine etki eden çok fazla etken bulunmaktadır. Bunlardan önemli olan bazı faktörler sıcaklık, pH ve zamanın etkisi, enzim konsantrasyonu, substrat konsantrasyonu, reaksiyon ürünleri, çeşitli maddelerin ortamda bulunması olarak sıralanabilir.

Sıcaklığın Etkisi

Her enzimin en iyi etki ettiği yani en iyi çalıştığı sıcaklık derecesi vardır. Buna o enzimin optimum sıcaklık derecesi denir. Bu derecenin üzerinde enzimler üç boyutlu yapılarını kaybederek denatüre olurlar ve reaksiyon hızı düşer. Hayvansal enzimlerin çoğunun optimum sıcaklığı 40-50 °C arasında iken, bitkisel kaynaklı enzimlerin genellikle 50-60 °C arasındadır. Enzimler yüksek sıcaklıklara çoğu zaman dayanamadıkları için, canlı dokulardan çeşitli kimyasal reaksiyonlar sonucu elde edilen enzimlerin, derin dondurucu gibi soğuk yerlerde saklanmak suretiyle belli süre için bozulmaları engellenir. Kimyasal reaksiyonların hızı sıcaklık arttıkça artar. Her 10 °C sıcaklık yükselmesinde hız iki kat artar ancak enzimin çalışmasına engel olacak kadar yükseldiğinde beklenenden farklı olarak reaksiyon hızı yavaşlar hatta durabilir, sıcaklığın etkisi ortadan kalktığında tekrar eski durumuna dönebilir. Fakat enzimin yapısını bozacak kadar sıcaklık uygulanmasından sonra enzim tekrar eski haline dönemez.

pH'nın Etkisi

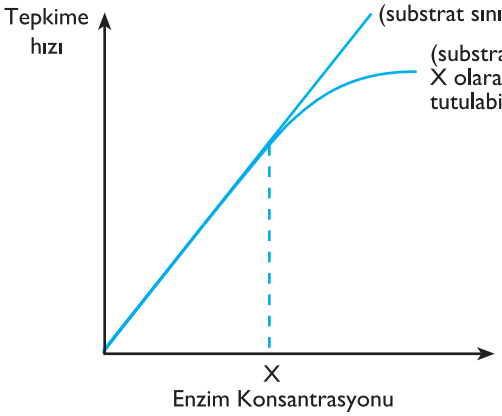
Enzimin en aktif olduğu pH derecesine o enzimin optimum pH değeri denir. Enzimler pH değişimlerine çok hassastır. Optimum pH değerlerinden daha düşük veya daha yüksek değerlerde reaksiyon hızı düşer ve değişik pH'lar enzimi denatüre edebilir. Enzimlerin çoğunun optimum pH'ları 5-7 değerleri arasındadır. Örneğin tripsin 7 pH'da en iyi çalışır, fakat midede bulunan pepsin gibi enzimler 1-2 gibi çok düşük pH'larda en iyi aktivite gösterirler.

Zaman

Enzim ile katalize edilen reaksiyonun hızı zamanla azalır. Bunun sebebi reaksiyon ürünlerinin kendi aralarında birleşerek, zıt yönde bir reaksiyon meydana getirmeleridir. Başka bir deyişle enzimin zamanla inaktive olması veya substratın tükenmesidir. Bu nedenle enzimatik ölçümler substratın % 10'nun kullanıldığı başlangıç kısmında yapılır.

Enzim Konsantrasyonu

Substrat konsantrasyonu sabit tutularak enzim konsantrasyonunun artırılması durumunda, reaksiyon hızı da orantılı olarak artar (Şekil 5.3) Çünkü her enzim birbirinden bağımsız olarak iş görür.

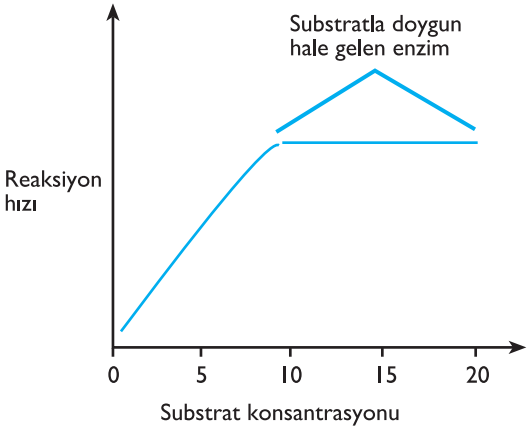


Şekil 5.3

Enzim Konsantrasyonuna Göre Reaksiyon Hızının Değişimi

Substrat Konsantrasyonu

Sabit bir enzim konsantrasyonunda, enzimatik reaksiyonun hızı belirli bir noktaya kadar, substrat konsantrasyonu ile artar. Hız maksimuma ulaştığı zaman substrat konsantrasyonunun artması ile reaksiyon hızı değişmez (Şekil 5.4). Enzim substrat ile doymuştur. Substrat konsantrasyonu enzim miktarını aştığı zaman yeni substratlarla birleşebilmek için enzimlerin görevlerini tamamlayıp, reaksiyondan ayrılması ve tekrar yeni substratları katalize etmek için olaya katılması gerekir. Bu durumda hız sabit olarak devam eder.



Şekil 5.4

Substrat Konsantrasyonuna Göre Reaksiyon Hızının Değişimi

Reaksiyon Ürünleri

Bir enzim reaksiyonunun hızı zamana bağlı olarak reaksiyonda meydana gelen ürünlerin artmasından dolayı azalır. Enzim reaksiyonları genelde iki yönlü olarak çalışır.

$$C \xleftrightarrow{E} D + F$$

Ürün oluştuğu zaman ortamdan çabuk bir şekilde uzaklaştırılmazsa oluşan bu ürünlerin bazıları substratla yapısal benzerliklerinden dolayı enzimle birleşerek onun yeni substratlara bağlanmasına engel olur.

Çeşitli Maddelerin Ortamda Bulunması

Aktivatörler, inhibitörler, ışık, radyasyon v.b. etkenler enzim aktivitesini değiştirirler.

Aktivatörler

Enzim reaksiyonlarının hızını artıran maddelere aktivatörler, aktivatörlerin etkisi ile enzim reaksiyonunun hızının artmasına aktivasyon denir. Aktivatörlere aynı zamanda akseleratörler veya hızlandırıcılarda denir. Bunlar başlıca metal iyonları olup, eser haldeki miktarları bazı enzimlerin aktivitesi için gereklidir. Ca^{+2}, Fe^{+2}, Mo^{+2}, Mg^{+2}, Mn^{+2}, Cu^{+2} ve buna benzer metaller aktivatör olarak iş görür. Aktivatörler reaksiyonun hızını ya substratla birleşerek gösterirler veya serbest enzime bağlanarak etki ederler. Enerjice zengin trifosfatlardan olan ATP (adenozin trifosfat), UTP (uridin trifosfat), CTP (sitidin trifosfat) ile Mg^{+2} (mağnezyum) ve Mn^{+2} (mangan) iyonlarının bağlanması, substrata bağlanarak etki edenlere örnek olarak gösterilebilir. Serbest enzime bağlanarak etki eden gruba örnek ise karbonik anhidraz enzimine Zn (çinko), karboksipeptidaz enzimine Co (kobalt) mineralinin bağlanmasıdır.

İnhibitörler

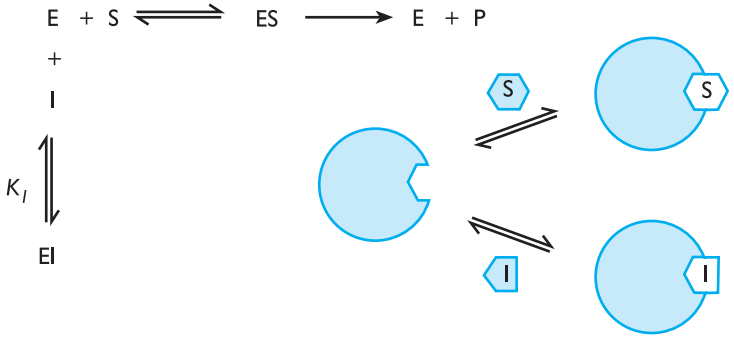
Enzimatik reaksiyonun hızını azaltan veya tamamen durduran maddelere inhibitörler denir. İnhibitörler vasıtası ile enzimatik reaksiyonun hızının azalmasına veya durmasına da inhibisyon denir. Enzim inhibisyonu, enzim aktivitesini deneysel ve doğal olarak düzenleyen yollardan biridir. Çoğu tedavi edici ilaçlar spesifik bir enzimin inhibisyonu ile etkili olurlar. Vücutta enzim inhibisyonu ile kontrol edilen işlemlerin bazıları kanın pıhtılaşması (hemostazis), kan pıhtısının çözülmesi (fibrinolizis) ve **yangısal** reaksiyonlardır. Enzim inhibisyonları geriye dönüşümlü (reversible) ve geriye dönüşümsüz (irreversible) olarak ikiye ayrılır. Bunların da kendi içinde alt grupları vardır.

Geriye Dönüşümlü (Reversibl) İnhibisyon

Kompetitif İnhibisyon

Kompetitif inhibisyonda inhibitör aktif yere bağlanmak için yarıştığı substrata yapısal olarak benzerlik gösterir. Kelime anlamı, yarışmalı inbisyondur. Substrat ile inhibitör enzime bağlanırken yarış halinde olduklarından dolayı böyle adlandırılır. Biri bağlandığında diğerinin bağlanmasına engel olur (Şekil 5.5). Kompetetif inhi-

bisyona örnek olarak endüstride yaygın şekilde kullanılan metil alkolün, insanlar tarafından kimi zaman yanlışlıkla etil alkol yerine tüketilmesi durumunda çok zararlı sonuçların ortaya çıkmasıdır. Metil alkol vücutta çok zararlı maddelere parçalanır.Bu zararlı maddelerin etkisini azaltabilmek için erken dönemde metil alkol ile zehirlenmiş bir canlıya etil alkol verilerek kompetitif inhibisyon oluşması sağlanır. Verilen etil alkol, metil alkolün alkol dehidrojenaz enzimine bağlanmasına engel olur. Ne kadar erken dönemde bu işlem yapılırsa, o kadar fazla başarı elde edilebilir. Bu tür olaylara sahte içki üretiminde kullanılan, metil alkolle meydana gelen zehirlenmelerde veya boya fabrikalarında beslenen güvenlik köpeklerinde boyalarla bulaşık gıda maddelerinin tüketimi sonucunda sıklıkla rastlanmaktadır. Ayrıca cam temizleme suyu ve benzeri kimyasal maddeleri içen küçük çocuklarda görülen bazı nadir olaylarda erken müdahale işlemlerinde yine etil alkol kullanılmaktadır.

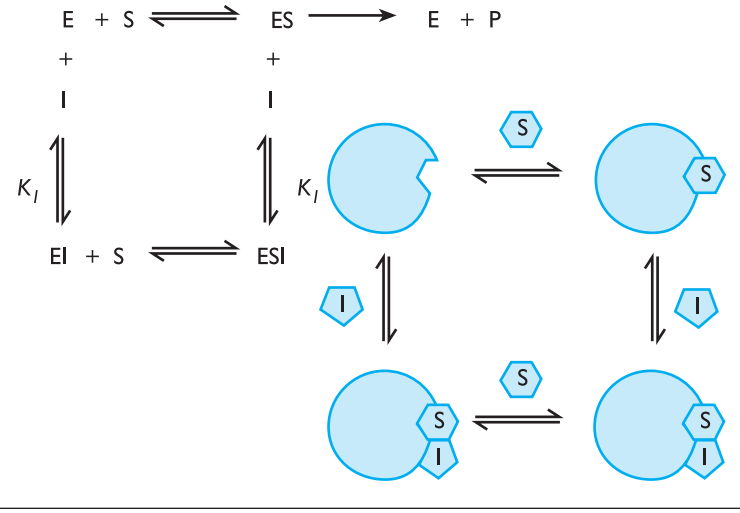


Şekil 5.5

Kompetitif İnhibisyonda Enzime Substrat ve İnhibitörün Bağlanması

Nonkompetitif İnhibisyon

Nonkompetitif inhibisyonda inhibitör genellikle subtrata yapısal olarak benzerlik taşımaz. Enzime substratın bağlandığı bölgeden farklı bir yerden bağlanır (Şekil 5.6). İnhibitörle substrat arasında enzime bağlanma bakımından yarışma mevcut değildir. Bu inhibisyon substrat konsantrasyonunun artışından etkilenmez. İnhibitör ya bir serbest enzime veya bir enzim-substrat kompleksine bağlanabilir. Her iki durumda da oluşan kompleks katalitik olarak inaktiftir. Örnek olarak kurşun zehirlenmesi (Pb) verilebilir ve bu durum hemoglobinin yapısını oluşturan hem sentezinde iki yerde inhibisyonla anemiye neden olur.



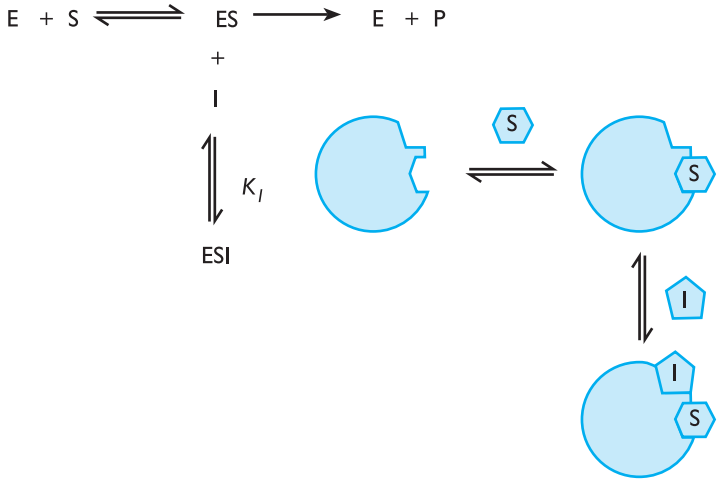
Şekil 5.6

Nonkompetitif İnhibisyonda Enzime Substrat ve İnhibitörün Bağlanması

Ankompetitif İnhibisyon

Ankompetitif inhibisyonda, inhibitör sadece enzim-substrat kompleksine bağlanır ve ESİ kompleksi oluşur (Şekil 5.7). Reaksiyon gerçekleşmez. Ortama substrat ilave edilmesi inhibitörün bağlanma olasılığını artırabilir.

Şekil 5.7
Ankompetitif İnhibisyonda Enzime Substrat ve İnhibitörün Bağlanması



Geriye dönüşümlü inhibisyon çeşitlerinin farkları Tablo 5.1'de özetlenmiştir.

Tablo 5.1
Geriye dönüşümlü (reversibl) inhibisyonlar arasındaki farklar

Kompetitif	Nonkompetitif	Ankompetitif
İnhibitör substratın yapısal analoğudur	İnhibitör substrata yapısal benzerlik taşımaz	İnhibitör sadece ES bileşiğine bağlanır
İnhibitör ile substrat arasında enzime bağlanma açısından yarışma söz konusudur, birisi bağlandığında diğeri bağlanamaz	İnhibitör ile substrat arasında enzime bağlanma yönünden yarışma yoktur, çünkü inhibitör substratın bağlandığı bölgeden farklı bir yerden enzime bağlanır	Ortama substrat ilave edilirse ES bileşiği fazla olur ve inhibitör bağlanma riski artar
İnhibitör sadece serbest enzime bağlanır	İnhibitör hem serbest enzime hemde ES bileşiğine bağlanabilir	
Ortama substrat ilave edilirse substratın bağlanma olasılığı artar	İnhibisyon substrat artışından etkilenmez	

İNTERNET **İnhibisyon çeşitleri ile ilgili bilgi için www.mustafaaltinisik.org.uk adresinden yararlanabilirsiniz.**

SIRA SİZDE 3 **Enzime bağlanma yönünden geri dönüşümlü (reversibl) inhibitörler arasında ne fark vardır?**

Geriye Dönüşümsüz (İrreversibl) İnhibisyon

İnhibitör enzimin aktif yeri ya da yakınında reaksiyona girdiğinde ve enzime sıkıca bağlandığında meydana gelir. Fiziksel ayırma işlemleri enzimden inhibitörü uzaklaştırmada etkisizdir. İnhibitör uzaklaştırılsa bile enzimin yapısında meydana getirdiği kalıcı bozukluklardan dolayı tekrar eski haline dönemez. Bu nedenle geriye dö-

nüşümsüz olarak ifade edilir. Asetilkolinin asetat ve koline hidrolizini katalizleyen asetilkolin esteraz enziminin inaktivasyonu geriye dönüşümsüz inhibisyona güzel bir örnektir. Asetilkolin nörotransmitter bir maddedir, yani iki nöron arasında ya da bir nöronla kas iplikçiği arasında sinirsel uyarıların iletimini sağlar. Nöron ucuna bir sinir uyarısı geldiğinde buradan asetilkolin maddesi serbest bırakılır, bu madde uyarıyı ya sinir iplikçiği boyunca iletir ya da bir kasın kasılmasına öncülük eder. Görevini tamamlayınca asetilkolin esteraz enzimi tarafından hızla parçalanır. Ancak diizopropil fosfofloridat (DPF) gibi kimyasal bir madde asetilkolini parçalayan asetilkolin esteraz enzimini inhibe ederse, sinirsel uyarı sürekli devam eder. Bu durum felç oluşumuna yol açar. DPF insektisitler ve sinir gazlarının temel bileşenidir. Bu madde ikinci dünya savaşında sinir gazı olarak kullanılmış ve solunum kaslarında **felç** oluşumu sonucu birçok insan hayatını kaybetmiştir.

Felç: Kas ya da sinirlerin fonksiyon yapamamasından ileri gelen hareket azalması ya da tamamen hareketsizlik durumu.

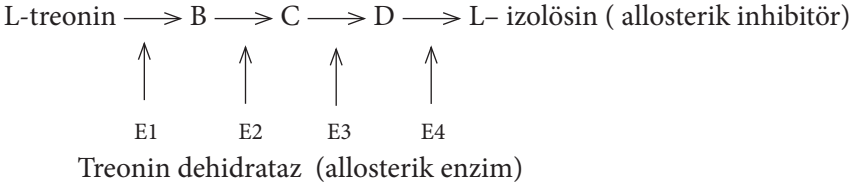
ALLOSTERİK ENZİMLER, İZOENZİMLER VE KOENZİMLER

Allosterik Enzimler

Metabolizmada bazı çoklu enzim sistemlerinin çalışmasında, son ürünün miktarı hücre gereksinimini aştığında, metabolik yolun son ürünü tarafından veya dışarıdan başka bir madde tarafından bu enzim sisteminin düzenleyici enzimi inhibe edilir. Düzenleyici enzime ait reaksiyon yavaşladığında, bütün ardışık enzimler de substratları azaldığı için düşük hızlarda çalışırlar. Böylece metabolik yoldaki son ürününün üretim hızı hücrenin gereksinimiyle dengeye gelir. Bu şekilde üzerinde yer aldıkları bir metabolik geçidin düzenli çalışmasını sağlayan ve o metabolik geçit ile ilgili son ürün veya başka bir molekül tarafından aktiviteleri kontrol edilen enzimlere allosterik enzimler denir. Allosterik enzimler sayesinde metabolik yolların çalışmasının düzenlenmesi olayına feed-back inhibisyon, başa tepki, son ürün inhibisyonu, geri itilim gibi isimler verilmektedir. Allosterik enzimlerce katalize edilen reaksiyonların hızını düzenleyen maddelere **effektör**ler veya modülatörler denir. Allosterik enzime bağlanmak suretiyle reaksiyonu yavaşlatan veya durduran maddelere negatif effektör veya modülatör, reaksiyonu hızlandıran maddelere ise pozitif effektör veya modülatör denir. Negatif effektörün bağlanması ile reaksiyon hızının azalması veya durması allosterik inhibisyon olarak isimlendirilir. Benzer şekilde pozitif effektörün bağlanması ile reaksiyon hızının artması ise allosterik aktivasyon olarak adlandırılır. Allosterik effektör substratın kendisi ise homotropik effektör, substrattan başka bir madde ise heterotropik effektör denir. Bazı enzimler birçok allosterik bölgeye sahiptir ve bunların bir kısmı pozitif bir kısmı da negatif effektörler içindir.

Effektör: Allosterik enzimlere etki eden maddelere effektör veya modülatör denir.

Allosterik inhibisyonun keşfedilen ilk örneklerinden biri, beş basamakta L-treoninin, L-izolösine dönüşümünü katalizleyen bakteriyel enzim sistemidir. Bu sistemde ilk enzim treonin dehidrataz, son ürün izolösin tarafından inhibe edilir. Bu sistemdeki başka bir ara ürün treonin dehidratazı inhibe edemez. İzolösin enzim molekülünde aktif yerin dışında bir yere geri dönüşümlü olarak bağlanır. Ürün oluşumunu durdurur. Hücrenin izolösine gereksinimi olduğunda tekrar eski haline dönerek, çalışmaya devam eder.

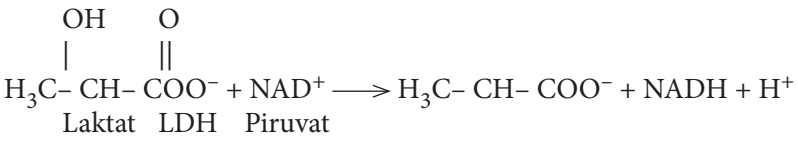


İzoenzimler

İzoenzimler: Kimyasal yapıları farklı, katalizledikleri reaksiyon aynı olan enzimlere izoenzimler denir.

Birden fazla molekül şeklinde bulunan enzimlere **izoenzimler** denir. Aynı kimyasal reaksiyonu katalize ettikleri halde kinetik özellikleri, aminoasit bileşimleri ve hatta dizeleri bakımından farklılık gösterirler. Aynı zamanda izoenzimlerin fiziksel, kimyasal ve immunolojik özellikleri bakımından belirgin farklar vardır.

Laktat dehidrojenaz (LDH) laktatın piruvata dönüşümünü katalizleyen beş izoenzime sahip bir enzimdir.



Laktat dehidrojenaz izoenzimleri kuarterner yapı düzeyinde birbirinden farklılıklar gösterirler. Aktif molekül H ve M tipli polipeptit zincirlerinin dört monomerinden oluşur. Bu monomerler beş farklı şekilde birbiriyle birleşerek beş izoenzimi oluştururlar. Eğer bir reaksiyon hücrenin hem sitozolünde hem de mitokondrisinde meydana geliyorsa, genellikle farklı izoenzimler tarafından katalize edilir.

LDH izoenzimleri	İzoenzimde Yer Alan Monomerler
LDH_1	HHHH
LDH_2	HHHM
LDH_3	HHMM
LDH_4	HMMM
LDH_5	MMMM

SIRA SİZDE 4

Allosterik enzimi nasıl tanımlarsınız?

Koenzimler

Çoğu enzimlerin aktivite gösterebilmesi için protein yapısında olmayan organik maddelere ihtiyaç duyduğunu ve bunların koenzim olarak isimlendirildiğini konunun başlarında belirtmiştik. Koenzimler enzime sıkı bir şekilde bağlanmışsa, buna da prostetik grup adı veriliyordu. Burada önemli bazı koenzim grupları ve bunların basitçe görevleri hakkında bilgiler yer alacaktır.

Koenzimler, genellikle bir atom veya atom grubu için alıcı (akseptör) veya verici (donör) rolü üstlenerek, bu grupları küçük substrat moleküllerinden alarak veya ilave ederek, grup transferinde, izomerizasyon reaksiyonlarında, oksidasyon redüksiyon olaylarının gerçekleşmesinde rol oynarlar.

Koenzimler başlıca üç grupta toplanabilir;

Enerjice Zengin Trifosfatlar

Bunlara daha çok endotermik metabolizma reaksiyonlarında ihtiyaç duyulur.

a. **ATP (Adenozin trifosfat):** ATP'nin fosfat grubu bir substrata aktarılarak ADP (Adenozin difosfat) ve fosforile substrat oluşur. İki fosfat grubu da substrata aktarılırsa, AMP (Adenozin monofosfat) ve pirofosfat oluşur.



b. **UTP (Uridin trifosfat)**
c. **CTP (Sitidin trifosfat)**
d. **GTP(Guanozin trifosfat)**

Grup Nakleden Koenzimler

a. **Pridoksal Fosfat:** Aminoasitlerin transaminasyon ve dekarboksilasyon reaksiyonlarında görev yapar,
b. **Tiyamin Pirofosfat:** Alfa-ketoasit dekarboksilazların aktif merkezini oluşturur,
c. **Koenzim A (CoA):** Asetil gruplarının taşınmasında görev yapar,
d. **Tetrahidrofolik Asit (Fol H_4):** Metanol, formaldehit gibi bir karbonlu birimlerin metabolizmasında rol oynar,
e. **Biotin:** Karboksil gruplarının taşınmasında görevi vardır,
f. **Kobalamin (B_{12} vitamini):** Metil malonil CoA'nın süksinil CoA'ya dönüşümünde gereklidir,
g. **Lipoik asit:** Açil gruplarının taşınmasında görev yapar.

Vitaminlerin koenzim görevleri için kitabın Vitaminler ünitesine bakınız.

DİKKAT

C, H, O ve Elektron Taşıyan Koenzimler

a. **NAD (Nikotinamid adenin dinükleotid) ve NADP (Nikotinamid adenin dinükleotid fosfat:** Altı ana enzim grubundan olan oksidoredüktazların koenzimidirler,
b. **FAD (Flavin adenin dinükleotid) ve FMN (Flavin mono nükleotid):** Oksidoredüksiyon reaksiyonlarının büyük bir kısmını katalize ederler,
c. **Koenzim Q (Ubikinon):** Biyolojik oksidasyon sisteminde elektron taşınmasında yer alır,
d. **Demirli porfirinler:** O_2 ve elektron taşıyan enzimlerin prostetik grubudur,
e. **Koenzim olarak Cu:** Askorbik asit oksidaz, ürikaz, tirozinaz ve benzeri enzimlerin prostetik grubudur.

Özet

Enzim terminolojisini açıklamak.

Canlının yaşamının devamı ve metabolizma olaylarının düzenli bir şekilde çalışması için enzimler olmazsa olmaz maddelerden birisidir. Enzim konusunu anlayabilmek için enzimlerle ilgili bazı kavramları iyi bilmek gerekir. Bunlar; katalizör, substrat, kinaz, proenzim, holoenzim, kofaktör, koenzim, prostetik grup ve benzeridir. Bir reaksiyonu hızlandıran fakat kendisi reaksiyondan değişmeden çıkan maddelere katalizör, canlı hücreler tarafından sentezlenen, etki yapabilmesi için hücreye gereksinim duymayan, ısıya dayanıksız, protein tabiatında, biyolojik katalizörlere de enzim denir. Enzimin protein yapısındaki kısmına apoenzim denir. Bazı enzimler sadece protein yapısındadır ve bu enzimlerin aktivitesi için başka bir gruba ihtiyacı yoktur. Bazı enzimlerin ise katalitik etki gösterebilmesi için metal iyonu ya da protein olmayan organik bir bileşiğe veya her ikisine de ihtiyacı vardır. Yardımcı bu iyon ve bileşiklere genel olarak kofaktör denir. Organik bileşikler enzimin protein kısmı ile oldukça sıkı birleşmiş kolay ayrılmıyorsa, prostetik grup, pek sıkı birleşmemiş, kolay ayrılabiliyorsa koenzim adını alır. Koenzim ve apoenzimden meydana gelen tam bir enzime de holoenzim denir. Enzimin hücre içinde inaktif durumda olan haline proenzim veya zimojen ismi verilirken, inaktif enzimi aktif enzim haline getiren maddeler kinaz olarak adlandırılır. Enzimin etki ettiği maddeye substrat, bu etki sonucunda meydana gelen madde veya maddeler de ürün olarak isimlendirilir.

Enzim reaksiyonlarının mekanizması ve etki biçimini tanımlamak.

Enzimlerin hem in vivo hem in vitro etki gösterebilmesi için öncelikle kendisi için özel olan substratı ile bağ yapması gerekir. Enzimin substratına bağlanma mekanizmasını açıklayan iki hipotez vardır. Bunlar anahtar kilit modeli ve uyarılmış uyum modelidir. Aynı zamanda enzimlerin etkisini göstermesi için yardımcı gruplara gereksinimi varsa, bunların da ortamda bulunması kaçınılmazdır. Reaksiyonun başlayabilmesi için ortamda enerji gereksiniminin de giderilmesi lazımdır. Zaten enzimler raksiyonun başlaması için gerekli bu aktivasyon enerjisini düşürerek reaksiyonların daha hızlı çalışmasını sağlarlar. Enzimle substrat birbirine bağlandığında önce enzim-substrat bileşiği meydana gelir. Daha sonra bu bileşik enzimatik reaksiyon sonucunda oluşan madde olarak tanımlanan ürüne dönüşür. Oluşan ürün kullanılmak üzere serbest kalır. Görevini tamamlayan enzim ise yeni bir reaksiyon için tekrar substratı ile birleşir. Enzimler bir reaksiyonda birden fazla substratla bağlanabildiği gibi, reaksiyon sonucunda bir veya birden fazla ürün oluşabilir.

Enzimlerin isimlendirme sistematiğini ve önemini söylemek.

Yapılan çalışmalar sonucunda bulunan enzimler önceleri hangi maddeye etki ediyorsa ya da hangi maddeyi parçalıyorsa, onun adının sonuna -az eki getirilerek isimlendirilmeye başlanmıştır. Ancak bulunan enzimlerin sayısı arttığında, bazı karışıklıkların ortaya çıkmasıyla, Ulusal Biyokimya Birliği tarafından enzimler için özel bir adlandırma sisitemi uygulanmaya başlamış ve yanlış anlaşılmalara son verilmiştir. Bu sistematik isimlendirmede her enzim dört rakam ile ifade edilmektedir.

Enzim aktivitesine etki eden faktörleri sıralamak.

Enzimlerin çalışma mekanizmasına etki eden çok fazla faktör sıralanabilir. Bunlardan bazıları sıcaklık, pH, zaman, substrat konsantrasyonu, enzim konsantrasyonu, reaksiyon ürünleri, inhibitörler ve aktivatörlerdir. Herbir etkenin kendine özgü özellikleri ve önemi vardır.

Enzim inhibisyonları ve allosterik enzimleri tanımlamak.

Enzimatik reaksiyonlar çeşitli maddelerin ortama katılması ile hızlanabilir veya yavaşlayabilirler. Bu maddelerin etkisi kısa bir süre için, yani madde ortamdan uzaklaşıncaya kadar devam edebildiği gibi, madde veya maddelerin ortamdan uzaklaşmasından sonra da devam edebilir. Başka bir deyişle geri dönüşümü olan veya geri dönüşümü olmayan olaylar meydana gelebilir. Ayrıca metabolik bir geçitte yer alan ve ard arda reaksiyonlarda görev yapan enzimlerin etkisiyle meydana gelen bir ürün veya dışarıdan bir madde bu metabolik yolun çalışmasını, bu yol üzerinde görev yapan enzimlere etki ederek düzenleyebilir.

Kendimizi Sınayalım

1. Aşağıdakilerden hangisi enzimlerin özelliklerinden biri **değildir?**

a. Canlı hücrelerde sentezlenirler.
b. Isıya dayanıklıdırlar.
c. İn vitro ortamda etki gösterebilirler.
d. Anorganik katalizörlerden farklıdırlar.
e. Protein yapısına sahiptirler.

2. Hangi enzimde apoenzim holoenzime eşittir?

a. Katalaz
b. Sitokrom oksidaz
c. Tirozinaz
d. Askorbik asit oksidaz
e. Tripsin

3. Ligazlar ana enzim grubuna ait bir enzimin E.C. numarası hangi rakamla başlar?

a. 1
b. 3
c. 4
d. 5
e. 6

4. E.C. 3.2.1.1 olan enzim, hangi ana enzim grubuna aittir?

a. Liyaz
b. Ligaz
c. Hidrolaz
d. Transferaz
e. İzomeraz

5. İnaktif enzimi aktif enzim haline çeviren maddelere ne ad verilir?

a. Proenzim
b. Kinaz
c. Holoenzim
d. Apoenzim
e. Zimojen

6. Aşağıdakilerden hangisinde inhibitör sadece ES bileşiğine bağlanır?

a. İrreversibl
b. Nonkompetitif
c. Ankompetitif
d. Kompetitif
e. Hiçbiri

7. Metil alkolün etkisini azaltmak için etil alkolün kullanılması hangi inhibisyona örnektir?

a. Kompetitif
b. Nonkompetitif
c. Ankompetitif
d. İrreversibl
e. Hiçbiri

8. Laktat dehidrojenaz enziminin kaç izoenzimi vardır?

a. 3
b. 2
c. 4
d. 5
e. Hiç yok

9. Hangisi enerjice zengin trifosfatlardan biridir?

a. Biotin
b. Lipoik asit
c. CoA
d. GTP
e. B12 vitamini

10. Grup nakleden koenzimlerden hangisi asetil gruplarının taşınmasında görev yapar?

a. Biyotin
b. Kobalamin
c. Lipoik asit
d. Tiyamin pirofosfat
e. Koenzim A

Okuma Parçası

Enzimlerin Klinik Tedavi ve Endüstri Alanlarında Kullanılması

Çoğu enzimler hayat olaylarını düzenlediklerinden bunların aktivitelerindeki artış ve azalışlar, normal fonksiyon bozulmalarına ve hastalıklara neden olmaktadır. Bu nedenle vücut sıvılarında, kanda ve idrarda bulunan enzimlerin aktivasyonu bazı hastalıkların teşhisine olanak sağlamaktadır. Bazıları ise tedavi edici amaçla kullanılabilmektedir. Enfekte yaralar, yanıklar veya lezyonlar iltihaplı maddeler içerirler. Fibrinolizin, deoksiribonükleaz enzimi bu iltihapları sindirir. Kimotripsin A katarakt ameliyatlarında bölgesel olarak zonula ipliklerini yok etmede kullanılır. Bundan başka tripsin kan pıhtılarının proteolizinde, hiyaluronidaz travmadan sonra biriken doku sıvılarının dağıtılmasında kullanılır. Lizozim yumurta akında, tükrükte, burun salgısında ve lökositlerde bulunan bir globulindir. Mikroorganizmalarda da bulunur. Mikroplarda bulunan mukopolisakkaritleri parçalayarak onlar üzerine öldürücü etki yaparlar.

Sağlık yönünden bu kullanımlarının yanında son yıllarda biyoteknoloji alanında gelişmelerle elde edilen enzimlerin kullanımının en fazla olduğu alan gıda endüstrisidir. Proteazlar ve amilazlar bu alanda en çok kullanılan enzimlerdir. Bitkisel bir protein olan ve papaya bitkisinden elde edilen papain et yumuşatıcısı olarak uygulanmaktadır. Ayrıca gıda endüstrisinde pastörizasyon ve sterilizasyonun istenilen şartlarda uygulanıp uygulanmadığını ortaya koymak için yine enzimlerden faydalanılmaktadır. Uygun bir pastörizasyon yapılmışsa, alkali fosfataz enzimi aktivitesini kaybetmektedir. Yine enzim kullanımının en fazla olduğu bir başka alan da deterjan endüstrisidir. Deterjanlar kullanılacakları alana göre bileşimi değişen kompleks karışımlardır. Bazı deterjanlar alkali koşullarda aktivite gösteren alkali proteaz enzimlerini içerirler, bazı deterjanların yapımında da amilaz ve lipazlar kullanılmaktadır. Bu enzimlerin etkisi ile özellikle protein, yağ ve nişastanın tesiriyle oluşan kirlilikler giderilmeye çalışılmaktadır. Deri ve tekstil endüstrisinde ise deriden yünün kolay ayrılması için bakteriyel proteazlar kullanılmaktadır. Ayrıca çeşitli selülozlu atıkların karbon kaynağı olarak kullanılmasında, kalitesiz yağlardan daha kaliteli yağların elde edilmesinde enzimlerden yararlanılmaktadır. Yapılan pek çok araştırma sonucunda enzimlerin kullanım alanları giderek artmaktadır.

Kendimizi Sınayalım Yanıt Anahtarı

1. b	Yanıtınız yanlış ise, "Enzimler ve Özellikleri" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
2. e	Yanıtınız yanlış ise, "Enzimler ve Özellikleri" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
3. e	Yanıtınız yanlış ise, "Enzimlerin İsimlendirilmesi ve Sınıflandırılması" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
4. c	Yanıtınız yanlış ise, "Enzimlerin İsimlendirilmesi ve Sınıflandırılması" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
5. b	Yanıtınız yanlış ise, "Enzimler ve Özellikleri" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
6. c	Yanıtınız yanlış ise, "Enzim Aktivitesine Etki Eden Faktörlerden İnhibitörler" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
7. a	Yanıtınız yanlış ise, "Enzim Aktivitesine Etki Eden Faktörlerden İnhibitörler" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
8. c	Yanıtınız yanlış ise, "Allosterik Enzimler ve İzoenzimler" konusunu yeniden gözden geçiriniz
9. d	Yanıtınız yanlış ise, "Koenzimler" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
10. e	Yanıtınız yanlış ise, "Koenzimler "konusunu yeniden gözden geçiriniz.

Sıra Sizde Yanıt Anahtarı

Sıra Sizde 1

Enzimler katalizör olarak nitelendirilseler de bazı yönleri ile anorganik katalizörlerden ayrılırlar. Anorganik katalizörler çok çeşitli reaksiyonları katalize ettikleri halde, enzimler ancak kendileri için özel (spesifik) olan belirli maddeler üzerine etki gösterirler. Anorganik katalizörler katalize ettikleri reaksiyon tarafından değiştirilmezler ve reaksiyon sonunda miktar olarak yeniden elde edilirler, enzimler ise aktiviteleri sırasında az çok tahrip olurlar, bu nedenle vücutta devamlı sentez edilmeleri gerekir.

Sıra Sizde 2

Reaksiyon sistemine enzim ilave edilmesi, ES bileşiğinin oluşması ve daha düşük enerji gereksinimi ile ürün oluşmasını sağlamaktadır. Daha çok substrat aktivasyon enerjisi engelini aşacak, reaksiyonun hızı artacak ve birim zamanda oluşan ürün oluşumu fazlalaşacaktır. Serbest kalan enzim ortamdaki diğer substratlara bağlanacak, onların da aktivasyon enerjilerini düşürecek ve ürüne dönüşümü hızlandıracaktır. Yani enzimler kimyasal reaksiyonların aktivasyon enerjisini düşürerek reaksiyonların hızını artırmaktadır.

Sıra Sizde 3

Kompetitif inhibisyonda inhibitör sadece serbest enzime bağlanır, nonkompetitif inhibisyonda inhibitör hem serbest enzime hem de ES bileşiğine bağlanır ve ankompetetif inhibisyonda ise inhibitör sadece ES bileşiğine bağlanır.

Sıra Sizde 4

Üzerinde yer aldıkları bir metabolik geçidin düzenli çalışmasını sağlayan ve o metabolik geçit ile ilgili son ürün veya başka bir molekül tarafından aktiviteleri kontrol edilen enzimler allosterik enzimler olarak tanımlanır.

Yararlanılan Kaynaklar

Bayşu Sözbilir, N., Bayşu, N. (2008). **Biyokimya.** Güneş Tıp Kitabevleri, Ankara.

Kalaycıoğlu, L., Serpek, B., Nizamlıoğlu, M., Başpınar, N., Tiftik, A.M. (2000). **Biyokimya.** Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Yayınevi Ünitesi, Konya.

Nelson, D.L., Cox, M.M.(2005). Çeviri Editörü: Nedret Kılıç, **Leninger Biyokimyanın İlkeleri,** Palme Yayınevi, Ankara.

Tanju, A. (1996). **Tablolarla Biyokimya 2.** Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul.

Voet, D., Voet, J.G. (2010). **Biochemistry.** Fourth Edition, Wiley International Edition, USA.

6

Amaçlarımız

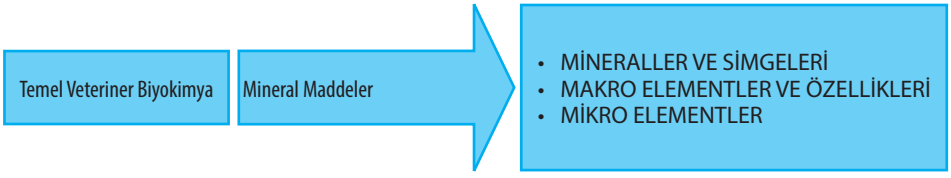
Bu üniteyi tamamladıktan sonra;

- Mineral maddeleri tanımlayabilecek ve önemini söyleyebilecek,
- Makro elementler ve özelliklerini açıklayabilecek,
- Mikro elementler ve özelliklerini açıklayabilecek,
- Mineral eksiklikleri durumunda oluşan bozuklukları sıralayabilecek bilgi ve beceriler kazanabileceksiniz.

Anahtar Kavramlar

- Mineral Madde
- Makro Element
- Mikro Element
- Eksiklik Durumu

İçindekiler



Mineral Maddeler

MİNERALLER VE SİMGELERİ

Canlı organizmanın fonksiyonlarını sağlıklı bir şekilde yerine getirebilmesi için besin maddeleri, su ve vitaminlerin yanında minerallere de gereksinim vardır. Canlı vücudunda organik yapıya katılan C (karbon), H (hidrojen), O (oksijen), N (azot) ile beraber Ca, P, Mg, K ve Fe, Cu, Co, Mn, F gibi inorganik maddeler de bulunur. Bunlardan bazıları miktar olarak daha fazla, bir kısmı ise eser miktarda denecek kadar az bulunur. Ca (kalsiyum), P (fosfor), Mg (mağnezyum), K (potasyum), Na (sodyum), Cl (klor) ve S (kükürt) canlı organizmada, kanda % mg düzeyinde mevcuttur. Bu elementlere makro elementler veya major elementler denir.

Fe (demir), Cu (bakır), Co (kobalt), Zn (çinko), Mn (mangan), Mo (molibden), F (flor), Se (selenyum) ve I (iyot) ise diğerlerine göre daha az miktarda bulunur. Canlı organizmada, kanda % µg (mikrogram) düzeyinde bulunan bu maddelere de mikro elementler, minor elementler, katalitik elementler veya iz elementler denir. Bu elementler daha çok enzim, hormon ve vitaminlere bağlı şekilde işlev yaparlar.

Genel olarak minerallerin canlılardaki başlıca görevleri şunlardır;

- İskelet yapısının dayanıklılığını sağlarlar,
- Organik maddelerin yapısına katılırlar,
- Enzim sistemlerinin aktivasyonunu sağlarlar,
- Sıvı-elektrolit dengeyi düzenlerler,
- Kasların kasılma ve gevşeme fonksiyonlarının oluşumuna yardımcı olurlar.

Mineral maddelerin simgelerle kısaltılarak ifade edilmesi için, 1813 yılında, Jon Jakob Berzelius isimli araştırmacı, elementlerin adları temel alınarak simgelenmesi fikrini ortaya atmıştır.

Mineral maddeler için bir başka önemli ve açıklanması gereken durum da, her mineral maddenin miktarının azalması halinde isminin başına hipo- ön, artışı durumunda ise hiper- ön eki getirilerek isimlendirilmesidir. Örneğin mağnezyumun kanda azalmasına hipomagnezemi, artışına ise hipermagnezemi denilmektedir.

Makro ve mikro elementi nasıl tanımlarsınız?

SIRA SİZDE 1

Şimdi bu mineral maddeleri ve özelliklerini inceleyelim.

MAKRO ELEMENTLER VE ÖZELLİKLERİ

Kalsiyum (Ca)

Kalsiyum doğada kalsiyum karbonat ve kalsiyum fosfat anyonları şeklinde toprakların yapısında bulunur. Suda bulunan karbondioksidin (CO_2) etkisiyle çözülerek, bitkiler tarafından alınır. Ot yiyen hayvanların gıdasında da yeterince bulunur. İçilen su, insan ve hayvanlar için iyi bir Ca kaynağıdır. Süt ve sütten üretilen ürünler de Ca yönünden oldukça zengindir. Vücutta bulunan kalsiyumun % 98-99'u iskelet sisteminde hidroksiapatit (Ca_{10} (PO_4) OH_2) halinde bulunur. Plazma kalsiyumunun yaklaşık olarak % 50 kadarı serbest yani iyonize halde, % 40 kadarı proteine bağlı, % 10 kadarı ise bikarbonat, fosfat ve laktat gibi anyonlara bağlı şekilde bulunmaktadır. Alınan kalsiyumun bağırsaklardan emiliminin artmasında ortamda düşük pH ve sitrat olması, bunun yanında D vitamininin yeterince bulunması gerekir. D vitamini kalsiyumun bağırsaklardan emilimini kalsiyum bağlayan protein (CaBP) sentezini artırarak sağlar.

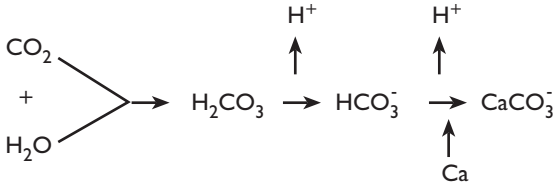
Kalsiyumun organizmadaki başlıca görevleri;

- Kemik ve dişlerin yapısına katılır,
- Kas ve sinirlerin uyarılma yeteneğini düşürür,
- Kas kasılmalarının oluşumu ve sinirsel uyarıların iletilmesinde gereklidir,
- Kan ve sütün pıhtılaşmasında görev yapar,
- Lipaz, ATPaz gibi bazı enzimlerin aktivasyonunda rol oynar.

Rasyon: Bir hayvanın 24 saatlik bir periyod için besin maddeleri ve enerji gereksinimini sağlayan toplam yem miktarı

Büyümekte olan insan ve hayvanlar, gebeler, yumurtlayan tavuklar ve süt veren canlıların bol miktarda kalsiyuma ihtiyacı vardır. Doğru ve dengeli bir beslenme için insan diyetlerinde ve hayvan **rasyon**larında kalsiyum ve fosforun uygun oranlarda tüketilmesi gerekir. Kalsiyumun fosfora (Ca/P) oranı hayvanlar arasında farklılık gösterse de, insanlarda ve genel olarak hayvanlarda tüketilen gıdalardaki Ca/P oranı 2/1'dir. Yumurtlayan tavuklarda ise bu oran 5/1 hatta 7/1'e kadar çıkabilir. Nasıl gıdalardaki Ca/P oranı bu elementlerin organizma tarafından kullanılmaları için önemli ise, kanda da bunlardan birinin artması diğerinin azalmasına neden olur. Bu nedenle kalsiyum ve fosforun belli bir denge içinde tüketilmeleri gerekir.

Tavuklarda yumurta kabuğunun oluşumu da Ca metabolizması ile ilgilidir. Metabolizma olayları sonucunda ortaya çıkan karbondioksit ve su birleşerek karbonik asiti oluşturur. Bu karbonik asitten bir hidrojenin ayrılması ile bikarbonat anyonu oluşur ve bu bikarbonattaki diğer hidrojenin yerine bağırsaklardan emilen kalsiyumun bağlanması ile kalsiyum karbonat sentezlenmiş olur.



Kan Ca düzeyinin normal değerlerin altına inmesine hipokalsemi, normal değerlerin üzerine çıkmasına da hiperkalsemi denir. İnsan ve hayvanlarda kan Ca değerleri normal sınırların altına düştüğünde gençlerde raşitizm (Resim 6.1), yaşlılarda osteomalazi olarak adlandırılan, fena kemik oluşumu belirtile-

ri görülür. Kemik dokusundaki kemikleşme olayının tam gerçekleşememesine bağlı olarak oluşan raşitizmde, kısmen de olsa bir dayanıklılık sağlayabilmek için kemik doku normalden fazla artış gösterir. Böyle bir değişiklik kemiklerin baş yani eklem birleşim yerlerinin (epifiz) genişlemesine ve kalınlaşmasına, uzun (diafiz) kısımlarının ise yeterince uzayamaması ve eğrilmesine neden olur. Kemikler yumuşar ve eğrilir, eklemler normalden büyük ve geniş görünür. Osteomalazi hastalarında dıştan görünüşte herhangi bir değişiklik dikkati çekmez, yapılan muayenelerde kemikler ve eklemlerin az veya çok ağrılı olduğu fark edilir. Tendoların kemiklerle bağlantı bölgelerinde de ağrı olabilir. Hasta uzun süre ayakta durmak istemez, yatıp kalkarken ve yürürken ağrı hisseder, adımlar kısa ve yürüyüş tutuktur. Kemikler kırılmaya çok yatkındır, dayanıklılıkları azalmıştır.

Resim 6.1



Bir köpekte raşitizm tablosu

Doğumu takip eden birkaç gün içinde süt ineklerinde hipokalsemi, felç ve ileri aşamalarda şuur kaybı, koma ile kendini gösteren, süt humması adı verilen bir metabolizma hastalığı oluşur (Resim 6.2). Doğumun ardından ineğin hemen **kolostrum** (ağız sütü) vermeye başlaması kalsiyum ihtiyacını artırır. Kolostrum doğumdan sonra memelerden ilk olarak salgılanan süttür. Bu dönemde hayvanın bağırsaklarından emilen kalsiyum artan bu ihtiyacı karşılayamadığından ve doğum sonrası hayvanda sindirim aktiviteleri de henüz normal durumda olmadığı için kalsiyum ihtiyacı kemiklerde bulunan depolardan karşılanmaya çalışılır. Hayvanlarda iştah azalır, yüz kasları ve vücudun yüzeye yakın kaslarında seyirme ve titremeler görülür. Diş gıcırdatma ve inleme belirtileri dikkat çeker. Hayvanın arka bacakları güçsüzdür, yürümek istemez ve olduğu yere çöküp, kalır. Kısa bir süre sonra iskelet kaslarında felç şekillenir. Çevreden gelen uyarılara hiçbir tepki vermez, derin bir uyku haline girer.

Resim 6.2

İneklerde görülen süt humması durumunda hayvanın tipik görünüşü



SIRA SİZDE 2

Kalsiyum eksikliğinde hangi bozukluklar oluşur?

Fosfor (P)

Doğada fosfor bileşikleri şeklinde topraklarda bulunur. Ayrıca inorganik tuzlar, alkollerle yaptığı esterler ve aminoasitlerle yaptığı bileşikler çeşitli besinlerde yer alır. Bunlardan fosfatlar, pirofosfatlar ve trifosfatlar canlı organizma yönünden daha önemlidir. Süt ve süt ürünlerinde de oldukça fazla miktarda bulunur. Kalsiyum gibi vücuttaki fosforun % 80'den fazlası iskelet sisteminde hidroksiapatit halinde bulunur ve büyümekte olan yavruların, gebelerin, yumurtlayan hayvanların ve süt veren canlıların bol miktarda P alması gerekir. Rasyon ve diyetlerde bulunması gereken oranlar kalsiyumdaki ile aynıdır.

Fosforun organizmadaki başlıca görevleri;

- Kemik ve dişlerin yapısına katılır,
- Kanda pH değerinin belli sınırlar içinde tutulmasını sağlar,
- Kanda normal kalsiyum düzeyinin sağlanması için gereklidir,
- Enerjinin saklanması ve gerektiği zaman gerekli yerlere aktarılmasında önemlidir,
- Karbonhidrat metabolizmasında maddelerin metabolize edilebilmeleri için gerekli fosfatlanma olaylarında görev alır

Besinlerle beraber organizmaya alınan fosfor midede hidroklorik asidin (HCl) etkisiyle serbest hale geldikten sonra, bağırsaklara geçer, karbonhidratlarla esterler oluşturarak hızla emilir ve kan yolu ile gerekli yerlerde kullanılır.

Fosfor eksikliği durumunda gençlerde raşitizm, yetişkinlerde osteomalazi benzeri kemik bozuklukları meydana gelir. Fosfor yetersizliğinde hayvanlarda iştah azalır, süt verimi yavaşlar, kemiklerde kolay kırılma durumu görülür. Bazı yörelerin toprakları fosfor bakımından oldukça fakirdir, böyle yerlerde bakım ve besleme yapılan hayvanlarda ileri derecede fosfor eksikliği nedeniyle **pika** şekillenir.

Pika: Mineral eksikliği nedeniyle toprak, taş, naylon parçası, hayvan leşleri gibi gıda değeri ve niteliği olmayan şeylerin yenmesidir

Mağnezyum (Mg)

Mağnezyum tohumlarda ve yeşil bitkilerde bol miktarda bulunur. Et, süt ve deniz ürünleri de bu mineral yönünden zengindir. Daha çok klorofil içeren sebzeler, fındık ve ceviz gibi kuruyemişler ile tahıllarda, daha az miktarda ise sıvı ve katı yağlarda, şekerli ürünlerde yer alır. Canlı organizmada en çok kemiklerde, kas ve sinirlerde bulunur. Yaklaşık % 60 kadarı kemikte, % 20 kadarı iskelet kasında, % 19'u diğer hücrelerde ve % 1 kadarı hücre dışı sıvılarda bulunur. Dokulardaki düzeyi genellikle sıvılara göre daha yüksektir. Hücre içi düzeyi hücre dışı düzeyinin yaklaşık on katı kadardır.

Membranların geçirgenliği ve elektriksel özellikleri mağnezyum tarafından etkilenmektedir. Yeşil sebzelerle ve besinlerle beraber sindirim kanalına alınan Mg, midede, mideden salınan HCl'nin etkisiyle $MgCl_2$'e çevrilir ve duodenumun başlangıç kısmından emilir. Mg'nin büyük bir kısmı dışkı ile atılırken, gereksinimden fazla alınan kısım idrarla uzaklaştırılır. Bunun yanında süt veren canlılarda bir kısım Mg da süt ile kaybedilir.

Emilim bozuklukları ile beraber görülen mide-bağırsak (gastrointestinal) hastalıklarında, akut ve kronik alkolizmde, proteinden yetersiz beslenmede, idrar söktürücü ilaçların aşırı kullanımında, karaciğer sirozunda, böbrek hastalıkları gibi durumlarda Mg eksikliği görülmektedir. Bu mineralin noksanlığında aşırı duyarlılık, anormal kemikleşme, kalp damarları ve vücuttaki diğer büyük damarlarda kireçlenme görülürken, yükseldiği durumlarda kas ve sinirlerin uyarılma özelliklerinde azalma oluşur. Mağnezyum serumda % 5 mg'ın üzerine çıktığında hafif bir anestezi ve uyku hali yaratırken, % 20 mg'a yükseldiğinde derin bir anestezi meydana gelmesinin yanında, ileri durumlarda kaslarda felç ve ölüm şekillenebilir. Noksanlığında hayvanlarda çayır tetanisi oluşabilir.

Tetani: Sinir ve kasların anormal derecede uyarılabilir olmasıdır

Sodyum (Na), Potasyum (K) ve Klor (Cl)

Bu üç elementin hem görevleri hem de metabolizma olaylarındaki ilişkileri bakımından beraber ele alınmaları daha uygundur. Sodyum doğada en çok deniz sularında bulunur. Suda eriyebilirliği nedeniyle yağmurla beraber sürüklenerek topraktan denizlere taşınır. Bu nedenle yağmuru bol olan bölgelerin topraklarında ve dolayısı ile bu topraklarda yetiştirilen bitki ve otlarda az bulunur. İnsanlar bu minerali sofra tuzu olarak bildiğimiz sodyum klorür (NaCl) ile aldıkları için eksikliğine pek rastlanmaz. Hayvansal kaynaklı gıdalardan yumurta, süt ve süt ürünlerinde bitkisel kaynaklı gıdalardan ıspanak, kereviz, karnabahar, havuç ve benzerlerinde yeteri kadar bulunur. Organizmada en çok deri, kıkırdak, akciğerlerde bulunur ve ekstrasellüler bir elementtir.

Potasyum doğada topraklarda bol miktarda bulunur. Başlıca muz, portakal, kayısı, şeftali gibi meyvelerde patates, lahana gibi sebzelerde beyaz et, kırmızı et, karaciğer gibi hayvansal kaynaklı ürünlerde oldukça fazladır. Canlı organizmada ise beyin, karaciğer, kas ve eritrositlerde bulunur. İntrasellüler elementtir.

Klor doğada sularda fazla, bitkilerde az bulunur. Daha çok sodyum klorür ve potasyum klorür halinde yer alır. Canlılar dışarıdan sodyum klorür halinde sofra tuzu ile alırlar. Organizmada Cl, sıvılarda dokulardan daha fazla yer alır.

Bu üç elementin hepsi çeşitli kaynaklarla vücuda alındığında ince bağırsaklardan emilerek gerekli yerlerde kullanılırlar. Sodyum ve potasyum arasında bağırsaklardan emilim veya idrarla atılım arasında ters orantı vardır. Yani birinin besinlerle fazla alınması diğerinin idrarla fazla atılmasına neden olarak, vücuttaki elektrolit dengenin korunmasına yardımcı olmaktadır. Bitkisel besinlerde sodyum çok az bulunduğu için bazı vejeteryan insanlarla ot yiyen hayvanlarda sodyum gereksinimi daha fazladır. Sodyuma ihtiyacı fazla olan hayvanlardan biri de geyiklerdir. Bazen sodyum bulabilmek için avcıların tuzaklarına bile yakanabilmektedirler. Hayvanların otladıkları meralarda uygun yerlere mineral içeren yalama taşları koyulmak suretiyle bu eksiklikler giderilmeye çalışılmaktadır. İnsanlarda normal beslenme koşullarında sodyum, potasyum ve klor noksanlığı pek görülmez. Ancak hastalıklar dışında fazla terlemeyi gerektiren işlerde çalışanlar veya aşırı sıcak ortamlarda bulunması gereken kişilerde örneğin çeşitli yan sanayilerde ateş karşısında çalışan işçiler, yoğun antreman yapan sporcularda fazla NaCl kaybetmelerine bağlı olarak sodyum, potasyum dengesi bozulabilmektedir. Böyle kişilere bol bol tuzlu ayran içirilmesinin sebebi de bu kaybı önlemeye yöneliktir. Bu üç element de organizmadan idrar ve terle dışarı atılır.

Başlıca görevleri şunlardır;

- Normal asit-baz dengesinin ve normal ozmotik basınç düzeylerinin devam etmesinde etkilidirler,
- Na ve Cl iyonları kas ve sinir uyarımlarının normal şekilde işlemesi için gereklidir,
- Na, K pankreas ve safra salgılarının yapısında yer alırken, Cl midede bulunan HCl'nin yapısına katılır.

Klorun vücuttaki en önemli kullanılış yeri mide salgısındaki HCl sentezidir.

Hücre dışı su artışının sodyum artışından fazla olması durumu hiponatremi olarak ifade edilir. Çeşitli nedenlere bağlı olarak hiponatremi görülebilmektedir. Bu olaydaki belirtiler olayın nedenine, şiddetine ve serum sodyumunun düşme oranına bağlıdır. Başlıca belirtiler susama, karın krampları, güçsüzlük, çok ileri durumlarda bilinç kaybıdır. Hücre dışı suyunun sodyum yönünden fazla kaybı ise yüksek plazma sodyumu yani hipernatremi olarak tanımlanmaktadır. Belirtileri dehidratasyona benzemekte ve çeşitli sebepleri bulunmaktadır. Sodyum gibi potasyumun da artması ve azalmasına neden olan değişik nedenler vardır. Potasyum (kalium) düzeyinin artması hiperkalemi, azalması ise hipokalemi olarak isimlendirilir. Hiperkalemi durumunda en önemli tehlike kalp ritminin bozulması ve kalp durması sonucu ölümdür. Hipokalemide görülen önemli belirtiler ise bulantı, kusma, kas krampları, idrar miktarının artması ve normalden fazla su alınması durumudur (Tablo 6.1).

SIRA SİZDE 3

Vücutta sodyum, potasyum dengesi nasıl sağlanır?

Plazma klor düzeyinin azalmasına hipokloremi, artmasına ise hiperkloremi adı verilir. Artış ve azalış nedenleri Tablo 6.1'de verilmiştir.

	ARTMASI	AZALMASI
SODYUM	Dehidratasyon, böbrek üstü bezinin aşırı çalışması, kalp yetmezliği, gebelik, antidiüretik hormon yetersizliği, yanıklar, yalancı şeker hastalığı (Diabetes insipidus)	Şiddetli kusma ve ishal nedeniyle gastrointestinal kayıplar, yoğun egzersiz veya aşırı sıcak ortam nedeniyle fazla terleme, diüretik verilmesi, şeker hastalığı (Diabetes mellitus), şiddetli yanıklar, yaygın doku harabiyeti, kronik böbrek hastalıkları
POTASYUM	Yüksek potasyum içeren diyet ya da rasyonla beslenme, böbrek yetmezliği, adrenal yetmezlik, alkolizm, beklemiş kan verilmesi, damar içi potasyum uygulaması, asidozis	Şiddetli kusma ve ishal nedeniyle gastrointestinal kayıplar, diüretik ilaçların kullanımı, böbreküstü bezinin aşırı çalışması, kronik böbrek hastalıkları, kalp kasında yapısal bozukluk, çizgili kaslarda felç, alkalozis
KLOR	Dehidratasyon, akut böbrek yetmezliği, uzun süreli ishal, sodyum bikarbonat kaybı, yalancı şeker hastalığı	Kronik böbrek yangısı, şeker hastalığına bağlı asidozis, uzun süreli kusma, metabolik alkalozis

Tablo 6.1
Canlı organizmada sodyum, potasyum ve klor elementlerinin artması ve azalmasının başlıca nedenleri

Kükürt (S)

Kükürt organizmada en çok kükürtlü aminoasitler halinde proteinlerin yapısında, sülfat (SO_4^{-2}) şeklinde ise kondroitin sülfat, mukoitin sülfat ve heparin gibi polisakkaritlerin yapısında bulunur. Vücut sıvılarında ise organik sülfat ve az oranda inorganik sülfat halinde bulunur. Canlı organizmada proteinler, saç, tüy, boynuz, tırnak, tendolar, safra ve tükürük salgıları, eritrositler, insülin gibi hormon, biotin ve tiyamin gibi vitaminler, trioz fosfat izomeraz ve süksinik dehidrojenaz gibi enzimler kükürt içerirler.

Kükürt vücuda iki şekilde girer. Bunlardan biri inorganik şekildir, sodyum, potasyum ve mağnezyum sülfatlar halinde alınır, değişikliğe uğramadan direkt olarak bağırsaklardan emilir. Diğeri organik şekildir, proteinlerin yapısında yer alan aminoasitlere bağlı olarak alınır ve bağırsaklarda bu proteinler yapıtaşları olan aminoasitlere parçalandıktan sonra, kükürtlü aminoasitler şeklinde emilir. Bu aminoasitler sistin, sistein ve metiyonindir. Kükürt karaciğerde önemli iki olayda yer alır. Bunlar;

- Kükürt taşıyan organik maddelerin sentezi,
- Bağırsaklardan gelen krezol, fenol, difenol ve indoksil gibi kokuşma ürünlerinin zehirsizleştirilmesidir.

Kükürt organizmayı idrar, tükürük, sindirim salgıları, kıl dökülmesi, tırnak ve boynuz uzaması ile terk eder.

Hayvanların yumurtlama ve tüy dökümü dönemlerinde rasyonlarına kükürtlü aminoasitlerin ilavesi önemlidir, buna dikkat edilmezse yumurta veriminde azalma, kıl ve tüy kaybında artma görülebilir.

MİKRO ELEMENTLER

Demir (Fe)

Yeryüzünde çok bulunan bir elementtir, hatta esmer renkli topraklarda daha fazla oranda bulunur. Topraklarda bulunan demirden bitkiler, bitkiler aracılığı ile de insan ve hayvanlar kolayca yararlanabilmektedirler. Diğer birçok elementin aksine sütte hemen hemen hiç demir yoktur.

İnsan diyetinin en zengin demir kaynakları karaciğer, böbrek, kalp ve dalak gibi organlardır. Ayrıca yumurta sarısı, balık, istiridye, kuru bakliyat iyi demir kaynakları arasında bulunmaktadır. Demir oniki parmak bağırsağından emilir.

Demir bağırsak mukoza hücrelerinde ancak özel bir mukoza proteinine bağlanarak emilebilir. Bu özel proteine apoferritin adı verilir. Apoferritin ancak ağırlığının % 23'ü oranında Fe bağlayabilir. Bu nedenle sanki emilime karşı bir direnç varmış gibi düşünülür. Apoferritin demirle birleşince meydana gelen yapı ferritin adını alır. Ferritin demirin organizmadaki depo şeklidir. Bu madde bağırsak mukozasında, karaciğerde, dalakta ve kemik iliğinde bulunmaktadır. Ferritin suda çözünen bir proteindir ve gerekli durumlarda iyonize olarak plazmaya demir verebilir. Bu nedenle bu bileşik organizmanın demir deposu olarak bilinir. Demir mukoza hücrelerinden çıkıp kan plazmasında bulunan demir bağlayıcı proteinle birleştiği zaman oluşan yapıya transferrin veya siderofilin adı verilir. Bu madde demirin organizmadaki taşınma şeklini oluşturur. Kandaki demirin tamamı transferrin şeklinde bağlıdır, fakat bunun 1/3'ü taşınmaya hazır halde tutulur buna gizli demir bağlama kapasitesi denir. Plazma demiri ile demirle bağlanamamış halde bulunan transferrinin toplamına ise toplam demir bağlama kapasitesi denilmektedir.

Canlı vücudundan normal şartlarda demir kaybı hemen hemen hiç olmamaktadır. Eritrositlerin parçalanması ile açığa çıkan demir **retiküloendoteliyal sistem** hücreleri tarafından hemoglobinden ayrılarak alınmakta ve bir kısmı karaciğer ve dalakta depolanırken bir kısmı da kemik iliğinde tekrar hemoglobin yapımında kullanılmaktadır.

Retiküloendoteliyal sistem: Sitoplazmalarında hücre artıkları, yabancı cisimler, mikroorganizmalar gibi çeşitli maddeleri sindirme özelliği bulunan, bağdokulardaki sabit ya da hareketli hücreler bütününden oluşan sistem

Demirin başlıca görevleri şu şekilde sıralanabilir;

- Hemoglobinin yapısında yer alır ve oksijenin dokulara taşınmasına yardımcı olur,
- Kaslarda miyoglobinin yapısında bulunur ve oksijenin depo edilmesini sağlar,
- Çeşitli koenzimlerin yapısında bulunarak, yükseltgenme ve indirgenme reaksiyonlarına katılır.

Çeşitli yaralanmalar nedeniyle meydana gelen kanamalardan sonra oluşan demir eksikliği durumuna anemi veya halk arasında sıklıkla kullanılan adı ile kansızlık denir. Birçok anemi çeşidi vardır, burada meydana gelen durum, demir eksikliğinden dolayı hemoglobin sentezlenememesi ile açıklanan anemi şeklidir. Demir elementinin noksanlığından meydana gelen ve hem hayvan ve hem de insanlar için önemli problemlere yol açan aneminin yanında bu mineralin fazla alınması ve aşırı depolanması nedeniyle de oluşan bazı bozukluklar vardır. Demirin dokulara zarar vermeden depolanma şekline hemosideroz, dokulara zarar verecek şekilde aşırı depolanmasına ise hemokromatoz denir. Yani bu mineralin hem eksikliği hem de fazlalığı problem oluşturabilmektedir. Bu nedenle demir içeren ilaçlar rastgele, bilinçsiz ve düzensiz bir şekilde kullanılmamalıdır.

SIRA SİZDE 4

Demir bağırsaklardan nasıl emilir?

Bakır (Cu)

Bitkisel kaynaklı besinlerde özellikle kuru nohut, bakla ve benzeri baklagillerde, ceviz fındık, fıstık, badem, ayçiçeği gibi kuruyemişlerde, istiridye, sardalye, yengeç, ıstakoz gibi deniz ürünlerinde ve yapraklı sebzelerde bol miktarda bulunur. Buğday kepeği ve tüm tahıl ürünleri de bakır yönünden iyi bir kaynaktır. Kara-

ciğer ve süt gibi hayvansal kaynaklı gıdalarda da oldukça fazla miktarda bulunur. Organizmada karaciğer, kalp, böbrek, kemik, kas, beyin, saç ve hayvanların yünlerinin yapısında bulunur ancak en fazla karaciğerde görülür. Bakır oksidasyon ve redüksiyon tepkimelerinde kolaylıkla elektron alıp vermesi nedeniyle son derece önemlidir. Ayrıca beslenme ile yeterli bakır alımı demir metabolizması ve kırmızı kan hücrelerinin oluşması için lazımdır. Anemi bakır eksikliğinin de klinik bir göstergesidir. Bunların yanında Cu katalaz, tirozinaz, askorbik asit oksidaz gibi enzimlerin de yapısında yer alır.

Besinlerle vücuda alınan Cu bağırsaklardan emilir ancak molibden ve inorganik sülfatlar bakırın emilimine engel olurlar, yani bakır ile molibden ve inorganik sülfatlar birbirinin antagonistidirler yani birbirlerine karşıt çalışırlar. Plazmada bakırın büyük bölümü seruloplazmin adı verilen bir proteinin yapısında bulunur. Bir molekül seruloplazmin sekiz Cu atomunu bağlar ve taşınmasını sağlar. Kan dolaşımına geçen Cu değişik organlara gider ve gittiği organda o organa özgü olarak adlandırılan bakırlı proteinleri oluşturur.

Bakır eksikliği çeşitli hayvan türlerinde farklı bozukluklara neden olur. Tavuk, köpek gibi hayvanlarda raşitizme benzer kemikleşme problemleri görülebilir. Sığırlarda ishal, kuzularda ise ekonomik kayıplara yol açan anemi, gelişme geriliği, verim düşüklüğü, döl verimi bozuklukları, kıllarda renk kaybı, yapağı kalitesinin bozulması, ishal ve sinirsel belirtilerle karakterize olan enzootik ataksi hastalığına sebep olabilir. Koyunlarda yapağı rengi ve özellikleri bozulabilir. Çeşitli infeksiyonlarda, böbrek yangısı ve hayvanlara östrojen verilmesi durumunda da serum bakır değerleri yükselir. Hayvanlardan farklı olarak insanlarda oluşan hastalıkta, bakırlı protein olan seruloplazmin beyin ve karaciğerde birikir, kanda azalır, idrarla peptitler ve serbest aminoasitler atılır.

Kobalt (Co)

Doğada bazı topraklarda fazla olmakla birlikte, bazı toprak çeşitlerinde ise yeteri kadar bulunmamaktadır. Az olan topraklardaki bitkileri gıda olarak tüketen hayvanlarda eksiklikler ortaya çıkmaktadır. Canlı vücudunda Co en çok karaciğerde depolanmaktadır. Organizmadan büyük oranda idrarla, az miktarda ise dışkı ile dışarı atılmaktadır. Besinlerle alınan bu mineral geviş getiren hayvanların (ruminantlar), rumenlerinde (işkembe) B_{12} vitamininin sentezinde kullanılmaktadır. Dışarıdan kobalt alımı eritrosit yapımını yani eritropoezi artırmaktadır. Bu mineralin eksikliğinden en çok etkilenen hayvanlar da ruminantlardır. Çünkü diğer hayvanların aksine sadece ruminantlar, rumenlerinde bu vitamini kobaltın katkısıyla sentezleyebilmektedirler.

Kobalt noksanlığında meydana gelen belirtiler iştahsızlık, kansızlık, yağlı karaciğer ve hemosideroza benzer durumlardır. Kobalt noksanlığı olan ruminantlar rumenlerinde bulunan mikroorganizmalar aracılığı ile B_{12} vitaminini sentezleyememektedirler. Bunun sonucu olarak da anemi gelişmektedir. Genel olarak hayvanların seksüel olgunluk yaşı gecikmekte, döl tutma oranında düşme olmakta, iç parazitlere duyarlılığı artmakta ve kan hücrelerinin sayıları düşmektedir.

Çinko (Zn)

Bitkisel ve hayvansal besinlerde bol bulunur. Özellikle bira mayası, marul, salatalar, karaciğer, deniz ürünleri çinko yönünden zengin gıdalar arasında yer alır. Canlı vücudunda saç, kemik, karaciğer, böbrek, dalak, pankreas ve prostatta bulunur. Metabolizmada birçok enzimin yapısında yer almasının yanında özel-

likle karbonik anhidraz enziminin yapı taşı olması ayrı bir önem taşır. Çünkü bu enzim kan pH'sının normal sınırlar içinde tutulmasını sağlayan reaksiyonun biyolojik katalizörüdür. Bu mineral pankreas ve duodenum salgılarında da vardır. Karbonhidrat metabolizması için çok önemli olan ve kan şekeri düzeyinin düzenlenmesinde görev yapan insülin hormonunun yapısında da çinko bulunur. Eksikliği durumunda insan ve hayvanlarda saç ve tüylerin dökülmesi ve dermatitis (deri yangısı) görülmektedir. Deride pul pul kabarıklıklar, kıllarda dökülmeler, hayvanın zayıflaması ve dış görünüşünün bozulması en tipik bulgulardır.

Manganez (Mn)

Doğada bitkilerde ve onlarla beslenen hayvanların etlerinde bol bulunur. Dokularda çok bulunmamakla beraber en fazla karaciğerde biraz da böbrekte bulunur. Bağırsaklardan emilir ve dokularda da pek fazla depolanmaz. Çoğunluğu dışkı az miktarı da safra ve idrarla uzaklaştırılır. Plazmada proteine bağlı olarak bulunan şekline transmanganin denir. Sadece karaciğerde bulunan ve üre sentezinde görev alan arjinaz, karbonhidrat metabolizmasında monosakkaritlerin fosfatlanmasında görev yapan hekzokinaz gibi enzimlerin aktivatörü olarak görev yapar. Eksikliğinde en belirgin olarak görülen bozukluklar; insan ve sıçanlarda kısırlık, büyümede yavaşlama, sığırlarda kısırlık, domuzlarda topallık, tavuklarda perozisdir. Perozis durumunda erken dönemde hayvanlarda bacak bükülmesi ve bacak eklemlerinde hafif şişlik görülürken, ilerlemiş durumlarda bacağın normal pozisyonu tamamen bozulur ve genellikle yana doğru çarpılmış duruma gelir. Bozukluk tek bir bacakta görülebileceği gibi her iki bacakta da oluşabilir. Tek bacağı etkilenen hayvanlarda felç manzarası ve yürümeye zorlanma durumunda sıçrayarak hareket etme tipik belirtidir. İki bacağı da etkilenenlerde ise yere uzanma ve yüzükoyun yatma durumu ortaya çıkar. Böyle durumda yem yiyememe ve susuzluktan dolayı ölüm kaçınılmazdır.

Molibden (Mo)

Bitkiler için oldukça önemli bir elementtir ve bitkilerde yeterince bulunur. Organizmada kemiklerde, karaciğer ve böbreklerde bulunur. Mo bağırsaklardan emilir. Hayvanlarda molibdenin en önemli görevi ksantinin ürik aside oksidasyonunu katalizleyen ksantin oksidaz enziminin yapısına katılmasıdır. Eksikliğinde kanda ürik asit oluşumu bozulmakta, fazlalığında ise ürik asit miktarında artış meydana gelebilmektedir.

$$\text{Ksantin} \xrightarrow[\text{Ksantin oksidaz (Mo içerir)}]{} \text{Ürik asit}$$

Flor (F)

Doğada topraklarda kalsiyum florür (CaF_2) halinde bulunur. Bu topraklarda yetişen bitkiler ve bu bitkilerle beslenen hayvanlar tarafından alınır. Doğal içme sularında bulunan floridler, vücuda alınan florun en büyük kaynağıdır. Organizmada özellikle kemik ve dişlerin yapısında yer alır. Flor emildikten sonra, kan yoluyla proteinlere bağlı olmadan tüm vücuda dağılır. İnsan ve hayvanlarda emilim sonrası hızlı bir şekilde kemik ve dişlere gider. Dişlerde florürlü apatitler halinde depo edilir. Dişlerin oluşum döneminde suların litresinde 0,9-1,5 mg düzeyinde bulunması istenir. Eğer bu miktardan daha az flor içeren sular içilirse dişlerde çürüme meydana gelir. Sularla bu miktardan fazla F alınmasına florozis yani flor ze-

hirlenmesi denir. Bu durumda dişlerde dental florozis denilen tablo oluşur. Klinik olarak lekelenme ve çukurlaşma şeklinde ortaya çıkan bu lezyonlar ileri dönemde mine tabakasında zararlara, koyu kahverengi renklenmelere yol açabilir (Resim 6.3). İskelet florozisi, kemiklerde florun aşırı ve orantısız şekilde birikmesi sonucu kemiklerin dayanıklılıklarının azalması ve daha kırılgan bir hale dönüşmesidir. Erken belirtiler, eklemlerde sertlik ve ağrıdır. Ağır vakalarda kemik kırıkları oluşur. Türkiye'de dogal florozis bildirilen bölgeler çogunlukla ya volkanik arazi yapısına sahip ya da florit depolarının yakınındaki bölgelerdir. Oral yolla alınan florun birincil atılım yeri böbreklerdir. Bütün flor bileşikleri özellikle idrar, dışkı ve ter ile vücuttan atılır.

Resim 6.3



Dental floroziste dişlerdeki lekeler

Mineral maddeler ile ilgili konular için http//veterinary.ankara.edu.tr/~fidanci adresindeki ders notları, mineral maddeler kısmından yararlanabilirsiniz

İNTERNET

Selenyum (Se)

Güçlü bir antioksidan olan selenyum bağışıklık sistemini güçlendirmekte, hücreleri yaşlanmaya karşı korumakta, kalp hücrelerini destekleyerek, kalp-damar sağlığının korunmasına yardımcı olmaktadır. Sperm üretimi ve canlılığı üzerine olumlu etkileri vardır. Doğada bitkilerde ve hayvansal kaynaklı besinlerde bulunmaktadır. Arpa, buğday gibi tahıllar, deniz ürünleri, süt, yumurta, tereyağı, mantar, lahana, brokoli, tavuk eti bol selenyum içeren besinlerdir. Organizmada başta böbrek, karaciğer, pankreas ve hipofizde olmak üzere tüm organlara dağılmış halde bulunmaktadır.

Selenyum fazla alındığında problemlere yol açmakta ve alkali hastalığı olarak isimlendirilen bozukluk oluşmaktadır. Bu bozuklukta fazla alınan selenyum proteinlerde bulunan kükürtlü aminoasitlerin yapısında yer alan kükürdün yerine geçmektedir. Eksikliğinde kuzu, oğlak ve buzağılarda beyaz kas hastalığı oluşmaktadır (Resim 6.4). Büyük ekonomik kayıplara sebep olan bu hastalıkta yavrular ölü doğar, ya da doğumdan hemen sonra ölür. Özellikle kalp kasında olmak üzere çizgili kaslarda tebeşir tozu görünümünde kireçlenmeler görülür. Hareketlerde bozukluk, iştahsızlık, yürümede güçlük ile karakterizedir. Hayvanlarda isteksizlik, tutuk yürüyüş, çabuk yorulma, ayağa kalkamama, hastalıklara karşı dirençte azalma, kalp krizi ve solunum güçlüğü sonucu ölümler görülmektedir.

Resim 6.4

Beyaz kas hastalığında görülen tipik bozukluklar



İyot (I)

Topraklarda bulunan iyoditler (I^-) yağmur sularıyla denizlere taşınmaktadırlar. Bu nedenle denizden uzaklaşıldıkça iyot miktarı azalır. Deniz havası ve denize yakın topraklar da bir miktar iyot içerir. Özellikle deniz balıkları iyot bakımından zengin kaynaklardır. Canlı organizmada iyot en çok tiroid bezinde bulunur. Bunun yanında plazmada bulunan iyot, tiroid hormonlarının yapısında yer alır, kanda az miktarda da serbest iyot bulunur. Gastrointestinal sistemden emilen iyot bir proteine bağlı olarak kan yoluyla taşınarak kısa bir sürede tiroid bezine ulaşır ve tiroid hormonlarının sentezinde kullanılır.

İyodun tiroid homonlarının oluşumdaki görevinden başka ineklerde süt veriminin artırılmasında, boğalarda seksüel isteğin ve verimliliğin yükseltilmesinde, tavuklardan alınan yumurta sayısının artırılmasında etkili olduğu yapılan çalışmalarla ortaya koyulmuştur. Tiyosiyanatlar adı verilen maddeler iyodun tiroid bezine girmesine engel olmaktadırlar. Bu maddelere genel olarak guatrojen maddeler denir. Karadeniz bölgesinde halk tarafından sevilerek tüketilen karalahana bu tiyosiyanatlardan zengindir ve iyot eksikliğine bağlı olarak tiroid hormonlarının sentezlenememesi sonucu oluşan guatr hastalığının (Resim 6.5) bu bölgede yaygın olmasının nedenlerinden biri de budur. Guatr hastalığı sadece guatrojen maddelerin vücuda çok alınması sonucu değil çeşitli nedenlerle iyodun yeteri kadar alınamaması sonucunda da oluşur.

Resim 6.5

Tiroid hastalığında tiroid bezinin dıştan görünüşü



Özet

Mineral maddeleri tanımlamak ve önemini söylemek.

Mineraller miktar olarak canlı vücudunda daha fazla bulunanlar yani makro elementler ve daha az bulunanlar yani mikro elementler olmak üzere iki gruba ayrılır, fakat miktar olarak fark olması fazla bulunanların daha önemli olduğu anlamına gelmez. Miktarı ne olursa olsun her birinin kendine özgü görevleri vardır ve vücutta yeterli miktarda bulunmalıdırlar. Eksiklikleri canlının hayatını etkilemektedirler. Mineraller canlının sağlıklı kalabilmesi için gerekli olan ve vücudun kendi kendine oluşturamadığı, dışarıdan besinlerle almak zorunda olduğu maddelerdir. Sağlıklı diş ve kemik yapısı, kalbin düzenli çalışması, kas fonksiyonlarının oluşması, üreme sağlığının devamı, bazı hormonların sentezlenmesi, sağlıklı dolaşım ve sinir sistemi gibi pek çok hayati fonksiyonda görev aldıkları için büyük öneme sahiptirler.

Makro elementler ve özelliklerini açıklamak.

Makro elementler canlı organizmada kanda % mg düzeyinde bulunurlar. Bu mineraller Ca, P, Mg, Na, K, Cl ve S'tür. Kalsiyum ve fosfor özellikle diş ve iskelet sisteminin yapısına katılırken, mağnezyum aşırı duyarlılık, tetaniler ve büyük damarlarda kireçlenmeleri önlemektedir. Sodyum, potasyum ve klor birbirinden ayrı düşünülemeyecek major elementlerdir. Özellikle normal ozmotik basınç ve asit baz dengesinin sürdürülmesi için gereklidir. Kükürt ise yeni kükürtlü organik maddelerin sentezi ve kokuşma ürünlerinin zehirsizleştirilmesinde vazgeçilmez bir mineraldir.

Mikro elementler ve özelliklerini açıklamak.

Mikro elementler canlılarda kanda % µg düzeyinde bulunurlar. Bu minör elementler Fe, Cu, Co, Zn, Mn, Mo, F, Se ve I'tur. Demir hemoglobin ve miyoglobinin yapısına katılır, ayrıca oksidasyon-redüksiyon olaylarına aracılık eder. Bakır seruloplazmin denilen önemli bir proteinin yapısına katılır. Kobalt ruminantlarda B_{12} vitamininin sentezi için vazgeçilmez bir mineraldir. Karbonik anhidraz enziminin yapısında bulunarak, kan pH'sının normal sınırlarda tutulmasını sağlar. Manganez üreme fonksiyonlarında, molibden ksantinin ürik aside dönüşümünde, flor diş çürüklerinin önlenmesinde, selenyum karaciğer ve kalp nekrozlarının önüne geçebilmek için ve iyot minerali tiroid hormonlarının sentezlenebilmesi için gereklidir.

Mineral eksiklikleri durumunda oluşan bozuklukları sıralamak.

Mineral eksikliği her mineralin üstlenmiş olduğu çeşitli ve hayati fonksiyonlarda aksaklıklara ve sağlık sorunlarına yol açar. Bununla birlikte minerallerin belli bir miktardan fazla alınması da zararlıdır ve çeşitli problemlere yol açabilir. Kalsiyum eksikliğinde raşitizm ve osteomalazi, süt ineklerinde süt humması hastalığı, fosfor eksikliğinde raşitizm, osteomalazi, hipofosfatemi ve ileri durumda pika oluşurken, mağnezyumun az alınmasında sığırlarda çayır tetanisi, diğer hayvanlarda aşırı duyarlılık, büyük damarlarda kireçlenme ve kemikleşmeler görülmektedir. Sodyum potasyum ve klor eksikliklerinde sıvı ve elektrolit dengede bozukluklar meydana gelirken, kükürt eksikliğinde yapısına katıldığı birçok maddenin oluşumunda bozukluklar meydana gelmesinin yanında kükürtlü aminoasitler sentezlenemezler. Mikro elementlerden demir eksikliğinde anemi, bakır eksikliğinde tavuklarda ve köpeklerde raşitizm benzeri kemikleşme bozuklukları, kuzularda enzootik ataksi, kobalt eksikliğinde geviş getiren hayvanlarda yağlı karaciğer, B_{12} vitamini eksikliği, çinko noksanlığında dermatitis, manganez eksikliğinde çeşitli hayvanlarda perozis, topallık, kısırlık gibi bozukluklar, flor eksikliğinde diş çürükleri, fazlalığında florozis hastalığı, selenyum eksikliğinde ruminantlarda ekonomik kayıplara yol açan beyaz kas hastalığı, fazlalığında alkali hastalığı, iyot eksikliğinde ise tiroid hormonlarının sentezinde aksamalar ve bu hormonla ilgili bozukluklar meydana gelmektedir.

Kendimizi Sınayalım

1. Aşağıdakilerden hangisi minerallerin canlılardaki **genel** özelliklerinden biri **değildir?**

a. Ozmotik dengeyi düzenleme
b. Elektrolit dengeyi düzenleme
c. Organik maddelerin yapısına katılma
d. İskelet sisteminin dayanıklılığını sağlama
e. İç organları dış etkilere karşı koruma

2. Aşağıdaki minerallerden hangisi kanın ve sütün pıhtılaşmasında görev yapar?

a. Bakır
b. Manganez
c. Kobalt
d. Kalsiyum
e. Selenyum

3. Fosfor eksikliği olan hayvanlarda normal gıda niteliğinde **olmayan** maddeleri yeme isteği hangi bozuklukta görülür?

a. Hipomagnezemi
b. Osteomalazi
c. Pika
d. Enzootik ataksi
e. Raşitizm

4. Buzağılarda mağnezyum eksikliğinde görülen hastalık hangisidir?

a. Beyaz kas hastalığı
b. Çayır tetanisi
c. Alkali hastalığı
d. Enzootik ataksi
e. Florozis

5. Hücre dışı su artışının sodyum artışından fazla olması durumuna ne ad verilir?

a. Hiperkalemi
b. Hipokloremi
c. Hiponatremi
d. Hipofosfatemi
e. Hipokalemi

6. Demirin organizmadaki taşınma şekli aşağıdakilerden hangisidir?

a. Transferrin
b. Apoferritin
c. Mukozal blok
d. Ferritin
e. Demir bağlayıcı protein

7. Bakırın antagonisti aşağıdakilerden hangisidir?

a. Mg
b. F
c. Fe
d. Mo
e. Mn

8. Ruminantlarda B_{12} vitamininin sentezlenmesi için hangi element gereklidir?

a. Mn
b. Na
c. K
d. Cu
e. Co

9. Dermatitis denilen durum hangi mineralin eksikliğinden meydana gelir?

a. Çinko
b. Manganez
c. Bakır
d. Kalsiyum
e. Kükürt

10. Fazla flor içeren suların içilmesiyle oluşan hastalık hangisidir?

a. Beyaz kas hastalığı
b. Florozis
c. Alkali hastalığı
d. Enzootik ataksi
e. Çayır tetanisi

Kendimizi Sınayalım Yanıt Anahtarı

1. e	Yanıtınız yanlış ise, "Mineraller ve Simgeleri" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
2. d	Yanıtınız yanlış ise, "Makro Elementler ve Özellikleri" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
3. c	Yanıtınız yanlış ise, "Makro Elementler ve Özellikleri" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
4. b	Yanıtınız yanlış ise, "Makro Elementler ve Özellikleri" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
5. c	Yanıtınız yanlış ise, "Makro Elementler ve Özellikleri" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
6. a	Yanıtınız yanlış ise, "Mikro Elementler ve Özellikleri" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
7. d	Yanıtınız yanlış ise, "Mikro Elementler ve Özellikleri" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
8. e	Yanıtınız yanlış ise, "Mikro Elementler ve Özellikleri" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
9. a	Yanıtınız yanlış ise, "Mikro Elementler ve Özellikleri" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
10. b	Yanıtınız yanlış ise, "Mikro Elementler ve Özellikleri" konusunu yeniden gözden geçiriniz.

Sıra Sizde Yanıt Anahtarı

Sıra Sizde 1

Mineral maddelerden bazıları vücutta miktar olarak daha fazla bulunurken, bir kısmı ise eser miktarda denecek kadar az bulunur. Kalsiyum, fosfor, mağnezyum, potasyum, sodyum, klor ve kükürt canlılarda, kanda % mg düzeyinde bulunur. Canlı organizmada kanda % mg düzeyinde bulunan elementlere makro elementler veya major elementler denir. Demir, bakır, kobalt, çinko, manganez, flor, selenyum ve iyot gibi mineraller ise canlılarda kanda % µg düzeyinde bulunur. Bunlara iz element, katalitik element veya minor elementler denir.

Sıra Sizde 2

Kalsiyum eksikliği durumunda genç hayvanlarda yani gelişimini tamamlamamış olanlarda raşitizm ve yaşlılarda, gelişimini tamamlamış olan hayvanlarda osteomalazi olarak isimlendirilen kemik bozuklukları görülür. Bunun yanında doğumu takip eden birkaç gün içinde süt ineklerinde hipokalsemi, felç ve ileri aşamalarda şuur kaybı, koma ile kendini gösteren, süt humması, dana humması adı verilen bir metabolizma hastalığı oluşur.

Sıra Sizde 3

Sodyum ve potasyum elementleri çeşitli kaynaklarla vücuda alındığında ince bağırsaklardan emilerek gerekli yerlerde kullanılırlar. Sodyum ve potasyum arasında bağırsaklardan emilim veya atılım arasında ters orantı vardır. Yani birinin besinlerle fazla alınması diğerinin idrarla fazla atılmasına neden olarak, vücuttaki elektrolit dengenin korunmasına yardımcı olmaktadır.

Sıra Sizde 4

Demir babağırsak mukoza hücrelerinden ancak özel bir mukoza proteinine bağlanarak emilebilir. Bu özel mukoza proteinine apoferritin adı verilir.

Yararlanılan Kaynaklar

Bayşu Sözbilir, N., Bayşu, N. (2008). **Biyokimya.** Güneş Tıp Kitabevleri, Ankara.

Kalaycıoğlu, L., Serpek, B., Nizamlıoğlu, M., Başpınar, N., Tiftik, A.M. (2000). **Biyokimya.** Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Yayınevi Ünitesi, Konya.

Onat, T., Emerk, K., Sözmen, E.Y. (2002) **İnsan Biyokimyası.** Palme Yayınları, Ankara

Tanju, A. (1996). **Tablolarla Biyokimya 1.** Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul.

Varol, E., Varol, S. (2010). **Çevresel bir Hastalık Olarak Florozis ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi.** TAF Preventive Medicine Bulletin.

7

Amaçlarımız

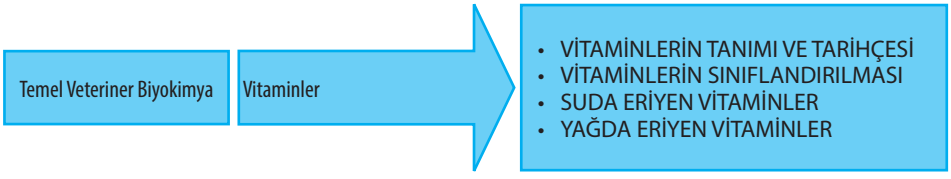
Bu üniteyi tamamladıktan sonra;

- Vitaminleri tanımlayabilecek,
- Vitaminlerin sınıflandırmasını yapabilecek,
- Vitaminlerin biyokimyasal görevlerini açıklayabilecek,
- Eksiklik durumlarında oluşabilecek problemleri tanımlayabilecek bilgi ve beceriler kazanabileceksiniz.

Anahtar Kavramlar

- Vitamin
- Vitamin Kaynakları
- Metabolizmadaki Görevleri
- Vitaminlerin Eksiklikleri

İçindekiler



Vitaminler

VİTAMİNLERİN TANIMI VE TARİHÇESİ

Vitaminler vücutta metabolik olayların normal bir şekilde meydana gelmesi ve yaşamın sürdürülmesi için gerekli olan, vücutta sentez edilemeyen veya yetersiz derecede sentez edilen ve besinler ile dışarıdan alınması zorunlu olan organik maddelerdir. Kısaca vitaminler sağlıklı yaşamın vazgeçilmez bir parçasıdırlar.

1912-1913 yıllarında Mendel, Mc Collum, Funk ve Hopkins bu alanda önemli araştırmalar yapmışlar ve başlangıçta *"yardımcı besinsel faktörler"* adı verilen bu maddelerin sınıfının kurulmasında etkili olmuşlardır. 1912 yılında pirinç kabuğundan ve mayadan elde edilen ve güvercinlerde **beriberi hastalığını** tedavi edici etki gösteren bir maddede baz karakterli bir azot bulunduğu gösterilmiş ve bu maddeye hayat için temel azotlu madde anlamına gelen *"vitamine"* ismi verilmiştir. Daha sonra kelimenin sonundaki *"e"* harfi atılarak vitamin şekline dönüşmüştür.

Beriberi Hastalığı: B1 Vitamini eksikliğinde oluşan bir sinir sistemi hastalığıdır.

Vitamin= Vita (hayat) + amin (azotlu bileşik)

Yapılan çalışmalar bütün vitaminlerin canlı bedeni üzerinde farklı ve önemli etkilerinin olduğunu göstermektedir. Örneğin A vitamini göz ve cilt sağlığında, B vitaminleri sağlıklı büyüme ve sinir sisteminin gelişmesinde, C vitamini kemiklerin kuvvetlenmesinde, vücudun direncini arttırıp kanser, görme problemleri ve romatizmadan korunmasında ve dişlerin gelişiminde, E vitamini ise sağlıklı adale gelişimi ve kan dolaşımı üzerinde etkili olmaktadır. Bazen yüksek dozlarda kullanılan vitaminler osteoporoz, kalp hastalığı, kanser gibi pek çok hastalığın seyrinin yavaşlamasında etki göstermektedir.

Değişik ve yeterli kaynaklardan sağlanan karbonhidrat, yağ ve protein gibi temel besin maddelerini içeren bir besin diyetiyle yapılan **dengeli beslenme** vücudun günlük gereksinimine yetecek kadar vitamin sağlar. Ancak fizyolojik (gebelik, spor, gelişme çağı vs.), patolojik (ateş, ishal, kusma vs.) ve çevresel faktörler (iklim, coğrafi bölge) vitamin gereksinimini arttırmaktadır.

Dengeli Beslenme: Vücudun ihtiyaç duyduğu besin maddelerinin, vücudun ihtiyacı oranında tüketilmesine dengeli beslenme denir.

Bir vitaminin yokluğuna avitaminozis, ihtiyacın altında yetersiz vitamin alınmasına hipovitaminozis ve aşırı derecede (özellikle vitamin A ve D) yüksek vitamin alımından oluşan hastalık haline de hipervitaminozis adı verilmektedir.

VİTAMİNLERİN SINIFLANDIRILMASI

Vitaminler suda ve yağda eriyenler olmak üzere iki grupta incelenirler (Tablo 7.1) Suda eriyen vitaminler B vitaminleri ve C vitamini, yağda eriyenler A, D, E ve K vitaminleridir.

Tablo 7.1
Vitaminlerin sınıflandırılması

Suda Eriyen Vitaminler	Yağda Eriyen Vitaminler
Vitamin B1 (Tiyamin, Aneurin)	Vitamin A (Retinol)
Vitamin B2 (Riboflavin)	Vitamin D (Kalsiferol)
Vitamin B3 (Nikotinamid ve Niasin)	Vitamin E (Tokoferol)
Vitamin B5 (Pantotenik Asit)	Vitamin K (Fillokinon)
Vitamin B6 (Pridoksin)	
Vitamin B12 (Kobalamin)	
Vitamin C (Askorbik Asit)	
Vitamin H (Biyotin)	
Folik Asit	

SUDA ERİYEN VİTAMİNLER

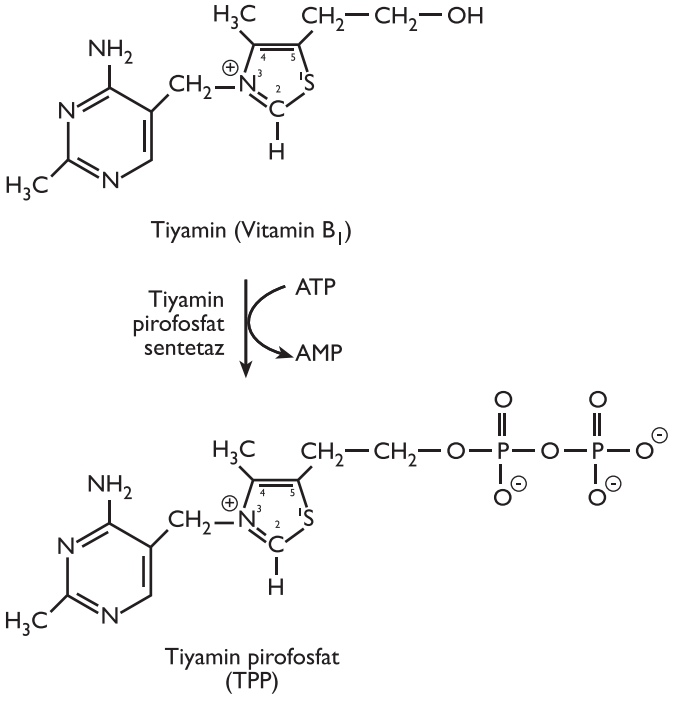
Vitamin B1 (Tiyamin)

Kimyasal Yapısı ve Özellikleri

Bu vitamine aynı zamanda tiyamin adı da verilir. Metilen köprüsüyle birbirine bağlanan pirimidin ve tiyazol heterosiklik halkaları, tiyaminin temel yapısını oluştururlar. (Şekil 7.1).

Şekil 7.1

Tiyamin ve Tiyamin Pirofosfatın (TPP) Kimyasal Yapısı



Bulunduğu Yerler ve Metabolizmadaki Görevleri

Hem bitkisel ve hem de hayvansal kaynaklarda yaygın bir şekilde bulunur. Özellikle maya, tohumların kabukları, yer fıstığı, soya fasulyesi, karaciğer ve böbreklerde fazla miktarda bulunmaktadır. Yumurta sarısı vitamin B1 bakımından zengindir.

İnsanlar ve hayvanlar, tiyamine olan ihtiyaçlarını besinlerle dışarıdan sağlarlar. Tiyamin doğal maddelerde serbest tiyamin, protein kompleksi, fosforik asit kompleksi ve fosfor-protein kompleksi şeklinde bulunur. Bu vitamin alyuvarlarda pirofosfat, serumda ise serbest haldedir.

Tiyamin, vücutta depolanmaz ve fazlası idrarla atılır. Barsaklarda kolay ve hızlı bir şekilde emilir. Daha sonra karaciğerde yapısına iki adet inorganik fosforun bağlanmasıyla tiyamin pirofosfat şekline dönüşür. Bu molekül aynı zamanda vitaminin **koenzim** şeklidir. Tiyamin pirofosfat karbonhidrat metabolizmasında piruvat ve α-ketoglutarik asit gibi α-keto asitlerin oksidatif dekarboksilasyon reaksiyonları ve transketolaz reaksiyonlarında görev alırlar.

Koenzim: Bir enzimi aktif hale getiren, enzimin protein olmayan organik kısmıdır.

Bu görevlerinden bağımsız olarak sinirsel fonksiyonların iletiminden ve sinir hücrelerinin temel fonksiyonlarından sorumludur. Tiyamin pirofosfat önce böbreklerde fosfat gruplarını kaybeder ve sonra kısmen serbest vitamin ve kısmen de konjuge sülfat esteri şeklinde vücuttan atılır.

Eksiklik Belirtileri

Gerek tiyamin pirofosfat ve gerekse serbest tiyamin, sinirsel dokunun oksijen alma yeteneğini artırırlar. Tiyamin yetersiz olursa beynin oksijen alma yeteneği azalır. Ayrıca yine yetersizliğinde kanda piruvat ve laktik asit miktarı artar. Belirgin tiyamin yetersizliğinde; insanlarda beslenme bozukluğu ile karakterize beriberi hastalığı, kanatlılarda birkaç sinirin aynı anda beraber iltihabı (polineuritis) ve yavru hayvanlarda büyümenin durduğu gözlenmektedir.

İnsanlarda beriberi, özellikle kabuksuz pirinçle beslenen uzak doğu ülkelerinde görülür. Beriberi; insanlarda polineurit, kalp-damar bozuklukları ve ödem ile karakterize bir hastalıktır. Hastalıkta ilk önce halsizlik ve yorgunluk görülür. İştah azalır, mide-bağırsak ile ilgili belirtiler ve taşikardi (kalbin vurum sayısının artması) ortaya çıkar.

Kanatlılarda özellikle tiyaminden yetersiz beslenen güvercinlerde polineuritis görülür. Hayvanlar uçamaz, yürüyemez ve hatta ayakta bile duramazlar.

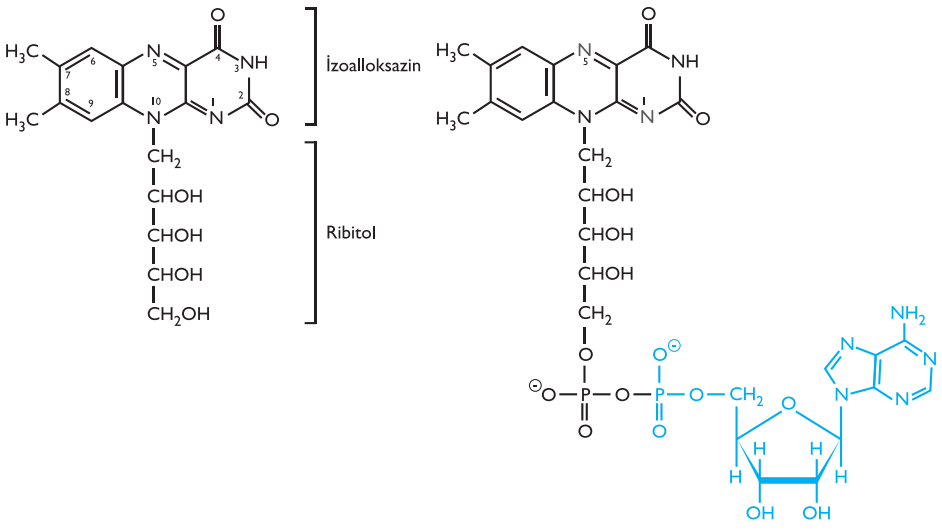
Vitamin B2 (Riboflavin)

Kimyasal Yapısı ve Özellikleri

Vitamin B2'nin kimyasal adı riboflavin olmakla birlikte elde edildikleri kaynaklara göre de adlandırılabilirler. Örneğin, sütten elde edilene laktoflavin, karaciğerden elde edilene hepatoflavin ve yumurtadan elde edilene ise ovoflavin adı verilmektedir (Şekil 7.2).

Şekil 7.2

Riboflavin ve Koenzim Formu Flavin Adenin Dinükleotid (FAD)



Bulunduğu Yerler ve Metabolizmadaki Görevleri

Başlıca süt, yumurta, böbrek, kalp, karaciğer, et gibi hayvansal kaynaklar ile yeşil sebzeler ve özellikle kaba yonca gibi bitkisel kaynaklarda bol miktarda bulunmaktadır.

Riboflavin, flavin mononükleotid (FMN) veya flavin adenin dinükleotid (FAD) şeklinde çeşitli enzimatik reaksiyonlarda koenzim olarak görev yapmaktadır. Bu moleküllere flavoenzimler veya flavoproteinler adı da verilmektedir. Metabolizmada yükseltgenme-indirgenme tepkimelerinde rol almakla birlikte özellikle piruvatın, yağ asitlerinin, aminoasitlerin oksidatif yıkımına ve elektron taşıma olaylarına katılmaktadırlar.

Ayrıca gözün retinasında serbest veya proteine bağlı olarak bulunan riboflavin, kısa dalga boylu mavi ışınları sarı-yeşil fluoresans ışığa çevirir ve gözde görmeyi sağlayan görme purpurası denen maddenin yenilenmesini hızlandırır.

Eksiklik Belirtileri

Riboflavin eksikliğinde deri, mukoza, göz ve sinir sisteminde bozukluklar oluşur. Dil ucunda ve kenarında yangı ve çatlamalar, dudaklarda kırmızılık görülür. Yine gözde yanma, bulanık görme ve alacakaranlık körlüğü meydana gelir. Ayrıca piliçlerde büyüme durur, ayak parmakları bükülmüş bir hal alır, derinin yangısı (dermatitis), felç ve ölüm olabilir. Yetişkin tavuklarda riboflavin eksikliğinde kuluçka kabiliyeti azalır, embriyonun ölüm oranı artar. Sıçan ve köpeklerde riboflavin eksikliğinde kansızlık görülür. Ancak pratik beslenme şartlarında hayvanlarda riboflavin yetmezliği meydana geldiği bilinmemektedir.

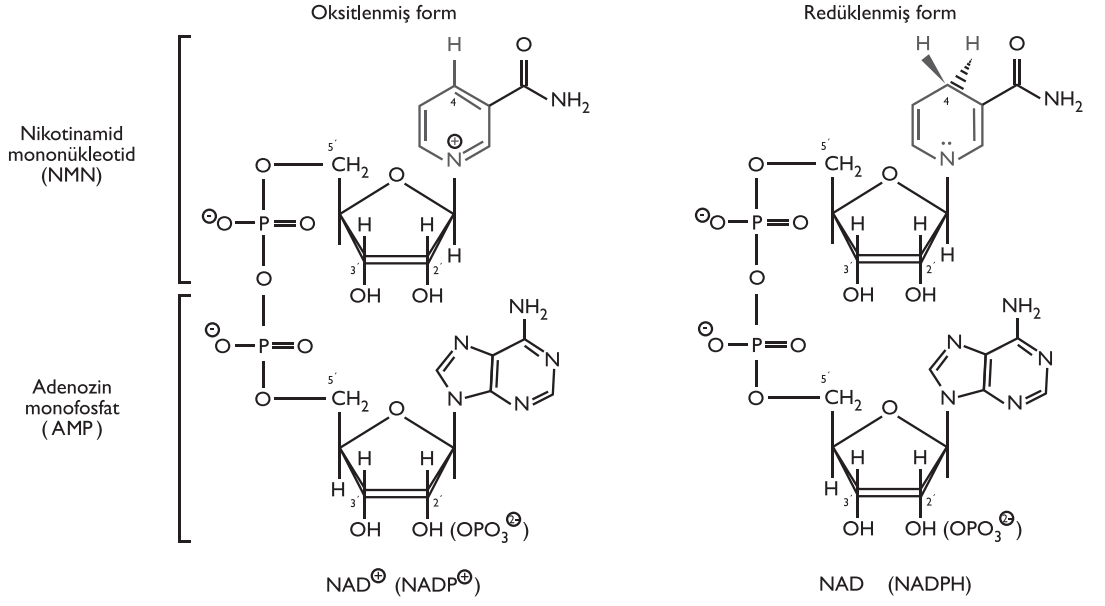
Vitamin B3 (Nikotinamid ve Niasin)

Kimyasal Yapısı ve Özellikleri

Vitaminin diğer isimleri arasında niasin (nikotinik asit), niasinamid (nikotinamid), pellegra hastalığını iyileştirici özelliğinden dolayı vitamin PP (pellegra preventive) veya antipellagra faktörü gibi isimler bulunmaktadır (Şekil 7.3).

Şekil 7.3

Nikotinik Asit ve Koenzim Formları



Bulunduğu Yerler ve Metabolizmadaki Görevleri

Niasin ve niasinamid, hayvansal ve bitkisel dokularda yaygındır, en çok ette ve özellikle karaciğerde bulunur. Bundan başka bira mayası, yeşil sebzeler, çay, kahve, ceviz, fındık, buğday, çavdar, baklagiller bu vitamin için iyi birer kaynaktır. Mısır, niasin yönünden fakirdir.

Nikotinamid, kediler hariç memeli hayvanlar, birçok bakteri ve bitki tarafından bir aminoasit olan triptofandan sentezlenebilir. Nikotinamid dokularda nikotinamid adenin dinükleotid (NAD) ve nikotinamid adenin dinükleotid fosfat (NADP) şeklinde bulunmaktadır ve oksidoredüktazların koenzimi olarak görev yapmaktadır. Bu iki koenzim, hidrojen ve elektron taşıyıcı sistemin bir halkasını ve dehidrojenazların koenzimlerini oluştururlar.

Eksiklik Belirtileri

İnsanda nikotinamid eksikliğinde 4D adını verdiğimiz belirtiler; dermatitis (deri yangısı), diyare (ishal), demansia (bunama) ve death (ölüm) ile karakterize pellegra hastalığı tablosu oluşur. Fazla miktarda mısır ve mısır ürünleri ile beslenme, mısırda çok az triptofan bulunması nedeniyle nikotinamid eksiklik belirtilerinin ortaya çıkmasına neden olabilir.

Niasin eksikliğinde domuzlarda deri değişiklikleri ile birlikte mide ve bağırsak iltihapları, atlarda kronik mide ve bağırsak bozuklukları görülür. Köpeklerde karadil hastalığı oluşur. Köpeklerde görülen karadil hastalığının başlıca belirtileri, dil ve diş etlerinde iltihap, kalın ipliksi tükürük salgısı, şiddetli kanlı ishal ve ağır su kaybıdır. Kilo kaybı, iştahın azalması, dilde ve ağız boşluğu zarında yaralar karadil hastalığını karakterize eden bulgulardır. Yüksek dozda niasin, deride kızarma, kaşıntı ve gastrointestinal rahatsızlık oluşturur ve tam olarak anlaşılmayan mekanizmalarla serum kolesterol düzeyini düşürür.

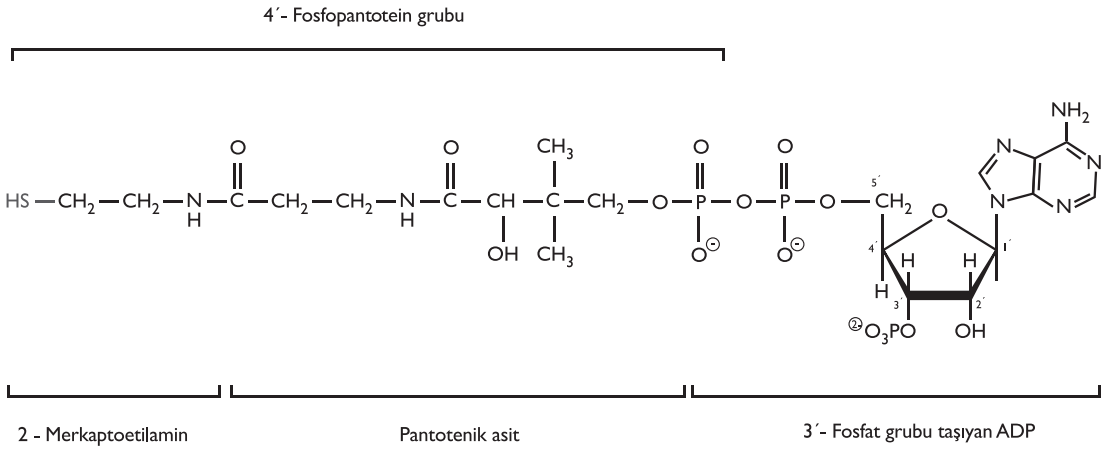
Vitamin B5 (Pantotenik Asit)

Kimyasal Yapısı ve Özellikleri

Bu vitamine aynı zamanda pantotenik asit, piliçlerde antidermatitis faktör veya ratlarda kılların grileşmesini sağlayan faktör isimleri de verilmektedir. Pantotenik asit, β-alanin ile pantoik asitin peptit bağıyla birbirine bağlanmasıyla oluşmuştur (Şekil 7.4).

Şekil 7.4

Pantotenik Asit ve Koenzim Şekli



Bulunduğu Yerler ve Metabolizmadaki Görevleri

Birçok bitkisel ve hayvansal besinde bulunur. Karaciğer, böbrek, bal, bira mayası, kuru fasulye, pirinç, bezelye, yumurta, karnabahar ve lahanada bol miktarda bulunur. Pantotenik asit bitkiler ve mikroorganizmalar tarafından sentezlenir. Serbest pantotenik asit ve pantenol şeklinde bağırsaklardan absorbe olur, organizmada pantotenik aside dönüşür.

Bu vitaminin en önemli görevlerinden biri, koenzim A'nın (CoA-SH) yapısına girmektir. CoA-SH, özellikle karbonhidrat ve lipitlerin ara metabolizmasında görev alır. Bu reaksiyonların en önemli olanı koenzim A'nın asetat ile bağlanarak *"aktif asetatları"* oluşturmasıdır. Asetik asit, asetil-CoA şeklinde (aktif asetat) birçok önemli metabolik olaya katılır.

Örneğin asetik asit, asetil-CoA şeklinde okzaloasetik asit ile bağlanarak sitrik asidi oluşturur. Bu da trikarboksilik asit (TCA) siklusunun başlamasını sağlar. Böylece karbonhidrat, lipit ve bazı aminoasitlerden oluşan asetik asitler metabolizmada TCA ile daha ileri basamaklara kadar yıkılırlar.

Eksiklik Belirtileri

Pantotenik asit, deri ve kılların renklerinin belirlenmesinde rol alır. Yetersizliğinde kıllar grileşir. Pantotenik asit eksikliğinde büyümenin durduğu, dermatitis, kıl veya tüy örtüsünün rengini kaybettiği gözlenmiştir. Mukozaların normal fonksiyonları ve enfeksiyonlara karşı direnci için de gereklidir. Sinir sisteminde felç, İskelet kaslarının istem dışı, ani, şiddetli veya seri olarak kasılması (konvulziyon) ve

koma ile seyreden periferik sinirlerin yapısında bozulma gözlenir. Ayrıca pantotenik asit yetersizliği tespit edilen kişilerde bronşit-mide-bağırsak iltihaplarına karşı büyük bir yatkınlık görülür. Yine insanlarda ayaklarda yanma hastalığı (burning feet disease) adı verilen bir hastalık oluşur. En önemli belirtileri, ayakların gündüzleri soğuk, geceleri ise sıcak olması, el ve ayaklarda karıncalanmalar olmasıdır.

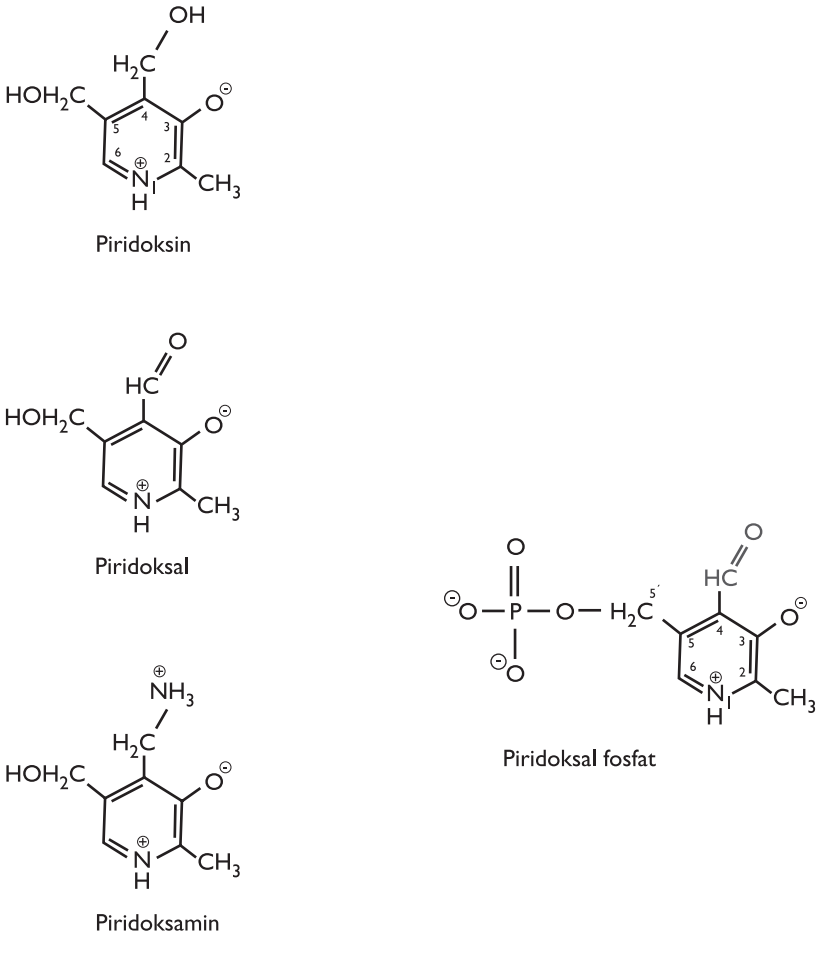
Vitamin B6 (Piridoksin)

Kimyasal Yapısı ve Özellikleri

Vitamin B6'nın diğer adı piridoksin'dir. Vitamin B6'nın piridoksin, piridoksal ve piridoksamin olmak üzere üç aktif formu bulunmaktadır. Vitamin B6'nın aktif koenzimleri pridoksal fosfat ve pridoksamin fosfattır (Şekil 7.5).

Şekil 7.5

Piridoksinin Kimyasal Yapısı



Bulunduğu Yerler ve Metabolizmadaki Görevleri

Vitamin B6 hayvansal ve bitkisel kaynaklarda yaygın olarak bulunur. En fazla maya, pirinç kabukları, yumurta sarısı, tahıl ve sebzelerde, daha az miktarda karaciğer, böbrek, yumurta, balık ve sütte bulunur.

Piridoksal fosfat, aminoasitlerin hücreye girmesini ve hücrede toplanmasını sağlayan faktörlerden biri olmakla birlikte aynı zamanda aminoasitlerin ara meta-

bolizma reaksiyonlarında rolü olan enzim sistemlerinin kofaktörlerini de oluşturur. Ayrıca triptofan aminoasidinin metabolize edilip nikotinik aside çevrilmesinde de gerekli bir moleküldür. Piridoksal fosfat merkezi sinir sistemi için spesifik olan glutamik asidin γ-aminobütirik aside (GABA) çevrilmesi reaksiyonuna katılır. GABA'nın *"nöronal aktiviteyi düzenleyici"* fonksiyonu bulunmaktadır. Vitamin B6 yetersizliği dolayısıyla GABA'nın eksikliği oluşacak ve bunun sonucunda **epileptiform nöbetler** meydana gelecektir.

Epileptiform Nöbetler: Beyindeki ani, anormal ve aşırı elektrik aktivite sonucu ortaya çıkan geçici davranış ve/veya şuur değişiklikleri.

Eksiklik Belirtileri

İnsanlarda şimdiye kadar vitamin B6 eksikliğinin tipik belirtileri saptanamamıştır. Belirtiler daha çok hayvanlarda görülmektedir. Sıçanlarda vitamin B6 eksikliği büyümenin durması, kuyrukta, kulaklarda, ağızda, pençelerde ödem ve pullanma ile birlikte seyreden dermatitis oluşturur. Sıçanlar gürültüye karşı çok duyarlıdırlar, epileptiform nöbetler görülür. Köpek ve sıçanlarda vitamin B6 eksikliği kansızlığa, plazmada demir miktarında artmaya neden olur, sinir sistemi ciddi şekilde zarar görür. Maymunlarda yaygın nöropatolojik değişiklikler ortaya çıkar.

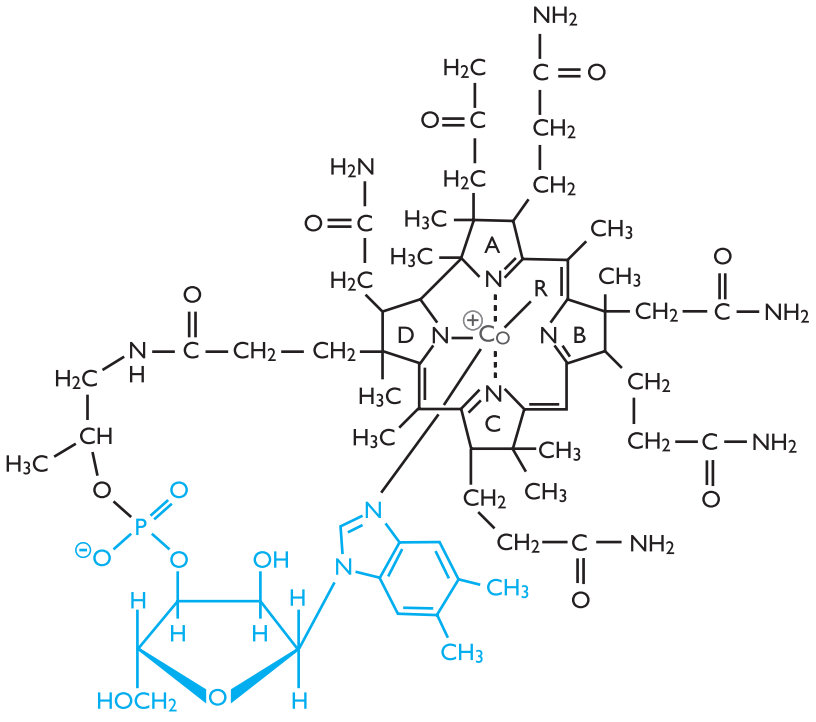
Vitamin B12 (Kobalamin)

Kimyasal Yapısı ve Özellikleri

B12 vitaminine aynı zamanda kobalamin adı da verilmektedir. Vitamin B12 yapısında porfirin halka sistemine benzeyen korrin halka sistemi ve bir nükleotid bulunan kırmızı renkte ve kristal yapılı bir bileşiktir. Bu sistemde dört pirol halkasından ikisi birbirine metilen köprüsü ile diğer ikisi de doğrudan birbirlerine bağlanmaktadırlar. Halkanın merkezinde kobalt atomu bulunmaktadır (Şekil 7.6).

Şekil 7.6

Vitamin B12'nin Kimyasal Yapısı (R Grubu Koenzim Formunda 5'deoksiadenozin veya Metil Grubu Olabilir)



Bulunduğu Yerler ve Metabolizmadaki Görevleri

Dana eti, dana karaciğeri, böbrek, süt ve süt ürünleri, peynir, yumurta, midye, ringa balığı, uskumru, sardalya, dil balığı B12 vitamini içeren yiyeceklerdir. Sebzelerde ise B12 vitamini bulunmaz.

Vitamin B12 mide-bağırsak kanalına daha çok hayvansal kaynaklı proteinlerle gelir. Bu vitaminin bağırsak kanalından emilebilmesi için mideden salgılanan intrinsik faktör ile birleşmesi gerekir. Emildikten sonra proteinlere bağlı vitamin B12 hızla kan dolaşımına geçer ve buradan çeşitli dokulara dağılır. Vitamin B12'nin metabolizma reaksiyonlarında etkili olan şekli koenzim B12'dir. Koenzim B12, metiyonin biyosentezinde rol alır.

Ruminantlarda karbonhidrat metabolizmasının bir ürünü olarak büyük miktarda açığa çıkan propiyonat normal olarak kandan temizlenirken vitamin B12 veya kobalta ihtiyaç duyar. Vitamin B12 eksikliğinde bu molekülün ve metilmalonil CoA'nın birikimi olur. Bunun sonucunda idrar ile metilmalonil CoA atılımının artması iştah azalmasına ve yem tüketiminin düşmesine neden olur.

Eksiklik Belirtileri

Hafif derecede B12 eksikliği çok sık görülür. Uyuşukluk, sabahları yataktan yorgun kalkma gibi belirtiler verir. Ağır vitamin B12 eksikliğinde ise sinir fonksiyonlarının bozulduğu kronik hastalıklar ortaya çıkmaktadır. Sinir harabiyetine yol açabilir.

Vitamin B12 eksikliğinde büyümenin durduğu, ishal, kusma, hareket bozuklukları, ağız mukozasında iltihap, yetişkin tavuklarda yumurta veriminde ve yumurtanın kuluçka randımanında azalma görülür.

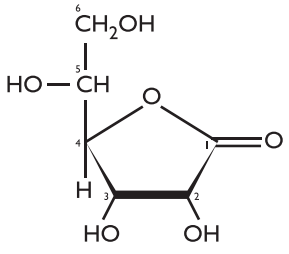
Vitamin B12 unutkanlığa neden olur mu? Niçin?

SIRA SİZDE 1

Vitamin C (Askorbik Asit)

Kimyasal Yapısı ve Özellikleri

Askorbik asit, insan, kobay, yarasa ve sürüngenlerde esansiyeldir, yani dışarıdan besinlerle alınması gerekir. Diğer hayvanlarda ve bitkilerde ise D-glukozdan, sentezlenir. Askorbik asit, memelilerde karaciğerde, kuşlar, kurbağalar ve sürüngenlerde ise böbreklerde sentezlenir. Mikroorganizmalar askorbik aside gereksinim duymazlar ve sentez etmezler. Vitamine aynı zamanda antiskorbütik vitamin adı da verilmektedir. Işık, gümüş ve bakır iyonları karşısında hızlı bir şekilde oksidatif parçalanmaya uğrarlar.Hayvansal dokulardan böbrek üstü bezi, karaciğer ve süt en yüksek askorbik asit konsantrasyonuna sahiptir (Şekil 7.7).



Askorbik asit

Şekil 7.7
Vitamin C (Askorbik Asit)'nin Kimyasal Yapısı

Bulunduğu Yerler ve Metabolizmadaki Görevleri

En önemli askorbik asit kaynakları yeşil sebzeler, meyveler, domates, acısız kırmızı biber olan paprika ve turunçgillerdir. Hayvansal gıdalar vitamin C bakımından fakirdirler.

Fagositoz: İltihap odağında etken ve ölmüş hücre artıklarının bazı özel hücreler tarafından yutulması ve eritici enzimlerle sindirilmeye çalışılmasıdır

Vitamin C'nin en önemli biyofonksiyonu kıkırdak, kemik ve dişlerin interselüler dolgu maddesinin sentezinin sürekliliğini sağlamasıdır. Ayrıca enfeksiyonlara karşı vücut direncinin arttırılması, kolesterolün safra asitlerine dönüşümü, antistres etkinlik, karnitin sentezi, serbest radikallerin zararlı etkilerinin önlenmesi, T-lenfositlerin aktivasyonu ve **fagositozu** güçlendirerek enfeksiyonları azaltması gibi önemli etkileri bulunmaktadır.

Askorbik asit, demirin ince bağırsaklardan emilimini ve depolardan mobilizasyonunu arttırır, glukozdan glikojen oluşumunda önemli rol oynadığı bildirilmiştir. Antienfeksiyöz etkisi bulunmaktadır. Gebelik ve laktasyon sırasında, stres ve ateş hallerinde askorbik asit gereksinimi artar. Tavuklarda yüksek ısıdan oluşan stres durumlarında verilen vitamin C ilaveleri özellikle yumurta kabuğunun kalitesinin artmasını sağlar.

Eksiklik Belirtileri

Askorbik asit eksikliğinde insanlarda skorbüt hastalığı meydana gelir. Skorbüt hastalığında, dişlerin gevşemesi ve düşmesi, deride sertlik ve çatlaklar görülür. Askorbik asit eksikliği olan hayvanlar iştahlarını kaybederler, eklemleri şişer ve duyarlılık kazanır, arka ayaklarını uzatarak yatarlar. Gizli askorbik asit eksikliğinin belirtileri arasında ilkbahar yorgunluğu, enfeksiyonlara yakalanma riskinin artması sayılabilir. Kronik olarak aşırı derecede yüksek doz vitamin C alınması, kalsiyum okzalat taşları oluşmasına ve gastrointestinal kanaldan diğer vitaminlerin ve ilaçların emilmesinin engellenmesine neden olabilir.

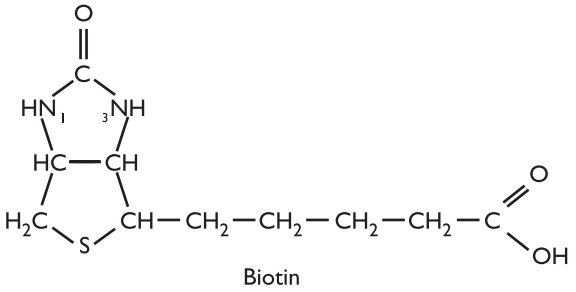
Vitamin H (Biotin)

Kimyasal Yapısı ve Özellikleri

Vitamin H'ye biotin adı da verilmektedir. Biotin, birçok mikroorganizma ve bitki tarafından sentez edilir, insanın biotin ihtiyacının büyük kısmı olasılıkla ince bağırsak bakterileri tarafından sentez edilen biotinden karşılanır. Biotinin kimyasal yapısında iki halka ve bir monokarboksilik asit vardır (Şekil 7.8).

Şekil 7.8

Biotinin Kimyasal Yapısı



Biotin

Bulunduğu Yerler ve Metabolizmadaki Görevleri

Biotin, doğal besinlerde yaygın olarak bulunur, en çok yumurta sarısında, çikolatada, yer fıstığında, karaciğerde, sütte, böbrekte ve mayada bulunur.

Karbonhidrat, lipit ve protein metabolizmasında esansiyel bir koenzim olan biotin, özellikle yeterli karbonhidrat alınamadığı zaman karbonhidrat olmayan maddelerden glukoz yapımı için büyük önem taşır. Karbondioksidin bağlanmasını sağlayan karboksilasyon tepkimelerinde görev yapar.

Eksiklik Belirtileri

Eksikliği fazla miktarda çiğ yumurta akı yenmesi sonucu, yumurta akında bulunan avidinin bağırsak kanalında biotinle suda erimez bir kompleks oluşturmasından ve bu bileşiğin emilememesinden ileri gelir. Ayrıca biotin eksikliği piliç, sıçan, kobay, tavşan, köpek ve maymunda karakteristik deri değişikliklerine ve büyümede duraklamaya neden olur, pullu dermatitis ve yağ bezlerinin bozukluğu sonucu deride kepek oluşumu ve ayrıca saç veya kıl kaybı görülür, hayvanlar bir zırh ile örtülü görünüm alırlar.

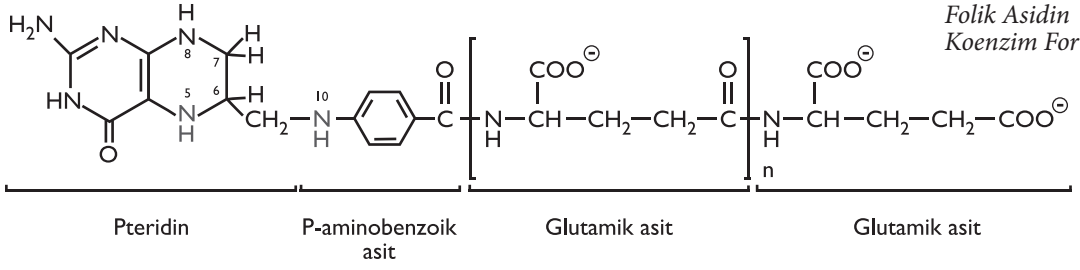
Folik Asit

Kimyasal Yapısı ve Özellikleri

Bazı kaynaklarda B10 veya B11 vitamini adı da verilmektedir. Vitamin memelilerde sentezlenemezken, bazı türlerde bağırsak mikroorganizmaları tarafından sentezlenir (Şekil 7.9).

Şekil 7.9

Folik Asidin Koenzim Formu



Bulunduğu Yerler ve Metabolizmadaki Görevleri

Folik asit, doğada en çok yeşil yapraklarda, soya fasülyesi, fındık ve karaciğerde bulunur; pişirmekle besinlerdeki folik asidin yarısı kaybolur. Bunun yanında tane yemler, süt ve yumurta ise folik asit bakımından fakirdir. İnce bağırsaktan emilen folik asidin büyük kısmı bağırsak hücresi içinde 7,8-dihidrofolat (H_2-folat) üzerinden 5,6,7,8-tetrahidrofolata (H_4-folat) indirgenerek aktif hale getirilir. Tetrahidrofolat, tek karbon atomlu grupların bir molekülden diğerine aktarılmasını sağlayan enzimlerin kofaktörüdür.

Tetrahidrofolatın katıldığı reaksiyonlar arasında, purin ve pirimidinlerin sentezi, serin ve glisin aminoasitlerinin birbirine dönüşümleri, histidinin yıkılması, metiyonin, kolin ve timin gibi bileşikler için metil gruplarının yeniden sentezlenmesi bulunmaktadır.

Gebelik süresince folik asit alımı, yeni doğan bebeklerde merkezi sinir sistemi anomalilerini önemli ölçüde azaltmaktadır. En çok rastlanan omurganın açık kalması, beynin kafatası kemiğinin dışına çıkması ve beynin gelişmemesi gibi hastalıkların görülme olasılığını % 70 azalttığı bilinmektedir.

Eksiklik Belirtileri

Lökopeni: Dolaşımdaki kanda bulunan lökosit (akyuvar veya beyaz kan hücresi) sayısının azalması durumuna verilen isimdir

Trombositopeni: Kandaki trombosit sayısının azlığına verilen isimdir

Folik asit eksikliğinde pürin biyosentezi ve dolayısıyla nükleik asit biyosentezi bozulur ki bu, kan tablosuna yansır; **lökopeni** ve **trombositopeni** ortaya çıkar. Folik asit eksikliğinin lökosit oluşumunu önlediği gözlenmiştir. Folik asit eksikliğinde piliçlerde büyümenin durakladığı, eritrosit, lökosit ve trombosit sayılarının azaldığı gözlenir; memeli hayvanlarda lökopeni, megaloblastik anemi, iştah kaybı, diş etlerinin iltihaplanması, ishal ve kaşeksi görülür.

SIRA SİZDE 2

Folik asit yetersizliği sonucunda pürin ve pirimidinlerin sentezi bozulur. Bunun sonucunda hangi problemler oluşur?

YAĞDA ERİYEN VİTAMİNLER

Yağda eriyen vitaminler olan vitamin A, D, E ve K, suda erimeyen, yani hidrofobik moleküllerdir. Emilimden sonra spesifik bağlayıcı proteinler ile taşınmaktadırlar. Yağlarla birlikte emilen ve idrar ile atılmayan bu vitaminler, yağ dokusu ve karaciğerde depolanmaktadırlar.

Vitamin A (Retinol)

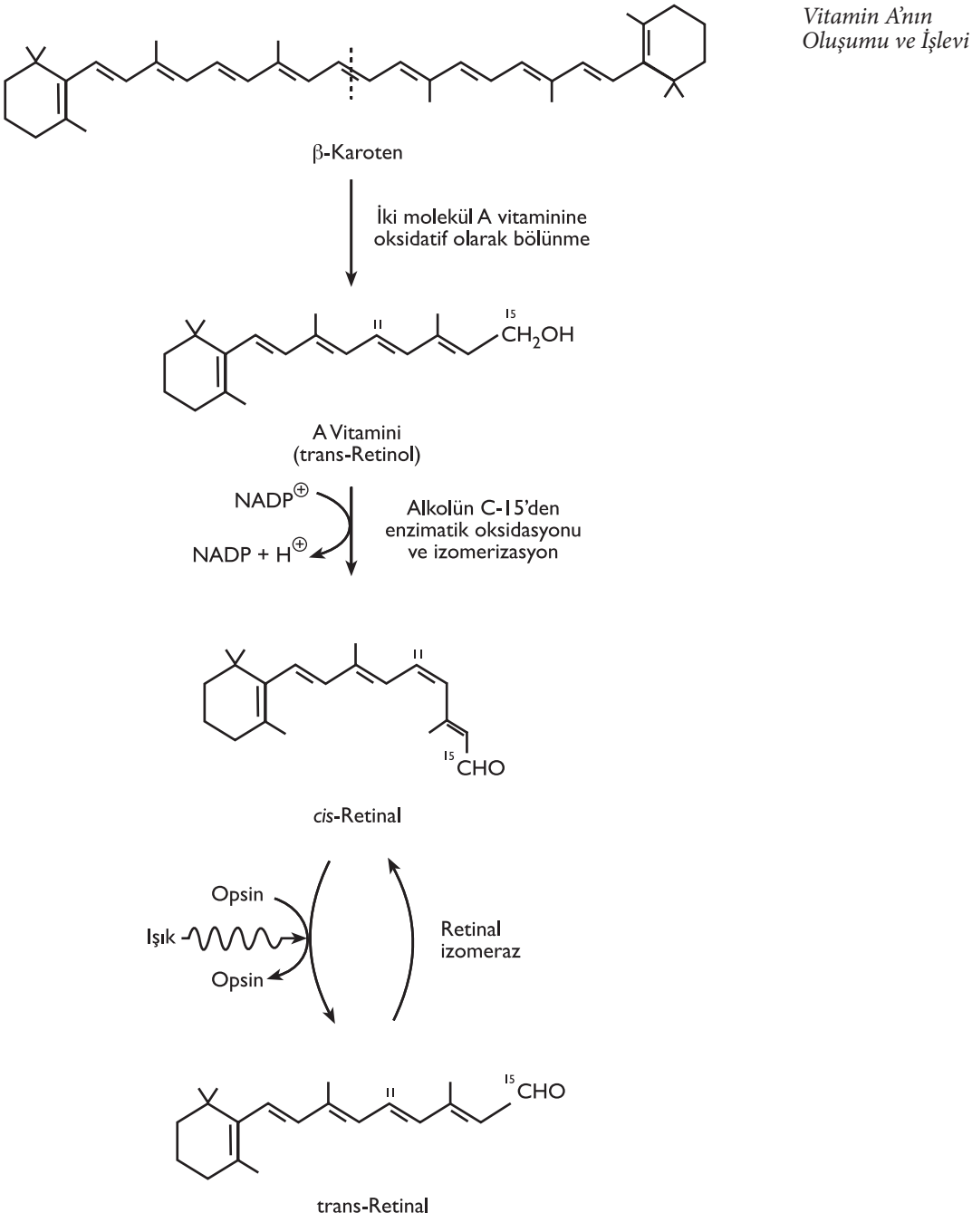
Kimyasal Yapısı ve Özellikleri

Diğer adları arasında retinol, antienfeksiyöz vitamin bulunmaktadır. 4 izopren molekülünden kurulmuş olan ve retinol (alkol), retinal (aldehid) ve retinoik asit ile β-karoten gibi biyolojik olarak aktif bir grup moleküle "A Vitamini" adı verilmektedir.

Vitamin A, saf halde açık sarı kristaller halindedir; suda çözünmez, lipidlerde ve organik çözücülerde çözünür; ısıya karşı az duyarlıdır; UV ışık tarafından harap edilir; oksijene karşı dayanıklıdır. Vitamin A molekülündeki çift bağlar ışıkta hava oksijeni tarafından kolaylıkla oksitlenebilir ve vitamin A aktivitesi kaybolur; doğal besinlerdeki vitamin A, vitamin E gibi antioksidanlar tarafından korunur. Vitamin A, hayvanlarda retinolün uzun zincirli yağ asidi esterleri halinde, bitkilerde ise bir provitamin olan β-karotenler halinde bulunur (Şekil 7.10).

Şekil 7.10

Vitamin A'nın Oluşumu ve İşlevi



Bulunduğu Yerler ve Metabolizmadaki Görevleri

En yüksek vitamin A konsantrasyonu, deniz balıklarının karaciğer yağındadır. Kolostrum, süt, tereyağı ve yumurta sarısı da önemli vitamin A kaynaklarıdırlar. Yaz taze sütü kış taze sütünden, yaz tereyağı ise kış tereyağından daha çok vitamin A içerir. Havuç, otlar, yeşil ve kurutulmuş yonca β-karotenler bakımından oldukça zengindirler.

Vitamin A organizmaya ya vitamin A ya da provitamin A şeklinde girer. Provitaminlerin başlıcaları karotenlerdir. Karotenler birçok yeşil ve sarı sebzenin pigmentini (canlı bir organizmanın oluşturduğu, ona özel bir renk veren kimyasal madde) oluştururlar. Bunlar daha sonra bağırsakta vitamin A'ya çevrilirler.

Vitamin A'nın metabolizmada görme, büyüme, üreme ve epitelizasyon sistemlerinde önemli fonksiyonları bulunmaktadır. Vitamin A'nın görme olayındaki rolü gözün karanlığa adapte olmasını sağlamaktır. Bu olayı gözün retina tabakasında rod ve kon adı verilen iki tip çomak şeklinde reseptör hücreleriyle gerçekleştirir. Konlar gündüz, rodlar ise alaca karanlıkta görmeyi sağlarlar.

Vitamin A derinin en dış tabakası (ektoderm) için koruyucu bir maddedir, deri, gözün korneası, solunum, sindirim ve ürogenital sistemlerin epitel dokusunun normal yapısı vitamin A'ya bağımlıdır. Vitamin A, aynı zamanda bir büyüme faktörüdür, kemik hücresinin öncülü, olgunlaşmamış hücre olan osteoblast aktivitesi ile kemik matriksini yok ederek kemik dokusunu ortadan kaldıran bir çeşit kemik hücresi olan osteoklast aktivitesini düzenler.

Eksiklik Belirtileri

Vitamin A eksikliğinin erken belirtilerinden biri, karanlığa karşı adaptasyon bozukluğu ile karakterize gece körlüğüdür. Vitamin A'dan eksik diyetle beslenmede, 3-3,5 ay sonra göz konjunktivasının kalınlaşması, 7 ay sonra gece körlüğü ve epitel oluşumunda bozukluklar başlıca eksiklik belirtilerini oluşturur; bütün dokularda epitel hücreleri çekirdeklerini kaybederek keratinleştirici bir **metaplaziye** uğrarlar, deride ter bezlerinin bozulmasına bağlı kuruluk ve kabalaşma, sık solunum yolu enfeksiyonu, böbrek taşı oluşumu, dişlerde ve kemikte anormal gelişmeler görülür.

Metaplazi: Olgunlaşmış ve tümüyle farklılaşmış bir dokunun anormal uyarı ve koşullara yanıt olarak başka bir farklılaşmış dokuya dönüşmesidir

Alınan günlük vitamin A miktarının normalin çok üstünde olması halinde hipervitaminoz A tablosu ortaya çıkar. Hipervitaminoz A durumunda özellikle kemiklerin epifiz sonundaki kıkırdak büyümesinde yavaşlama olur; osteoklast aktivitesinin kuvvetle uyarılmış olması sonucu olarak bütün iskelet sisteminde kendiliğinden kırılmaya eğilim göze çarpar. Bulantı ve iç kanamalar, genellikle ölüme götüren retinol-hipervitaminozun hastalık tablosudur.

Vitamin D (Kalsiferol)

Kimyasal Yapısı ve Özellikleri

Yağda ve organik çözücülerde eriyen vitamin D'ye antiraşitik vitamin veya kalsiferol adı da verilmektedir. Özellikle bazı mekanizmalarda güneş ile sentezlendiğinden dolayı diğer vitaminlerden farklılık gösterir.

Vitamin D, renksiz ve kokusuz kristaller şeklinde bulunur; ısıya ve havanın oksijenine karşı duyarlı değildir. İnsanlarda ve yüksek hayvanlarda deri altı yağ dokusunda 7-dehidrokolesterolün **fotolizi** ve diyetle ağız yoluyla alım olmak üzere başlıca iki vitamin D kaynağı vardır. Bunlar ergokalsiferol (Vitamin D_2) ve kolekalsiferol (Vitamin D_3)'dür. Vitamin D_2'nin provitamini ergosterol, vitamin D_3'ün ise 7-dehidrokolesterol'dür. Ergosterol bitkilerde, kolekalsiferol ise hayvansal dokularda bulunur.

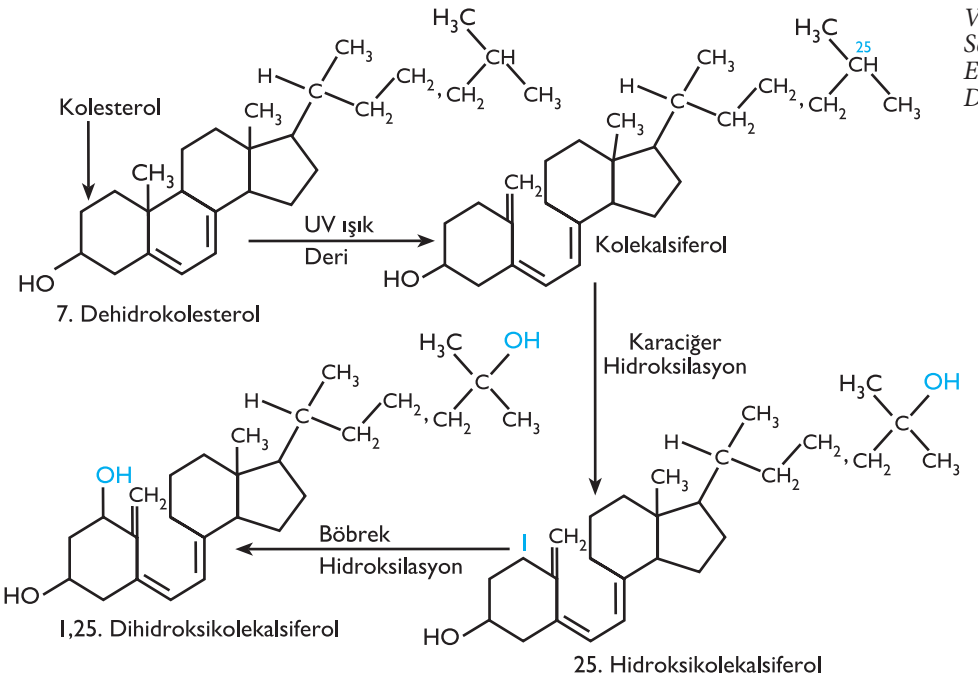
Fotoliz: Işık ya da öteki elektromanyetik ışınım etkisiyle moleküllerin kimyasal değişime uğramasıdır.

Kolekalsiferol güneşin ultraviyole ışınlarının etkisiyle deride 7-dehidrokolesterolden oluşur. Deride oluşan kolekalsiferol kana geçer ve α-globuline bağlanarak karaciğere gider. Karaciğerde mikrozomal bir enzim olan ve NADH ile moleküler oksijene ihtiyaç gösteren 25-α-hidroksilaz tarafından bir hidroksilasyon reaksiyo-

nu ile 25-hidroksikolekalsiferole çevrilir. Bu sefer kan dolaşımı yoluyla böbreğe gelen 25-hidroksikolekalsiferol molekülü, 1-α-hidroksilaz enziminin katalize ettiği ikinci hidroksilasyon reaksiyonu ile 1,25-dihidroksikolekalsiferol [1,25-$(OH)_2$ D_3] molekülüne dönüşür. Bu molekül aktif vitamin D_3'dür (Şekil 7.11).

Şekil 7.11

Vitamin D'nin Sentezi ve Etkili Şekillere Dönüşümü



Bulunduğu Yerler ve Metabolizmadaki Görevleri

Vitamin D doğal yiyeceklerde yeteri kadar bulunmaz. En zengin kaynağı balık yağıdır. Yağlı balıktan sonra sırasıyla karaciğer, yumurta sarısı ve süt sayılabilir. Güneş ışınlarının deri ile direkt teması sonucu vücutta D vitamini yapılmaktadır. Böylece güneş ışınları aracılığıyla D vitamini ihtiyacı karşılanır.

Vitamin D'nin aktif formu, kemik metabolizmasında, kemik yapısında, selüler ve nöyral fonksiyonlar için gerekli olan kalsiyum iyonlarının hücre membranından geçmesinde görev alır. Ayrıca Ca^{++}'un bağırsaklardan emilmesinde ve kemiklerden mobilizasyonunda aracılık eder. Bunun yanında kalsitonin, parathormon ve 1,25-$(OH)_2$ D_3, kan kalsiyum ve fosfor düzeylerinin kontrolü için sıkı bir ilişki içindedirler. Burada vitamin D, genel olarak bağırsak, kemik ve böbreklerde spesifik pompa mekanizmalarını stimüle ederek kalsiyum ve fosfor düzeylerini artırır.

1,25-dihidroksi vitamin D_3, kalsiyumun ince bağırsaktan emilimi için gerekli olan ince bağırsak kalsiyum bağlayıcı proteininin sentezini ve kalsiyuma bağımlı ATPaz aktivitesini arttırarak kalsiyumun ince bağırsaktan emilimini arttırır; belirlenemeyen mekanizmalarla bağırsaktan fosfat emilimini arttırır. 1,25-dihidroksi vitamin D_3 kemik kollajeninin çapraz bağlarının oluşmasını etkiler, kemiğin kalsiyum bağlayıcı proteini olan osteokalsini artırır ve böylece kemik dokuların mineralizasyonunu sağlar. 1,25-dihidroksi vitamin D_3, böbrekte kalsiyum ve fosfat geri emilimini artırır, fakat böbrekte fosfat geri emilimini artırıcı etkisi pa-

rathormon tarafından maskelenir. Bu etkiler sonucunda serum kalsiyum düzeyi normalleşir, parathormon ve dolayısıyla 25-hidroksi vitamin D_3-1-hidroksilaz aktivitesi azalır.

Eksiklik Belirtileri

Vitamin D eksikliğinin neden olduğu başlıca biyokimyasal anormallikler, özellikle kan kalsiyum düzeyinin normalin altında olmasıyla hipokalsemi ve kan serumunda fosfat yoğunluğunun düşmesi sonucunda hipofosfatemi, vücudun enerji metabolizmasının bozulması ve kan dolaşımı ile dokulara oksijen taşınmasının aksaması görülmektedir. Vitamin D eksikliğinin neden olduğu klinik durum, iskeletin gelişmesi döneminde raşitizm, iskelet gelişimi tamamlandıktan sonra osteomalasidir.

Raşitizm, yeni oluşan kemiğin mineralizasyonunun gerçekleşmeyişi ile karakterize bir klinik tablodur. Kalsiyumun bağırsaklardan emilmesinin azalması sonucu serumda kalsiyum miktarı azalır, emilen kalsiyumdan daha fazla kalsiyum atıldığından kalsiyum bilançosu negatifdir. Serumda kalsiyum miktarının azalması, parathormon etkisiyle iskeletteki kalsiyumun mobilize edilmesi suretiyle düzeltilmeye çalışılır; dolayısıyla raşitizmde serum kalsiyum düzeyi göze çarpacak şekilde düşüklük göstermeyebilir. Raşitizmde bir taraftan osteoid dokunun mineralize olmaması, diğer taraftan iskeletin yavaş yavaş artan bir şekilde minerallerini kaybetmesi sonucu kemikler yumuşar ve deforme olur; kemikleşme bölgesinde ve dolayısıyla serumda alkalen fosfataz aktivitesi artar.

Bunların yanı sıra ruminantlarda, iştah azalması, büyüme geriliği, sindirim bozukluğu, kaslarda kasılma (tetani) ve İskelet kaslarının istem dışı, ani, şiddetli veya seri olarak kasılması (konvülziyon) durumları oluşur. Süt verimi düşer, Özellikle laktasyon döneminde hipokalsemiyle karakterize *"süt humması"* adı verilen problem görülür. Kanatlılarda ise yumurta kabuğunda incelme, yumurta veriminde ve kuluçka yeteneğinde azalmalar gözlenir.

Günlük gereksinimin çok üzerinde vitamin D alınması, tipik bozukluklar meydana getirir. Hipervitaminoz D durumunda özellikle kalpte, kalp damarlarında ve böbreklerde arzu edilmeyen kalsifikasyonlarla iştahsızlık, kilo kaybı, sindirim bozuklukları, kaslarda güçsüzlük ve sertlik, kardiyovasküler semptomlar gibi klinik belirtiler saptanır.

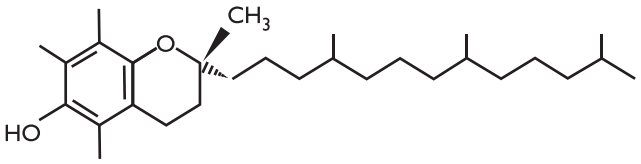
SIRA SİZDE 3

Vitamin D ile kanser hastalıkları arasında ilişki var mıdır?

Vitamin E (Tokoferol)

Kimyasal Yapısı ve Özellikleri

1930'lu yıllarda yapılan araştırmalar sonucunda vitamin E'nin ratlarda büyüme faktörü olarak besinlerle alınması gerekli olan, yağda eriyen, antioksidan özelliğe sahip bir molekül olduğu belirlenmiştir. İlk defa buğday embriyo yağından izole edilmiştir. Tokoferol ve ratların antisterilite vitamini adı da verilmektedir. Tokoferoller yağda çözünürler, oksitlenmeye karşı duyarlıdırlar, UV ışıkta harap olurlar. Çeşitli tokoferollerin biyolojik etkinlikleri arasında farklar vardır. Bir vitamin olarak doğada en yaygın şekilde dağılmış bulunan ve en büyük biyolojik aktiviteye sahip olan tokoferol, α-tokoferoldür (Şekil 7.12).



Şekil 7.12
α-tokoferol'ün Kimyasal Yapısı

Bulunduğu Yerler ve Metabolizmadaki Görevleri

Vitamin E, bitkisel kaynaklardan elde edilmiştir. Mısır yağı, çimlenmekte olan hububat embriyosu, çayır, yeşil yapraklı sebzeler, kabuklu yemişler ve genel olarak bitkisel yağlar ile tahıllar vitamin E kaynağı olarak sayılabilir.

Tokoferoller lipidlerle birlikte dışarıdan besinlerle alınırlar. α-tokoferol ince bağırsaktan kolayca emilir, karaciğere ve daha sonra karaciğerden periferik dokulara lipoproteinlerle taşınır. Endoplazmik retikulum, mitokondri ve plazma membranı α-tokoferole karşı spesifik affiniteye sahiptir.

Vitamin E'nin önemli fonksiyonları arasında hücre içi ve hücre dışı reaksiyonlarda antioksidan olarak hareket etmesi ve selenyum metabolizmasında görev alması sayılabilir. Bunun yanında immun fonksiyonlar üzerinde özellikle T hücrelerinin sayılarını ve aktivitelerini arttırıcı etkileri son yıllarda yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur.

Vitamin E, vitamin A'yı, karotenleri, doymamış yağ asitlerini ve tiyol gruplarını oksitlenmeye karşı korur. Selüler ve subselüler membran fosfolipidlerinde bulunan çoklu doymamış yağ asitlerinin peroksidasyonuna karşı ilk savunma hattını oluşturmaktadır. Tokoferoller, fenolik bir hidrojeni, peroksidasyona uğramış çoklu doymamış yağ asitlerindeki serbest peroksit radikaline aktarabilmelerinin sonucu olarak serbest radikal zincir reaksiyonlarını kırarak antioksidan bir davranış ortaya koymaktadırlar. Yeterli miktarda vitamin E varlığında bile oluşan peroksitler, selenyum gerektiren glutatyon peroksidaz tarafından yok edilirler.

Vitamin E, en azından deney hayvanlarında selenyumun vücuttan kaybını önleyerek veya onu aktif bir şekilde tutarak selenyum ihtiyacını azaltır. Selenyum, normal pankreas fonksiyonu ve dolayısıyla vitamin E dahil lipitlerin sindirilmesi ve emilimi için gereklidir, glutatyon peroksidazın bir komponenti olarak peroksitlerin yok edilmesine yardım eder ve dolayısıyla lipit membranların çoklu doymamış yağ asitlerinin peroksidasyonunu azaltır, vitamin E'nin plazma lipoproteinleri içinde tutulmasına yardım eder.

Eksiklik Belirtileri

Deney hayvanlarında görülen klasik belirti kısırlıktır. Bu olay özellikle dişi sıçanlarda kendini gösterir. Döllenmek için sağlıklı yumurta oluşturmalarına ve plasenta ile uterusta herhangi bir problem olmamasına rağmen embriyo ilk haftasında ölür. Eğer embriyo oluşumunun ilk günlerinde vitamin E takviyesi yapılırsa oluşan problem ortadan kalkar. Vitamin E'nin yetersizliğinde erkeklerde görülen problem spermatozoaların hareketsizliğidir.

Bunun yanında protein ve vitamin E'den yoksun ve doymamış yağ asidinden zengin rasyonla beslenen sıçanlarda akut karaciğer nekrozu meydana gelir. Vitamin E eksikliği sıçanlarda arka bacakların ilerleyen felci, kaslarda zayıflama ve küçülme, kas kreatin konsantrasyonunda düşme, kreatinüri, kreatinin atılmasında hafif azalma ile birlikte seyreden kas erimesi olarak bilinen musküler distrofi meydana getirir.

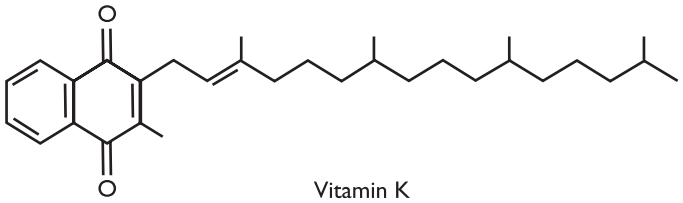
Vitamin K (Fillokinon)

Kimyasal Yapısı ve Özellikleri

Vitamin K, yağda çözülen, ısıya dayanıklı, oksidasyona, alkalilere, asitlere ve ışığa dayanıksızdır. Ayrıca kan pıhtılaşmasında rol alan ve sindirim kanalı mikroorganizmaları tarafından sentezlenen bir vitamindir. Vitamin K'ya aynı zamanda koagülasyon vitamini, antihemorajik vitamin isimleri de verilmektedir. Bağırsak florası tarafından büyük ölçüde sentez edildiğinden vitamin K ihtiyacının besinlerle karşılanması ikinci derecede önem taşır. Yağda erirler fakat suda erimezler (Şekil 7.13).

Şekil 7.13

Fillokinonun Kimyasal Yapısı



Vitamin K
(Fillokinon)

Bulunduğu Yerler ve Metabolizmadaki Görevleri

Vitamin K peynir, buğday, tereyağ ve karaciğerde bulunmaktadır. Vitamin K'nın emilimi safranın etkisiyle ince bağırsaklarda gerçekleşir. Vitamin K1 ve vitamin K2 mukoza hücrelerinde emilir ve depolandığı karaciğere ulaşması lipoproteinler yoluyla olur. Vitamin K antihemorajik vitamin olarak daha çok bilinmektedir. Karaciğerde sentezlenen plazma pıhtılaşma faktörü II (protrombin), VII (prokonvertin), IX (tromboplastin komponent) ve X (stuart faktör) için gerekli olan bir maddedir. Bu faktörler inaktif ön maddeler (zimojenler) olarak sentez edilirler; biyolojik olarak aktif hale çevrilmeleri vitamin K varlığına bağımlıdır.

Vitamin K'nın en önemli fonksiyonu, protrombin sentezini etkilemesidir. Protrombin karaciğerde sentez edildikten sonra glutamik asit birimleri, vitamin K'ya bağımlı spesifik bir karboksilaz tarafından katalizlenen bir reaksiyonda γ-karboksi glutamik asit birimlerine dönüştürülür.

Vitamin K kemik metabolizması ve böbrek fonksiyonlarında da etkilidir. Kemiklerde osteokalsin, vitamin K ve kalsiyum mobilizasyonu ile ilişkilidir. Bununla beraber hastalıkların tedavisinde alınan antibiyotikler bağırsak bakterilerinin üremelerini önlediği için besinlerle vitamin K alınması gerekir. Yeni doğanlarda bağırsak florası gelişmediğinden dolayı, kanamaya eğilim şeklinde kendini gösteren vitamin K eksiklik belirtisi görülebilir ki bu, yeni doğanın hemorajik hastalığı tablosudur. Yeni doğanın hemorajik hastalığında kanamaların nedeni, protrombin karaciğerde sentez edildikten sonra glutamik asit birimlerinin γ-karboksi glutamik asit birimlerine dönüştürülememesidir.

Eksiklik Belirtileri

Bağırsak florasının bozulduğu ve vitamin K'nın sentezlenemediği durumlarda eksiklik belirtileri ortaya çıkar. Vitamin K eksiklik belirtileri, safra yolları hastalığı, pankreas fonksiyonu bozukluğu, yağ emiliminin bozulduğu durumlarda ortaya çıkabilir; Vitamin K eksikliğinde kanamaya eğilim olur.

Özet

Vitaminleri tanımlamak.
Vitaminler canlı organizmanın büyümesi, gelişmesi ve fonksiyonlarını sürdürebilmesi için gerekli, vücutta sentezlenemeyen veya yetersiz derecede sentezlenen, besinlerle dışarıdan alınması zorunlu olan organik maddelerdir. Vitamin gereksinimi gebelik, egzersiz ve gelişme çağı gibi fizyolojik, ateş, ishal, kusma gibi patolojik durumlar ve çeşitli çevresel faktörlere bağlı olarak değişmektedir Vitaminlerin besinlerle yeterince alınamaması ya da bazılarının ihtiyaçtan fazla alınması da bir takım bozukluklara yol açmaktadır.

Vitaminlerin sınıflandırmasını yapmak.
Vitaminler suda ve yağda çözünen vitaminler olarak iki grupta incelenirler. Suda eriyen vitaminler vitamin B1 (tiyamin), B2 (riboflavin), B3 (nikotinamid), B5 (pantotenik asit), B6 (piridoksin), Vitamin B12 (kobalamin), biotin (vitamin H), folik asit, vitamin C dir. Yağda eriyenler ise vitamin A, D, E ve K vitaminleridir.

Vitaminlerin biyokimyasal görevlerini açıklamak.
Bazı vitaminler koenzim olarak biyokimyasal reaksiyonlarda görev alırlar. Bunlar B vitaminleri ve K vitaminidir. Tiyaminin koenzim şekli TPP'tır ve karbonhidrat metabolizmasında dekarboksilasyon ve transketolaz reaksiyonlarında görev yapar. Riboflavin FMN veya FAD şeklinde, nikotinamid NAD ve NADP şeklinde koenzim olarak yükseltgenme-indirgenme tepkimelerinde rol alırlar. Pantotenik asit koenzim A'nın (CoA-SH) yapısına girer ve özellikle karbonhidrat ve lipitlerin ara metabolizmasında görev alır. Vitamin B6'nın koenzim şekli pridoksal fosfattır ve aminoasitlerin hücreye girmesi ve hücrede toplanmasını sağlayan faktörlerden biridir. Biotin karboksilasyon tepkimelerinde karboksil grubu taşıyıcısı olarak, folik asit tetrahidrofolat şeklinde tek karbon atomlu grupların bir molekülden diğerine aktarılmasında rol oynar. Folik asit özellikle purin ve pirimidin sentezinde önemlidir. Kobalamin metiyonin biyosentezinde ve tek sayıda karbon içeren yağ asitlerinin oksidasyonunda yer alır. Vitamin K karaciğerde sentezlenen plazma pıhtılaşma faktörleri; II, VII, IX ve X için gerekli olan bir maddedir. Askorbik asit kolesterolün safra asitlerine dönüşümünde, T-lenfositlerin aktivasyonunda rol oynar. Vitamin A epitel dokunun bütünlüğünün korunmasında ve görme olayında önemli rol oynar. Vitamin D kemik metabolizmasında gereklidir. Vitamin E önemli bir antioksidandır ve selenyum metabolizmasında görev yapar.

Eksiklik durumlarında oluşabilecek problemleri tanımlamak.
Tiyamin eksikliğinde insanlarda beriberi, kanatlılarda polineuritis ve yavru hayvanlarda büyümede durma, riboflavin eksikliğinde deri, mukoza, göz ve sinir sisteminde bozukluklar, dil ucunda ve kenarında iltihap ve çatlamalar görülür. Nikotinamid eksikliğinde 4D adı verilen dermatitis, diyare, demansia ve death ile karakterize pellegra tablosu oluşur. Pantotenik asit, deri ve kılların pigmentasyonunda önemli olduğundan yetersizliğinde kıllar grileşir. Vitamin B6 eksikliği sıçanlarda büyümenin durması, kuyrukta, ağızda ödem ve dermatitis oluşturur. Biotin eksikliği piliç, sıçan, köpek ve maymunda karakteristik deri değişikliklerine ve büyümede duraklamaya neden olur. Folik asit eksikliğinde pürin biyosentezi ve nükleik asit biyosentezi bozulur. Kobalamin eksikliğinde uyuşukluk, unutkanlık, yorgunluk gibi belirtiler ortaya çıkar. Askorbik asit eksikliği insanlarda kemik yapımı ve büyümesinde değişiklikler, dişlerin gevşemesi ve düşmesi, deride sertlik ve çatlaklarla karakterize skorbüt hastalığı ile sonuçlanır. Vitamin A eksikliğinde karanlığa karşı adaptasyon bozukluğu ile karakterize gece körlüğü olur. Vitamin D eksikliği iskeletin gelişme döneminde raşitizm, iskelet gelişimi tamamlandıktan sonra osteomalasiye yol açar. Vitamin E eksikliğinde kısırlık meydana gelir. Vitamin K eksikliğinde safra yolları hastalığı, pankreas fonksiyonu bozukluğu, yağ emiliminin bozulması ve kanamaya eğilim gibi bozukluklar oluşur.

Kendimizi Sınayalım

1. Aşağıdakilerden hangisi bir vitaminin yokluğuna verilen isimdir?
a. Avitaminozis
b. Hipovitaminozis
c. Hipervitaminozis
d. Oligovitaminozis
e. Polivitaminozis

2. Aşağıdakilerden hangisi suda eriyen bir vitamindir?
a. Retinol
b. Tokoferol
c. Kalsiferol
d. Pridoksin
e. Fillokinon

3. Hangi vitaminin eksikliğinde beriberi hastalığı oluşur?
a. Vitamin B1
b. Vitamin B2
c. Vitamin B6
d. Vitamin B12
e. Vitamin C

4. Aşağıdakilerden hangisi riboflavin vitamininin koenzim şeklidir?
a. Tiyamin pirofosfat
b. Tetrahidrofolik asit
c. Askorbik asit
d. Piridoksal fosfat
e. Flavin mononükleotid

5. Nikotinamidin eksikliğinde hangi aminoasidin de eksik olduğunu düşünmeliyiz?
a. Alanin
b. Valin
c. Triptofan
d. Löysin
e. İzolöysin

6. Aşağıdakilerden hangisi vitamin B6'nın aktif koenzimidir?
a. Pridoksal fosfat-pridoksamin fosfat
b. Tiyamin pirofosfat
c. Nikotinamid adenin dinükleotid
d. Flavin adenin dinükleotid
e. Tetrahidrofolik asit

7. Fazla miktarda çiğ yumurta akı yenmesi sonucu aşağıdakilerden hangisinin eksikliği ortaya çıkar?
a. Vitamin B1
b. Biotin
c. Folik Asit
d. Vitamin C
e. Vitamin E

8. Folik asit eksikliğinde aşağıdakilerden hangisi **görülmez?**
a. Pürin biyosentezinin bozulması
b. Nükleik asit biyosentezinin bozulması
c. Eritrosit sayısının azalması
d. Lökosit sayısının azalması
e. Osteoklastların artması

9. Karotenler hangi vitaminin provitaminidir?
a. A
b. B6
c. C
d. K
e. D

10. Vitamin D'nin sentezi hangi dokuda başlar?
a. Akciğer
b. Karaciğer
c. Böbrek
d. Deri
e. Mide

Kendimizi Sınayalım Yanıt Anahtarı

1. a	Yanıtınız yanlış ise "Vitaminler Giriş" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
2. d	Yanıtınız yanlış ise "Suda Eriyen Vitaminler" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
3. a	Yanıtınız yanlış ise "Suda Eriyen Vitaminler" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
4. e	Yanıtınız yanlış ise "Suda Eriyen Vitaminler" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
5. c	Yanıtınız yanlış ise "Suda Eriyen Vitaminler"' konusunu yeniden gözden geçiriniz.
6. a	Yanıtınız yanlış ise "Suda Eriyen Vitaminler" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
7. b	Yanıtınız yanlış ise "Suda Eriyen Vitaminler" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
8. e	Yanıtınız yanlış ise "Suda Eriyen Vitaminler" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
9. a	Yanıtınız yanlış ise "Yağda Eriyen Vitaminler" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
10. d	Yanıtınız yanlış ise "Yağda Eriyen Vitaminler" konusunu yeniden gözden geçiriniz.

Sıra Sizde Yanıt Anahtarı

Sıra Sizde 1

Evet olur. Çünkü vitamin B12 özellikle sinir hücrelerinin oluşabilmesi ve sinirleri saran kılıfların korunabilmesi için gerekli bir moleküldür. B12 eksikliği unutkanlık, ruhsal dengesizlik (hatta depresyon), zihin dağınıklığına sebep olur.

Sıra Sizde 2

En başta protein ve nükleik asit sentezleri yapılamaz ve hücre bölünmesi yavaşlar. Kırmızı kan hücrelerinin olgunlaşması gerçekleşmez.

Sıra Sizde 3

Vitamin D eksikliği normal hücre çoğalması ve farklılaşmasını etkiler. Yapılan araştırmalara göre D vitamini eksikliği olanlarda meme, kolon, prostat gibi birçok kanser türünün görülme sıklığı daha yüksektir.

Yararlanılan Kaynaklar

David A. B. (2003). **Nutritional Biochemistry of the Vitamins.** Second Edition, Cambridge University Press.

Peter J. Quinn, Valerian E. Kagan. (1998). **Fat-Soluble Vitamins (Subcellular Biochemistry)** First Edition, Kluwer Academic/Plenum Publisher.

Thomas M. Devlin (2002). **Textbook of Biochemistry with Clinical Correlations,** Fifth edition, A John Wiley&Sons Inc.

8

Amaçlarımız

Bu üniteyi tamamladıktan sonra;

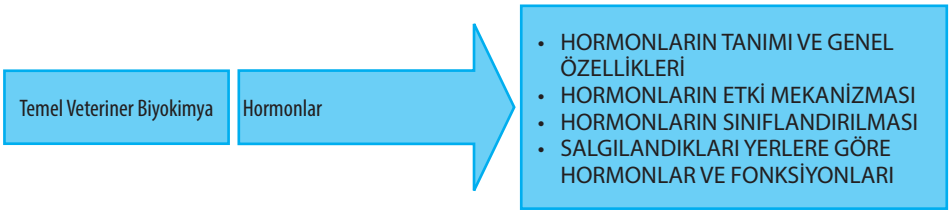
- Hormonların anlamını ve genel özelliklerini açıklayabilecek,
- Hormonların etki mekanizmalarını tanımlayabilecek,
- Hormonların sınıflandırmasını yapabilecek,
- Hormonların etkilerini açıklayabilecek

bilgi ve becerilere sahip olacaksınız.

Anahtar Kavramlar

- Hormon
- Endokrin Bezler
- Etki Mekanizması

İçindekiler



Hormonlar

HORMONLARIN TANIMI VE GENEL ÖZELLİKLERİ

Hormon kelimesi Yunanca uyarmak veya canlandırmak anlamına gelir. Belirli organ veya dokular tarafından çok az miktarda üretilen, yapıldığı yerden uzaktaki hedef doku veya organlarına kan yoluyla taşınarak buralarda fizyolojik etkiler oluşturan kimyasal maddelerdir. Salgılanan hormonların doğrudan doğruya kana verilmelerine *iç salgı,* hormon yapımı için özelleşmiş dokulara *iç salgı bezleri* veya *endokrin bezler* adı verilir.

Bir bezin veya dokunun endokrin bir fonksiyonu varsa şu genel özellikleri taşıması gerekir:

- Bir bez veya doku vücuttan çıkarıldığı zaman, dokunun dolayısıyla iç salgının yokluğu nedeniyle, bu dokunun hormonlarına özgü eksiklik belirtilerinin olması gereklidir.
- Vücuttan çıkarılan bir bez veya doku, vücudun başka bir yerine yerleştirildiğinde belirtilerin ortadan kalkması gerekir.
- Bir bez veya dokunun vücuttan çıkarılmasından ve eksiklik belirtilerinin oluşmasından sonra bu dokunun hormonları vücuda enjekte edilince belirtilerin ortadan kalkması gerekir.

Hormonlar vücudun düzenli çalışması için mutlaka gereklidirler ve genel olarak üreme, büyüme ve metabolizmanın sürdürülmesi gibi görevlerde yer alırlar. Bir hormonun etkisi için çok küçük miktarları yeterlidir. Bir hormon salgılandığında kandaki düzeyi yükselir, salgılanma durduğunda ise eski düzeyine düşer. Hormonların bir hedef doku veya organları vardır ve kendilerini sentezleyen, salgılayan organlara ve hücrelere önemli etki göstermezler. Çok yönlü etkileri olan hormonlar vardır ve hormonlara hedef dokuların verdikleri cevap da farklı olabilir. Değişik dokulardaki etkileri farklı hatta birbirine zıt olabilir. Etki süreleri hormonlara göre değişiklik gösterebilir. Adrenalin gibi bazı hormonların etkileri çok kısa sürede ortaya çıkarken tiroid hormonları gibi bazı hormonların ise etkileri saatler ve hatta günler sonra hedef dokuda gözlenebilir. Etkilerini gösterdikten sonra da kısa sürede inaktive edilirler. Hormonun salgı hızı hormona olan ihtiyaç ve hormonun inaktivasyon hızına bağlı olarak değişir

Hormonların eksikliklerinde veya gereğinden fazla olma durumlarında çeşitli bozukluklar ortaya çıkar. Bu nedenle hormonların etkileri, özellikleri eksiklik ve fazlalık durumları hakkında bilgi sahibi olmakta yarar vardır.

SIRA SİZDE 1

Tek bir hormonun çok yönlü fonksiyonu ne demektir?

HORMONLARIN ETKİ MEKANİZMALARI

Hormonlar etki gösterebilmek için özel mekanizmalara ihtiyaç duyarlar. Bu özel mekanizmalar *hormon-reseptör* işbirliği ile ortaya çıkar. Reseptörler protein yapıda, az miktarda ve hormona özel moleküllerdir. Hormona duyarlı doku ve organlarda bulunurlar, hedef dokulardaki sayıları bellidir. Bazı hormonların reseptörleri hücre yüzeyinde bazılarının ki ise hücrenin sitoplazması veya çekirdeğinde bulunur. Hormon reseptör ilişkisi çok hızlı bir şekilde gelişir.

Hormonların gerçek etki yeri hücre ve hücredeki metabolizmadır. Hormonlar ikinci haberciler yoluyla ve gen aktivasyonu yoluyla olmak üzere iki şekilde etkilerini gösterirler.

İkinci Haberciler Yoluyla Etki

İkinci haberciler cAMP (cyclic Adenosine Monophosphate), cGMP (cyclic Guanosine Monophosphate) ve Ca gibi moleküllerdir. Hücre içinde birtakım enzimleri aktive ederek veya engelleyerek hücre içi olayları düzenlerler. Burada birinci haberci hormonun kendisidir. Çok sayıda hormon, çok kısa bir süre içerisinde (30-60 sn'de) hedef organın hücre zarında yerleşmiş özel reseptörü ile reaksiyona girerek ve yine membrana bağlı adenilat siklaz enzimini aktive ederek etki eder. Adenilat siklazın etkisi ile hücre içindeki ATP'lerden cAMP'lerin yapımı sağlanır ve cAMP düzeyinde artma meydana gelir. cAMP de hücrede protein kinaz enzimini aktive ederek birçok proteinin fosforile olmasını sağlar. Henüz açıklanmamış bir mekanizma ile cAMP ayrıca hücre geçirgenliğini doğrudan doğruya artırabilir. cAMP'ye benzer bir etki ile cGMP de görev yapar. Kalsiyumun aracılık yaptığı sistem kalmodulin ve c-kinaz yolu ile gerçekleşir. Hücre sitozolünde kalsiyum iyonlarının geçici olarak artması, kalsiyum bağlayıcı bir protein olan kalmodulini ve c-kinaz enzimlerini aktive eder. Bu moleküller de çeşitli enzim veya proteinlerin aktive olmasını sağlayarak gerekli fizyolojik fonksiyonların yapılmasını sağlar.

Gen Aktivasyonu Yoluyla Etki

Birçok hormon, özellikle steroid hormonlar hedef organdaki belirli enzimleri veya proteinleri etkilerler. Steroid hormonlar hedef organa kan yolu ile gider. Bunun için hormon önce kan proteinlerinden steroid hormon bağlayan özel bir protein ile birleşir ve bu şekilde taşınır. Hedef organda steroid hormon, sitoplazma reseptör proteini tarafından devralınır. Bu reseptör protein steroid hormon tarafından değişikliğe uğratılır. Aktive olmuş steroid hormon-reseptör kompleksi hücre çekirdeğine gelir. Burada alıcı özelliği olan bir proteine bağlanır. Bu sırada DNA'dan ayrılma oluşur. Kromatin proteinin ayrılması gen aktivasyonu olarak yorumlanabilir.

HORMONLARIN SINIFLANDIRILMASI

Hormonların sınıflandırılması kimyasal yapılarına (Tablo 8.1) ve salgılandıkları yere göre yapılabilir (Tablo 8.2 ve Şekil 8.1)

Kimyasal Yapılarına Göre Hormonlar
Peptit Yapıda ve Aminoasit Türevi Hormonlar • **Peptit Yapıdaki Hormonlar;** Oksitosin, vazopressin, insülin, glukagon vb. • **Aminoasit Türevi Hormonlar;** Adrenalin, noradrenalin, tiroksin, triiyodotironin (tirozin aminoasidinden türemişlerdir)
Steroid Yapıdaki Hormonlar; Kortizon, kortizol, aldosteron, testosteron, östrojen vb.
Yağ Asidi Türevi Hormonlar; Prostaglandinler (arahidonik asitten türemişlerdir)

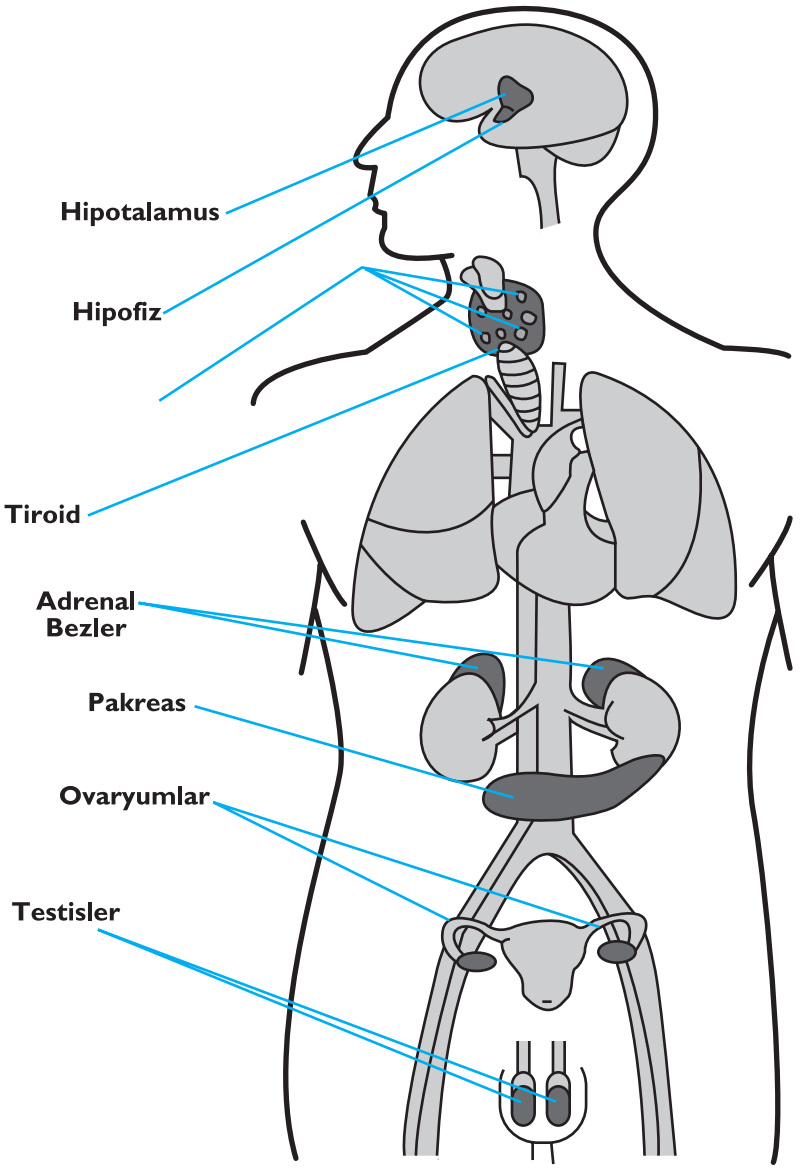
Tablo 8.1
Kimyasal yapılarına göre hormonlar

Salgılandıkları Yere Göre Hormonlar
Hipotalamus Hormonları; CRF, GnRF, SRF, TRF, PRF (Salgılatıcı (releasing) faktörler) ve SIF, PIF (Durdurucu (inhibe edici) faktörler)
Hipofiz Bezi Hormonları; ACTH, TSH, STH, FSH, LH, Prolaktin (ön lob hormonları), MSH (orta lob hormonu), vazopressin, oksitosin (arka lob hormonları)
Pankreas Hormonları; İnsülin, glukagon, somatostatin
Tiroid Bezi Hormonları; Triiyodotironin (T3), tiroksin (T4), kalsitonin
Paratiroid Bezi Hormonu; Parathormon
Böbreküstü Bezi Hormonları; Kortizon, kortizol, kortikosteron, aldosteron, dezoksikortikosteron (adrenal korteks hormonları), adrenalin, noradrenalin (adrenal medulla hormonları)
Cinsiyet Bezlerinin Hormonları; Östron, östriol, östrojen, progesteron, testosteron.
Doku Hormonları; Gastrin, sekretin, serotonin, histamin vb.

Tablo 8.2
Salgılandıkları yere göre hormonlar

Şekil 8.1

Vücutta Hormonların Salgılandığı Bölgeler



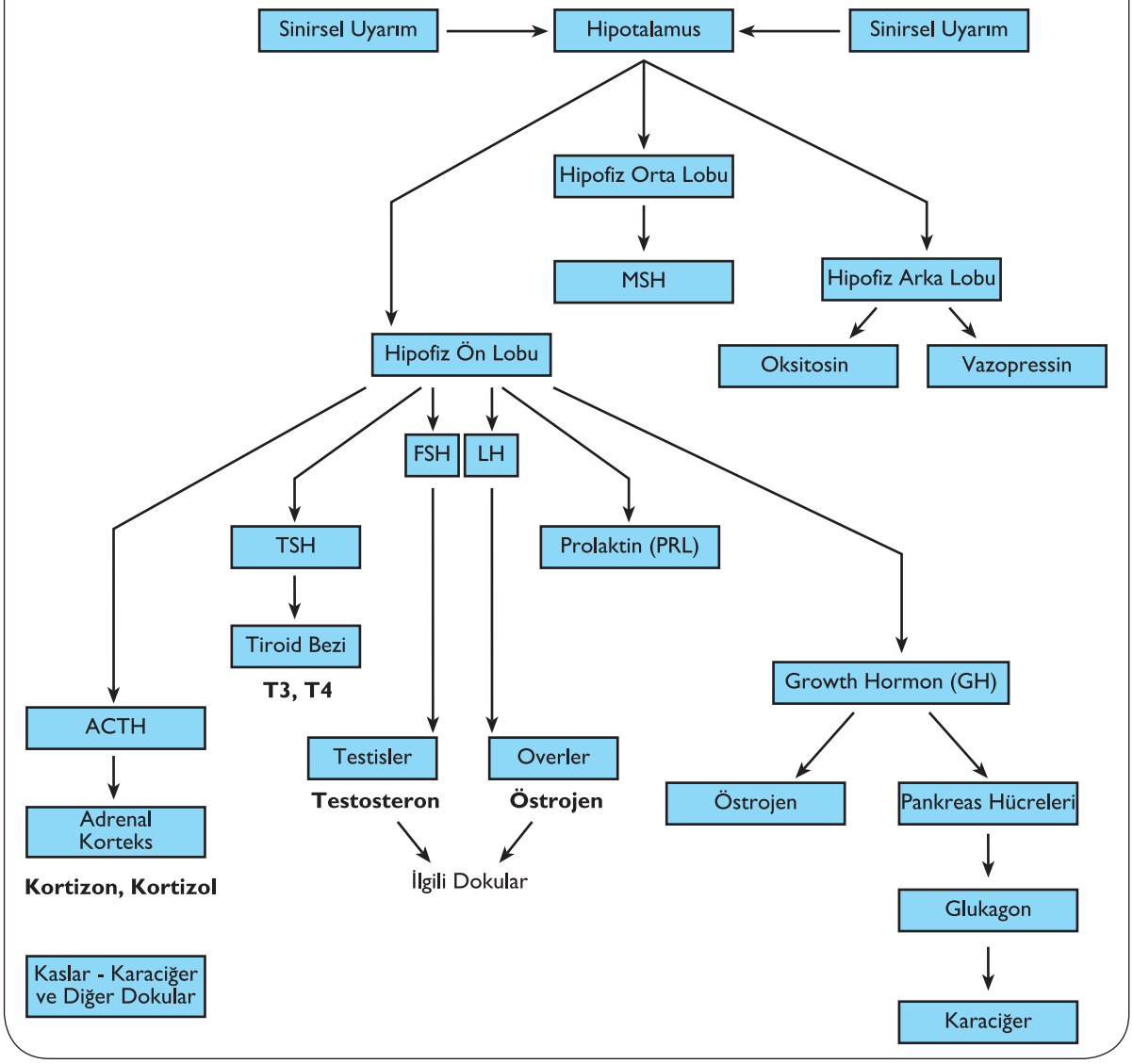
SALGILANDIKLARI YERLERE GÖRE HORMONLAR VE FONKSİYONLARI

Hipotalamus Hormonları

Hipotalamus hormon sentezi kontrol sisteminin en üst basamağında yer alır. Hipotalamusa ulaşan herhangi bir sinirsel uyarım, buradan mekanizmayı işleten çok az miktardaki bazı özel hormonların salınımına yol açar. Peptit yapıdaki bu hormonlara *releasing faktör (salgılatıcı faktör)* ve *inhibe edici (durdurucu) faktörler* denir. Bu faktörler sinir lifleri aracılığı ile hipofiz bezine ulaşırlar ve hipofiz ön lobundan birtakım hormonların salınmasını sağlar veya durdururlar. Hipofiz ön lobundan salınan hormonlar da hedef dokularına giderek, hedef dokunun kendine özgü hormonlarının salınımını uyarırlar (Şekil 8.2).

Şekil 8.2

Hipotalamik Kontrol ve Hipofizden Çeşitli Hormonların Salgılanışı



Kortikotropin Salgılatıcı Faktör (Corticotropine Releasing Factor, CRF): Hipofizden Adrenokortikotrop Hormon (Kortikotropin) (ACTH) salgılanmasını uyarır.

Gonodotropin Salgılatıcı Faktör (Gonodotropine Releasing Factor, GnRF): Folikül Stimüle Edici (uyarıcı) Hormon (FSH) ve Luteinizan Hormon (LH) salınımlarını uyarır.

Somatotropin Salgılatıcı Faktör (Somatotropin Releasing Factor, SRF): Somatotropik Hormon (STH) (Somatotropin-Growth Hormon-Büyüme Hormonu) salgılamak üzere hipofiz bezini uyarır.

Tirotropin Salgılatıcı Faktör (Tyrotropine Releasing Factor, TRF): Tiroid Stimüle Edici Hormonu (Tirotropin) (TSH) salgılaması için hipofiz bezini uyarır.

Prolaktin Salgılatıcı Faktör (Prolactine Releasing Factor, PRF): Prolaktin salgılanmasını sağlar.

Somatostatin (Somatotropin Inhibiting Factor, SIF): STH salgılanmasını durdurur.

Prolaktostatin (Prolactine Inhibiting Factor, PIF): Prolaktin salgılanmasını durdurur.

Hipofiz Bezi Hormonları

Vücudun en önemli iç salgı bezlerinden olan hipofiz bezinin ön lobu (adenohipofiz) ve arka lobundan (nörohipofiz) hücrelerin yenilenmesi ve bölünerek çoğalması, yani büyüme ve yaşamın sürekliliğinin sağlanabilmesi için gerekli birçok hormon sentezlenir. Bu hormonlar da metabolizma etkinliklerinin büyük bir bölümünü başlatır ve denetler. Ön ve arka lob arasında, insanda körelmiş ve damarsız bir kalıntı haline dönüşmüş, sürüngen ve kurbağalarda ise aktif olan orta lob (pars intermedia) bulunur.

Hipofiz Ön Lobu (Adenohipofiz) Hormonları

Bu hormonlara tropik hormonlar da denir. Hormonal sistemdeki diğer endokrin bezlerden hormon salınımını uyarırlar. Adenohipofizde bulunan endokrin hücreler tarafından sentezlenip salınırlar. Metabolizmayı ve cinsiyet bezlerini etkileyen adenohipofiz hormonları olarak iki kısımda incelenirler.

Metabolizmayı Etkileyen Adenohipofiz Hormonları

Adrenokortikotropik Hormon (Kortikotropin, ACTH)

ACTH salınımı, kortikotropin salgılatıcı faktör (CRF) tarafından kontrol edilir. ACTH, hücre yüzeyindeki reseptörlere bağlanarak, ikinci haberci olarak cAMP yoluyla etkili olur. Adrenal korteksi (böbreküstü bezi kabuk kısmı) uyararak kortikosteroid sentez ve salgılanmasını sağlar. ACTH, böbreklerden tuz ve su geri emilimini, azot, potasyum, fosfor ve ürik asit atılımını artırır. Kanda glukoz miktarını, kasta ve karaciğerde glikojen miktarını artırır. Kan hücreleri olan lenfosit ve eozinofilleri azaltır. Yağ doku hücrelerine direkt etki ile bu hücrelerden nötral yağların elde edilmesini sağlar. ACTH, yangı olaylarının şiddetini azaltır. Damar geçirgenliğini ve lökositlerin kan dolaşımından dışarı çıkmalarını sınırlar.

Tiroid Stimüle Edici Hormon (Tirotropin, TSH)

Glikoprotein yapıdadır, tiroid bezini uyararak tiroksin sentez ve salgılanmasını sağlar, metabolizmayı ve kalp atışlarını hızlandırır, sinir sistemi fonksiyonlarını uyarır ve karaciğer glikojenini azaltır.

Somatotropik Hormon (Somatotropin, STH)

Growth Hormon (GH), büyüme hormonu olarak da adlandırılan hormon protein yapısındadır. Salınımı, büyüme hormonu salgılatıcı hormon (SRF-GRF) ve büyüme hormonu salınımını durdurucu hormon (somatostatin, SIF) aracılığıyla düzenlenir. Büyüme ve gelişmeyi sağlayan bu hormonun çok kompleks olan etkileri sonucu vücutta azot tutulumu artar, protein metabolizması yükselir. Ayrıca kemik ve kıkırdak doku büyümesini destekler. Aynı zamanda kalsiyum emilimini artırır.

Özellikle gelişme döneminde büyüme hormonunun fazla salgılanması aşırı büyümeye (devlik), yetersizliği ise büyümenin durmasına (cücelik) yol açar. Büyüme dönemini tamamlayanlarda büyüme hormonu salınımında artış olursa vücudun uç kısımlarındaki (el, ayak ve yüz) kemiklerde aşırı büyüme ortaya çıkar.

Cinsiyet Bezlerini Etkileyen Adenohipofiz Hormonları

Folikül Stimüle Edici Hormon (FSH) ve Luteinizan Hormon (LH)

Glikoprotein yapıda olan bu hormonların salınımı hipotalamustan salgılanan GnRF etkisiyle düzenlenir. FSH testislerde sperm yapımı ve dişilerde yumurta hücresi gelişimi ile östrojen salınımında görev alır. Düşük serum FSH düzeyi gebelikte saptanır. Yüksek serum FSH düzeyi menapoz döneminde ve alkolizmde saptanır.

Folikül: Kese şeklinde oluşum; memelilerde yumurtalıkta bulunan ve olgunlaşmış yumurtayı taşıyan kesecik

LH dişilerde olgunlaşan yumurtanın kanala atılması, yumurtalıklarda doku gelişimi ve progesteron salınımı, erkeklerde de testosteron üretiminin uyarılmasından sorumludur. LH dişilerde östrojen salınımını uyarır. Düşük serum LH düzeyi, hipofiz ön lob hipofonksiyonu, şiddetli stres ve kötü beslenme gibi hallerde, yüksek serum LH düzeyi ise menapoz döneminde saptanır.

Prolaktin (PRL)

Prolaktin protein yapıda bir hormondur. Yalnızca dişilerde önemlidir. Yumurtalık üzerinde bulunan özel bir bezi (korpus luteum) aktive eder ve bu bez tarafından devamlı olarak progesteron üretilmesini uyarır. Prolaktin, meme bezi gelişimi, süt sentezi ve salgılanmasından sorumludur. Prolaktin etkisiyle memeli hayvanlarda analık içgüdüsü, kanatlılarda kuluçka içgüdüsü oluşur.

Hipofiz Orta Lobu (Pars İntermedia) Hormonu

Melanosit Stimüle Edici Hormon (MSH)

Bu hormona aynı zamanda melanotropin, intermedin isimleri de verilmektedir. Peptit yapıdadır. Sürüngenlerin, kurbağa ve balıkların cilt renklerinin yaşadıkları çevrenin rengine uymasını sağlar. MSH salgılanması genellikle ışık uyarımı ile olur. Işık şiddeti arttığında MSH sentezi ve salgılanması azalır, pigment granülleri hücre çekirdeği etrafında toplanır ve deri açık renkli olur. Karanlıkta ise MSH salgısı artarak pigment granülleri hücrenin her tarafına yayılır ve deri koyu renkli görünür.

Hipofiz Arka Lobu (Nörohipofiz) Hormonları

Oksitosin

Yunanca çabuk doğum anlamına gelir. Hormonun etkileri arasında; uterus (rahim) kasının kasılmasını sağlayarak doğuma yardımcı olmak, memeden sütün dışarı çıkmasını sağlamak ve kan basıncını düşürmek sayılabilir.

Vazopressin (Antidiüretik Hormon, ADH)

Vazopressinin kimyasal yapısı oksitosine çok benzerlik gösterir. Vazopressin, damarlarda damar daraltıcı etki ile kan basıncının artırılmasında ve ayrıca organizmanın su ve elektrolit dengesinin kontrol edilmesinde görev alır. Örneğin, insülinin yol açtığı hipoglisemide (kan glukoz düzeyinin düşmesi) ve kusmada kan basıncı düştüğünden dolayı bu hormonun salınımı artar. Önemli bir işlevi idrar toplama kanalı hücrelerini etkileyerek suyun geri emilmesini ve vücutta tutulmasını, idrar miktarının azaltılmasını sağlamaktır.

Pankreas Hormonları

Pankreasın *Langerhans Adacıkları* hormon salgılanan kısımdır. Langerhans adacıklarında üç tip hücre bulunur ve bunlardan **α** (alfa) hücreleri glukagon, **β** (beta) hücreleri insülin ve **δ** (delta) hücreleri de somatostatin hormonunu sentezleyip salgılarlar.

İnsülin

İnsülin, hücre içindeki karbonhidrat ve lipit metabolizması ile ilgili enzimlerin aktivitelerini değiştirir. En önemli etkisi kan glukozunu düşürmektir. Glikojen, yağ ve protein sentezini artırır. Glikojenin ve trigliseritlerin parçalanması, aminoasitlerden glukoz oluşumu ve yağ asitlerinden **keton cisimlerinin** oluşumunu azaltır. Ayrıca kas ve yağ dokusu gibi insüline bağımlı organlarda, monosakkaritlerin, aminoasitlerin ve yağ asitlerinin hücre içine alınmasını artırır.

Keton Cisimleri: Yağ asitlerinin parçalanmasıyla ortaya çıkan ürünler. Aseton, asetoasetikasit ve β-hidroksibütirik asit keton cisimleridir

İnsülinin yetersiz salınımı ile ortaya çıkan ve ağır metabolizma bozuklukları ile karakterize klinik durum, şeker hastalığı (*Diabetes mellitus*) dır. Şeker hastalığının başlıca belirtileri fazla su içme (polidipsi), fazla yeme (polifaji) ve fazla miktarda idrar yapma (poliüri) dır. Kan glukoz düzeyi yüksekliği (hiperglisemi), idrarla glukoz atılımı (glukozüri), kanda keton cisimlerinin artışı (ketonemi), idrarda keton cisimlerinin bulunması (ketonüri), ve ağır olgularda koma şeker hastalığında ortaya çıkan durumlardır.

İnsülinin aşırı salınımı, pankreasın **β** hücrelerinin normalden fazla fonksiyon göstermeleri ile ilgili olabilir. İnsülin salınımı aşırılığında, kan glukoz düzeyi normalin altına düşer (hipoglisemi) ve az karbonhidrat alınması durumunda hipoglisemik şok ortaya çıkabilir. Kan glukozu düzeyinin anormal derecede azalması, özellikle sinir sistemini ve kasları devamlı olarak güçsüzleştirir.

SIRA SİZDE 2

Şeker hastalığında oluşan çok su içme ve çok yemenin nedeni nedir?

Glukagon

Pankreastan glukagonun salınımı, açlık veya insülin tarafından oluşturulan düşük kan glukoz düzeyi durumunda artar. Karbonhidrat metabolizmasının düzenlenmesinde glukagon ile insülinin salınımları arasındaki denge önemlidir. Glukagon, cAMP üzerinden hormonal etki gösterir. Genelde glukagonun etkileri, insülinin görevlerine zıt olan etkilerdir. Glukagon, karaciğerden glukozun ve daha az olarak da yağ dokusundan yağ asitlerinin hızla **mobilizasyonunu** sağlar. Glikojen yıkılımını artırır ve sentezini inhibe eder. Aminoasitlerden glukoz oluşumunu uyarır ve glukozun oksidasyonunu inhibe eder. Glukagon, yağ dokuda ve olasılıkla karaciğerde, yağların yağ asitlerine ve gliserole parçalanmalarını artırır.

Mobilizasyon: Vücutta depolanan herhangi bir maddenin ihtiyaç halinde kullanılacak hale getirilmesi

Somatostatin

Somatostatin, pankreasın Langerhans adacıklarının d-hücrelerinden ve hipotalamustan salınan bir peptit hormondur. Hipotalamustan salınan somatostatin, somatotropin salınımını inhibe eden faktör (SIF) olarak da bilinir. Somatostatin, insülin ve glukagon salınımını inhibe eder. Gastrin ve sekretinin salgılanmasını, glukozun gastrointestinal emilimini, pankreasın bazı işlevlerini baskılar. Safra kesesi kasılmasını azaltır. Midenin boşalmasını ve bağırsağın hareket etme yeteneğini yavaşlatır.

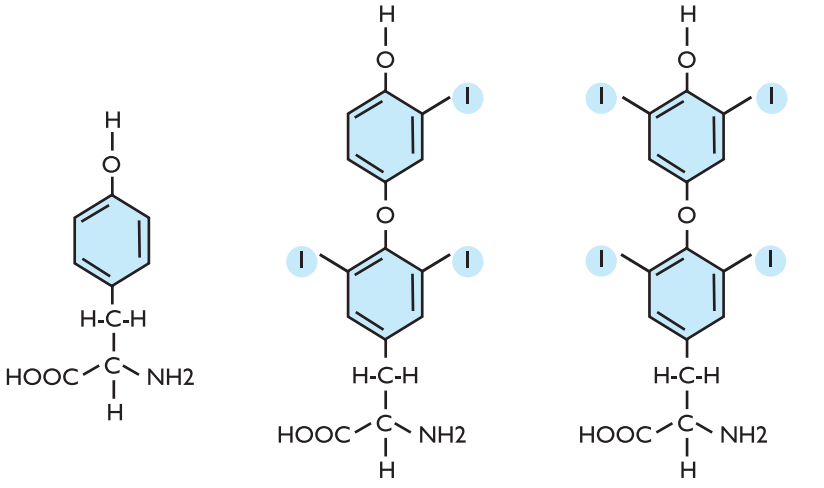
Tiroid Bezi Hormonları

Triiyodotironin (T3) ve Tiroksin (T4)

Aminoasit türevi hormonlardır, tirozin aminoasidine iyot bağlanarak oluşturulurlar. Tiroid bezi aktivitesi adenohipofizden salgılanan TSH hormonu tarafından düzenlenir. Tiroid bezi, kolloid denilen bir salgı maddesi ile dolu olan, çok sayıdaki kapalı folikülden oluşur. Kolloidin ana bileşeni tiroglobulin adı verilen bir proteindir. TSH etkisiyle iyot tiroid bezine alınır ve tiroglobulindeki tirozin aminoasidine sırasıyla bir iyot bağlanarak monoiyodotirozin, iki iyot bağlanarak diiyodotirozin, üç iyot bağlanarak triiyodotironin (T3) ve dört iyot bağlanarak tetraiyodotironin (T4, tiroksin) oluşur. Bunlardan T3 ve T4 hormon etkisine sahiptir (Şekil 8.3).

Şekil 8.3

Tiroid Bezi Hormonlarının Kimyasal Yapısı



Tiroksin (T4) hormonunun aktif şekli T3'dür. T4 hedef hücre içine alınır ve iyodun biri uzaklaştırılır. Böylece aktif şekli olan T3 oluşturulmuş olur. Tiroksinin metabolizmadaki rolü çok önemlidir, büyüme ve gelişme olaylarında görev alır. Bu hormonun etkisi ile dokulardaki karbonhidrat ve yağ oksidasyonları artar, **bazal metabolizma** yükselir. T3 hormonu hücre çekirdeği üzerine etkilidir. Özellikle protein sentezini uyarır.

Bazal Metabolizma: Dinlenme halindeyken vücudun harcadığı enerji

Tiroksin, kolesterolün karaciğerde metabolize edilmesini ve bu sayede plazma kolesterol seviyelerinin düşürülmesini sağlar. Hipotiroidizmde bu etki kaybolduğundan dolayı plazma kolesterol seviyeleri artar. Tiroksinin bir diğer etkisi de hücre membranlarındaki Na-K ATPaz enzimini uyararak hücreye Na girişini artırmaktır.

Tiroid bezinin hipofonksiyonunda bazal metabolizma % 30-40 oranında düşer, vücut ısısı azalır, soğuk etkisine karşı duyarlılık artar, erişkin insanlarda dokularda su ve tuz toplanması ile birlikte tiroid bezinin hiç çalışmaması ya da gereğinden az çalışması sonucunda oluşan miksödem adını verdiğimiz durum gelişebilir. Miksödemde, bağ dokusunda sıvı toplanması, deri kuruması, çevreye karşı ilgisizlik ve cinsel aktivite azalması gözlenir.

Tiroid hormonları artışında oksijen tüketimi, vücut ısısı, nabız, kan basıncı artar, kanda kolesterol düzeyi azalır ve kilo kaybı olur. Vücut ısısındaki artışın nedeni, enerjinin ATP şeklinde depolanmak yerine ısı şekline dönüştürülmesidir. Tiroid bezinin hiperfonksiyonunda insanlarda zehirli guatrda denilen toksik guatr tablosu gelişebilir. Toksik guatrda kilo kaybı olur ve protein sentezinin bozulmasıyla negatif azot dengesi gözlenir. Tiroid hormonları, glukagon ve katekolaminlerin (adrenalin, noradrenalin) etkilerini güçlendirirler. Tiroid bezinin hiperfonksiyonunda serum glukoz düzeyi yüksekliği saptanır.

Kalsitonin

Kalsitonin, tiroid bezinin C hücrelerinde sentezlenen ve depolanan bir polipeptit hormondur. Kan kalsiyum seviyeleri yükseldiği zaman düşürülmesi için tiroid bezinden kalsitonin salınır. Bunun sonucunda kemiklerde kalsiyum birikimi sağlanır. Kalsitonin, kemik üzerine direkt etki ile kemikten kalsiyum ve fosforun açığa çıkışını inhibe eder. Kanatlılarda yumurtlama periyodunda kalsitonin daha az etkilidir. Bu dönemde, yumurta kabuğu oluşumu bakımından kan plazmasında kalsiyum düzeyinin yüksek olması sağlanır.

Paratiroid Bezi Hormonu

Paratiroid bezleri dört küçük yumurta biçiminde yapılardır ve tiroid bezinin arkasında yer alırlar. Bu bezden mineral metabolizmasıyla ilişkili peptit yapıda parathormon salgılanır.

Parathormon (PTH)

Paratiroid hormonu olarak da isimlendirilir. PTH, kemik ve böbrekler üzerine direkt olarak, mide bağırsak sistemi üzerine indirekt olarak etki gösterir. Kan kalsiyum düzeylerinin azalması bu hormonun salınımını uyarır ve salınan PTH kan kalsiyum düzeylerinin artmasını sağlar. Kısaca plazmada iyonize kalsiyum düzeyi düşünce PTH salınımı artar. Plazmada iyonize kalsiyum düzeyi yükselince PTH salınımı azalır.

Parathormon etkisini, D vitamini ile ilişkili bir şekilde bağırsaklardan kalsiyum emilimini artırarak, böbreklerden de kalsiyum ve magnezyumun geri emilimi ile kemiklerden kana kalsiyum akışını sağlayarak gösterir. Kan dolaşımında bir kalsiyum fosfor dengesi söz konusudur. Bu dengenin devamlı korunması gereklidir. PTH, kalsiyum düzeylerinin artırılması ile birlikte fosfor düzeylerinin de düşürülmesinde rol alır.

Böbrek Üstü Bezi Hormonları

Böbrek üstü bezi hormonları adrenal korteks ve adrenal medulladan salgılanan hormonlar olmak üzere iki kısımda incelenir. Böbreküstü bezinden az miktarda cinsiyet hormonları da sentezlenmektedir.

Adrenal Korteks Hormonları

Adrenal korteks hormonları, steroid türevi hormonlardır. Bütün steroid hormonlar, kimyasal çekirdek olarak steran halkasına sahiptirler. Bu dokudan glukokortikoidler ve mineralokortikoidler sentez edilir ve salınırlar.

Steran halkası ve steroid yapı ile ilgili bilgi için bu kitabın Ünite 3 Lipitler konusuna bakabilirsiniz

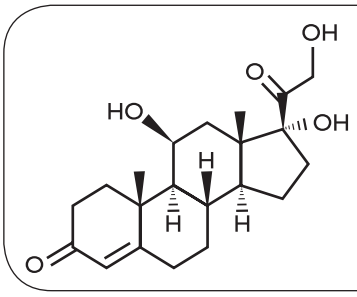
DİKKAT

Glukokortikoidler

Kortizon, hidrokortizon (kortizol) (Şekil 8.4) ve kortikosteron önemli fizyolojik etkileri olan glukokortikoidlerdir. Bunlara genel olarak kortikosteroidler adı da verilir. Kortikosteroidlerin salgılanması adenohipofizden salınan ACTH tarafından kontrol edilir.

Glukokortikoidler, karbonhidrat olmayan maddelerden glukoz sentezini artırıcı role sahiptirler. Bu fonksiyon, özellikle beyin dokusunun enerji ihtiyacının karşılanması bakımından çok önemlidir. Ayrıca bu hormonların etkisi ile karaciğerde protein sentezi artarken, diğer dokularda protein yıkılımı artar. Dolayısıyla aminoasit seviyeleri yükselir ve azot atılımı artar veya negatif azot dengesi oluşur.

Glukokortikoidler, dolaşımdaki glukozu, yağ asitlerini ve aminoasitleri artırırlar. Glukokortikoidlerin karbonhidrat metabolizmasına etkileri, karaciğerde aminoasitlerden glukoz oluşumunu uyarma ve glikojenden glukozun açığa çıkışını artırma şeklindedir. Glukokortikoidlerin lipit metabolizmasına etkileri, yağ dokusunda yağların parçalanmasını artırma şeklindedir. Ancak, glukoz metabolizması bozulduğunda yağ sentezi de bozulur.



Şekil 8.4
Kortizolün Kimyasal Yapısı

Mineralokortikoidler

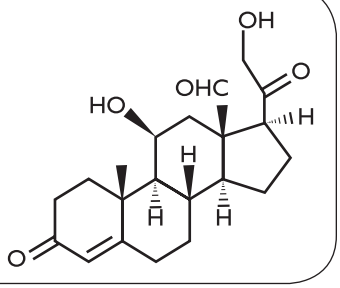
Steroid yapıdadırlar. Aldosteron (Şekil 8.5) ve dezoksikortikosteron önemli fizyolojik etkileri olan mineralokortikoidlerdir. Su ve elektrolit dengenin sağlanmasından sorumludurlar. Aldosteron, sodyumun aktif taşınmasını artırır. Böbreklerde sodyumun emilerek kana geçmesini sağlar. Ter, tükürük ve bağırsaklardan sodyumun çıkarılmasını azaltarak kanda tutulmasında görev alır.

Adrenal korteksin hipofonksiyonu ile ilgili olarak ortaya çıkan probleme *Addison Hastalığı* adı verilir. Hastalık tüberküloz gibi bir enfeksiyon, tümör, bağışıklık ile ilgili bir adrenal korteks hasarı sonucu ortaya çıkabilir. Mineralokortikoid ve glukokortikoidlerin azlığı nedeniyle bu hormonlarla ilgili olan fonksiyonlarda bozulmalar meydana gelir. Addison hastalığında, idrarla aşırı derecede NaCl kaybı, hiponatremi (kanda sodyum seviyesinin azalması), hiperkalemi (kanda potasyum seviyesinin artması), kan basıncı düşüklüğü, hipoglisemi, kas güçsüzlüğü, düşük vücut sıcaklığı ve mide bağırsak sistemi bozuklukları gibi belirtiler saptanır.

Adrenal korteksin hiperfonksiyonu sonucu ise *Cushing Hastalığı* oluşmaktadır. Adenohipofizdeki bozukluklar veya tümörler sebebiyle ACTH salınımının artması bu hastalığın başlıca nedenidir. Minerolokortikoidler ve glukortikoidler fazla salgılanır. Bu durumda obezite, kadınlarda aşırı kıllanma, ay dede yüzü görünümü, sodyum ve su tutulumuna bağlı ödem ve hipertansiyon, negatif azot dengesi gibi durumlar ortaya çıkar. Adenohipofizin normal olmasına karşın adrenal kortekste şekillenen tümörler nedeniyle de *Cushing Sendromu* denilen durum oluşur. Bu bozuklukta da glukokortikoidlerin kandaki düzeyinde artış gözlenir.

Şekil 8.5

Aldosteronun Kimyasal Yapısı

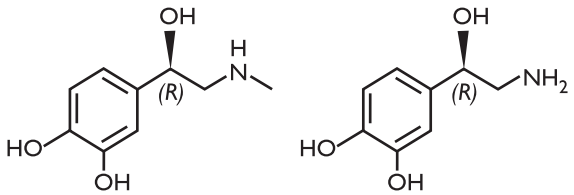


Adrenal Medülla Hormonları

Adrenal medülla hormonları, böbrek üstü bezinin medülla kısmında oluşturulan, yapısal olarak tirozin aminoasidi türevi olan adrenalin (epinefrin) ve noradrenalin (norepinefrin)'dir (Şekil 8.6). Adrenalin, noradrenalin ve bunların sentezinde ara ürün olan dopamin, katekolaminler olarak da bilinirler.

Şekil 8.6

Adrenalin ve Noradrenalinin Kimyasal Yapısı



Adrenalin, korku, aşırı ısı düşüşü, yoğun kas egzersizleri ve oksijen azlığı, kan şekeri düzeyinde ani düşme gibi büyük stres durumlarına vücudun alışmasında önemli rol oynar. Adrenalin, kas hareketleri için başlıca yakıt olan yağ asitlerini hızla sağlar. Kaslarda glukoz alınıp tutulmasını azaltır. Karaciğerde glikojenden glukoz ayrılması ve aminoasitlerden glukoz oluşmasını uyarmak suretiyle glukoz miktarını artırarak glukozun santral sinir sistemi için saklanmasını sağlar ve böylece stresle mücadelede etkili olur.

Katekolaminlerin sürekli olarak aşırı salgılanması, hipertansiyon ile karakterize adrenal medülla tümörüne yol açar. Tümör ve hipertansiyon ile birlikte hiperglisemi ve glukozüri de oluşur. Plazmada adrenalin ve noradrenalin düzeyi, normalin 500 katına kadar yükselir. Plazmada serbest yağ asitleri artmış ve bazal metabolizma hızlanmıştır.

SIRA SİZDE 3

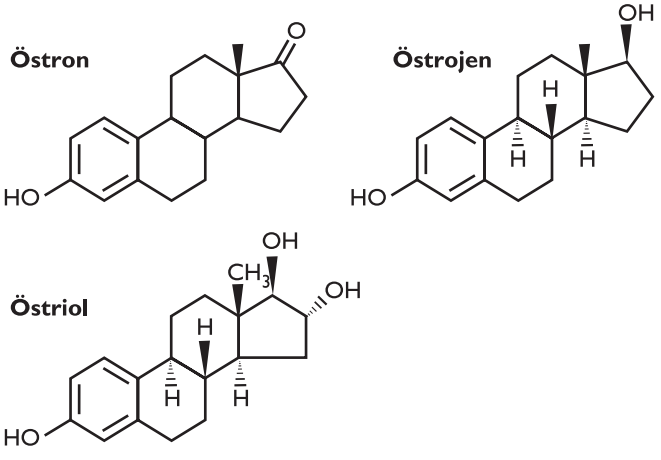
Korku, öfke ve heyecan ile adrenalin salınımı arasında nasıl bir ilişki vardır?

Cinsiyet Bezleri Hormonları

Bu gruptaki hormonlar; östrojen, gestajen ve androjenlerdir.

Östrojenler

Steroid yapıya sahip hormonlardır. Östron, östradiol (östrojen) ve östriol adı verilen üç hormon bu grubun temsilcisidirler (Şekil 8.7) ve başlıca ovaryumlardan sentezlenirler. Çok az miktarda olmak üzere erkeklerde testislerde de sentezlenirler. Kanda bulunan başlıca östrojenik hormon, östrojenlerin en önemli aktif şekli olan östradioldür ve daha az aktif olan östron ile dengededir. Östrondan oluşan östriol, gebelerin idrarında ve plasentada bulunan başlıca östrojendir.



Şekil 8.7
Östron, Östradiol (Östrojen) ve Östriolün Kimyasal Yapıları

Östrojenler, uterus, meme kanalları ve bezlerinin gelişiminden sorumludur. Östrojenlerin sentezi, FSH tarafından uyarılır. Dişilerde sekonder cinsiyet özelliklerinin sürdürülmesinde etkilidirler. İç ve dış genital organların gelişmesi ve olgunlaşmasını sağlarlar. Bazı metabolik etkilere de sahiptirler. Östrojenlerin karaciğer yağlanmasını önleyici, kolesterol düzeyini düşürücü etkileri vardır.

LDL ve HDL ile ilgili bilgi için bu kitabın Ünite 3 Lipitler konusuna bakabilirsiniz

DİKKAT

Gestajenler

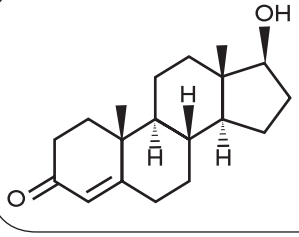
Dişilerde ovaryumdan salınan diğer bir hormon olan progesteron, gestajenler sınıfında incelenir. Steroid hormondur ve adrenal korteks steroid hormonlarının sentezinde ara üründür. Progesteron, ovülasyondan sonra çatlamış over folikülünden gelişmiş bir anatomik yapı olan korpus luteumdan ve özellikle gebeliğin son döneminde **plasentadan** salınır.

Plasenta: Anneyle yavru arasında besin, oksijen ve diğer maddelerin alışverişini sağlayan yapıdır

Progesteron, esas olarak rahim iç zarında yaygın gelişme meydana getirir. Rahimi embriyoyu kabul etmeye ve onu beslemeye hazırlar. Progesteron, ovülasyonu ve başlangıçta korpus luteum oluşmasını sağlamış olan LH üretimini ortadan kaldırır ve meme bezlerini uyarır.

Androjenler

Erkek cinsiyet hormonlarıdır. Steroid yapıdadırlar. En bilineni testosterondur (Şekil 8.8). Testislerin leydig hücrelerinde sentezlenirler. Çok az miktarda olmak üzere dişilerde ovaryumlarda da sentezlenir. Androjenler, primer ve sekonder erkeklik özelliklerinin gelişiminde rol alırlar. Testosteron, erkek cinsiyet organlarının gelişimi, ergenliğe eşlik eden kas ve iskeletin büyümesi ile kılların oluşumuna katkıda bulunur.



Şekil 8.8
Testosteronun Kimyasal Yapısı

Doku Hormonları

Nörohormonlar

Bu hormonlar arasında asetil kolin ve g-amino bütirik asit (GABA) sayılabilir. Sinirsel yolla uyarıların taşınmasına yardım ederler.

Gastrointestinal Hormonlar

Gastrin: Mide mukozası tarafından salgılanan polipeptit yapıda bir hormondur. HCl üretmek için mide mukozasını uyarır.

Sekretin: Duedenum mukozasında bulunur. Pankreasa su ve bikarbonat (HCO_3) salınımını uyarır.

Kolesistokinin-Pankreozimin: Kolesistokinin safra kesesinin boşalmasını sağlayan ve duedonumda sentez edilen bir hormondur. Pankreozimin ise pankreasın sindirim enzimlerinin salgılanmasını arttırır.

Damarları Etkileyen Hormonlar

Bradikinin: Damar genişletici etkisiyle kan basıncını düşürür. Düz kasların kasılmalarını da etkiler.

Serotonin: Trombositlerde yapılır. Arteriollerin kasılmasını sağlar. Damar, solunum ve sindirim kanalının düz kaslarına etkilidir.

Histamin: Histidin aminoasidinin yapısından CO_2'in uzaklaştırılması sonucu oluşur. En çok akciğer, deri ve mide-bağırsak kanalında bulunur. Bağırsak ve solunum sisteminde düz kasların kasılmasına neden olur.

Özet

Hormonların anlamını ve genel özelliklerini açıklamak.

Özel bezler tarafından kana salgılanan ve kan yolu ile ulaştıkları organ veya dokularda düzenleyici olarak çok düşük miktarları ile görev yapan organik bileşiklere hormon denir. Kendilerini sentezleyen organ veya dokulara önemli etkide bulunmazlar, her hormonun kendine özel hedef doku veya organları vardır. Etki süreleri hormonlara göre değişir. Etkilerini gösterdikten sonra kısa sürede inaktive edilirler. Canlı organizmada büyüme, gelişme, normal fizyolojik faaliyetlerin sürdürülmesi ve metabolizma üzerine etkileri vardır. Hormonların eksikliklerinde veya fazla salgılanma durumlarında çeşitli bozukluklar ortaya çıkar.

Hormonların etki mekanizmalarını tanımlamak.

Bazı hormonlar etkilerini hücre içi haberci sistemini yani ikinci habercileri kullanarak ve diğer bazı hormonlar da gen aktivasyonu yolu ile etkilerini gösterirler. İkinci haberciler cAMP, cGMP, Ca gibi moleküllerdir. Hormon etki gösterebilmek için hücre yüzeyinde veya içinde bulunan reseptörüyle birleşir ve sonrasında hücre içi olaylar başlatılır.

Hormonların sınıflandırmasını yapmak.

Hormonların birkaç değişik sınıflandırılması bulunur. Fakat daha çok kimyasal yapılarına ve salgılandıkları yere göre sınıflandırılırlar. Kimyasal yapılarına göre; peptit yapıda ve aminoasit türevi hormonlar, steroid yapıdaki hormonlar ve yağ asidi türevi hormonlar, salgılandıkları yere göre de; hipotalamus, hipofiz bezi, pankreas, tiroid bezi, paratiroid bezi, böbreküstü bezi, cinsiyet bezleri hormonları ve çeşitli dokuların hormonları olarak incelenebilirler.

Hormonların etkilerini açıklamak.

Hipotalamustan salgılanan hormonlar salgılatıcı veya durdurucu faktörler olarak adlandırılırlar ve hipofiz ön lobundan birtakım hormonların salgılanmasını sağlar veya durdururlar. Hipofiz ön lobundan metabolik faaliyetleri etkileyen STH, ACTH ve TSH, cinsiyet bezlerini etkileyen FSH, LH ve prolaktin gibi hormonlar salgılanır. STH büyüme ve gelişme üzerine etkilidir. ACTH böbreküstü bezinin korteksini, TSH tiroid bezini, FSH ve LH cinsiyet bezlerini hormon salgılamaları için uyarırlar. Hipofiz arka lobundan salgılanan oksitosin doğumda etkilidir, memelerden süt salgılanmasında fonksiyonu vardır. Vazopressin damar daraltıcı etki gösterir ve organizmanın su ve elektrolit dengesinin kontrolünde görev yapar. Pankreastan insülin, glukagon ve somatostatin hormonları salgılanır. İnsülinin en önemli etkisi kan şekerini düşürmesi olmakla beraber tüm metabolizma üzerine yaygın etkileri vardır. Glukagon insülinin antagonisti yani karşıtı çalışan bir hormondur ve kan şekeri düştüğünde kana glukoz sağlayan metabolik olayları başlatarak kan şekerinin normal düzeye ulaşmasına yardımcı olur. Tiroid bezinden T3, T4 ve kalsitonin hormonları salgılanır. T3 ve T4 büyüme gelişme ve metabolizma üzerine etkili hormonlardır. Kalsitonin kan kalsiyum düzeyinin düşürülmesi, paratiroid bezinden salgılanan parathormon ise karşıt olarak kana kalsiyum sağlanmasında etkilidir. Böbreküstü bezinin korteksinden ve medullasından çeşitli hormonlar salgılanır. Korteksten salgılanan hormonlar karbonhidrat, lipit ve protein metabolizması üzerine önemli etkileri olan glukokortikoitler ve mineral metabolizması üzerine etkili olan mineralokortikoitlerdir. Adrenal medulladan salgılanan hormonlar çok kısa süre içinde fizyolojik ve metabolik olayları etkileyerek, organizmanın özellikle acil durumlara uyumunu sağlayan, adrenalin ve noradrenalindir. Cinsiyet bezlerinin hormonları östrojenler ve androjenlerdir ve bunlar dişi ve erkek cinsiyet özelliklerinin oluşumu ve faaliyetlerinin sürdürülmesinde etkilidirler.

Kendimizi Sınayalım

1. Aşağıdakilerden hangisi hücre içi haberci moleküllerden biridir?
a. c-AMP
b. Kolesterol
c. Glukoz
d. Fruktoz
e. Trigliserit

2. Aşağıdakilerden hangisi pankreastan salgılanan bir hormondur?
a. Büyüme Hormonu
b. Oksitosin
c. İnsülin
d. Östrojen
e. Testosteron

3. Aşağıdakilerden hangisi organizmanın su ve elektrolit dengesinin kontrol edilmesinde görev alır?
a. Androjenler
b. Glukagon
c. Antidiüretik Hormon
d. Dopamin
e. Triiyodotironin

4. Aşağıdakilerden hangisi tiroid bezi hormonlarının sentezinde yer alan bir aminoasittir?
a. Glisin
b. Valin
c. Löysin
d. Lizin
e. Tirozin

5. Aşağıdakilerden hangisi bir glukokortikoiddir?
a. Östrojen
b. Oksitosin
c. Büyüme Hormonu
d. Kortizol
e. İnsülin

6. Aşağıdakilerden hangisi bir mineralokortikoiddir?
a. Adrenalin
b. Aldosteron
c. Noradrenalin
d. Dopamin
e. Kortizol

7. Aşağıdakilerden hangisi katekolaminler olarak da bilinir?
a. Adrenalin
b. Testosteron
c. Oksitosin
d. Parathormon
e. Büyüme Hormonu

8. Aşağıdakilerden hangisi kan kalsiyum seviyesinin **artmasını** sağlar?
a. Somatotropin
b. Kalsitonin
c. Glukagon
d. İnsülin
e. Parathormon

9. Aşağıdakilerden hangisi meme bezi gelişimi, süt sentezi ve salgılanmasından sorumludur?
a. Glukagon
b. Somatotropin
c. Prolaktin
d. İnsülin
e. Östriol

10. Aşağıdakilerden hangisi adrenal korteks hipofonksiyonu ile ilgili olarak ortaya çıkan bir hastalıktır?
a. Cushing sendromu
b. Addison hastalığı
c. Obezite
d. Kronik Kalp Hastalığı
e. Gece Körlüğü

Kendimizi Sınayalım Yanıt Anahtarı

1. a	Yanıtınız yanlış ise "Hormonların Etki Mekanizmaları" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
2. c	Yanıtınız yanlış ise "Pankreas Hormonları" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
3. c	Yanıtınız yanlış ise "Nörohipofiz (Hipofiz Arka Lobu) Hormonları" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
4. e	Yanıtınız yanlış ise "Tiroid Bezi Hormonları" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
5. d	Yanıtınız yanlış ise "Adrenal Korteks Hormonları" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
6. b	Yanıtınız yanlış ise "Adrenal Korteks Hormonları" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
7. a	Yanıtınız yanlış ise "Adrenal Medulla Hormonları" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
8. e	Yanıtınız yanlış ise "Paratiroid Bezi Hormonu" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
9. c	Yanıtınız yanlış ise "Cinsiyet Bezlerini Etkileyen Adenohipofiz Hormonları" konusunu yeniden gözden geçiriniz.
10. b	Yanıtınız yanlış ise "Adrenal Korteks Hormonları" konusunu yeniden gözden geçiriniz.

Sıra Sizde Yanıt Anahtarı

Sıra Sizde 1

Çok yönlü fonksiyona sahip olan, hatta birbirine zıt yönde fonksiyonlara sahip olan hormonlara örnek olarak testosteronu gösterebiliriz. Testosteron hormonu, dişilerde ürogenital organların büyümesi, erkeklerde sperma üretimi, kas gelişimini sağlar, vücutta tüy ve sakalların büyümesi, temporal (şakak) bölgede ise kıl çıkmasının baskılanması gibi birbirine zıt olan fonksiyonlara sahiptir.

Sıra Sizde 2

Şeker hastalığının nedeni insülinin yetersiz olmasıdır ve kanda glukoz birikmesi (hiperglisemi), hücrelere glukoz sağlanamaması, ayrıca karaciğerin kana normalden fazla glukoz vermesiyle sonuçlanır. Kan glukoz seviyesi yükselince idrarda glukoz miktarı artar ve bol miktarda idrar atılımı oluşur. İdrarla çok su atıldığı için ileri derecede susuzluk hissedilir. Hücreler glukozu alamadığı için hücrenin açlığı vücudun açlığı şeklinde kendini gösterir ve fazla yeme oluşur.

Sıra Sizde 3

Korku, heyecan ve öfke durumlarında vücutta adeta alarm düğmesine basılır. Beynimiz, olanca hızıyla böbreküstü bezlerine emir verir. Bu bezlerden çok kısa süre içinde adrenalin salgılanır. Salgılanan adrenalin, beyin, kalp, kaslar gibi yaşamsal organlara giden damarları genişletir, bu organların artan kan ihtiyaçları bu şekilde karşılanır. Deriye, sindirim sistemine giden damarları daraltır, çünkü tehlike durumunda sindirime ya da deriye daha az kan gitmelidir. Aşırı heyecan durumunda derinin solgun bir renk alması da, bu yüzdendir. Öte yandan, adrenalin kalbe gittiği zaman, kalp hücrelerinin kasılmalarını hızlandırır, kalp daha hızlı atar ve kaslara, ekstra güç için gerekli, ekstra kanı pompalar, kasların ekstra güçle kasılmaları sağlanır. Adrenalin, karaciğere ulaştığında, buradaki hücrelere, kana daha çok şeker yollamalarını emreder. Çünkü artı güce kavuşmuş kasların, enerjiye ihtiyacı vardır. Bu emirle yeterli yakıt da sağlanmış olur. Böylece vücudun tehlike durumuna adaptasyonu sağlanmış olur.

Yararlanılan Kaynaklar

Harvey, R. A., Ferrier, D. R. (2011). **Lippincott's Illustrated Reviews: Biochemistry (Lippincott's Illustrated Reviews Series)**, 5th Edition, Lippincoat Williams & Wilkins, China.

Kalaycıoğlu, L., Serpek, B., Nizamlıoğlu, M., Başpınar, N., Tiftik, A. M. (1998). **Biyokimya**, Birinci Baskı, S. Ü. Veteriner Fakültesi Yayınevi Ünitesi, Konya.

Sözbilir, N. B., Bayşu, N. (2008). **Biyokimya**, Güneş Tıp Kitabevleri, Ankara.

Sözlük

A

Aktif Yer: Enzimin üzerinde bulunan, substratın bağlandığı özel yer, katalitik bölge.

Aktivasyon Enerjisi: Belli şartlar altında, bir reaksiyonda bir mol substratı transisyon durumuna getirmek için gerekli olan enerjinin kalori cinsinden değeri.

Aktivatör: Enzim reaksiyonlarının hızını artıran madde.

Aldoz: Yapılarında karbonil grubu olarak aldehit grubu taşıyan şekerler.

Allosterik Enzim: Üzerinde yer aldıkları bir metabolik geçidin düzenli çalışmasını sağlayan ve o metabolik geçit ile ilgili son ürün veya başka bir molekül tarafından aktiviteleri kontrol edilen enzimler.

Amfoter: Oksit ve hidroksitleri asidik ve bazik karakterleri bir arada taşıyan element veya bileşik.

Aminoasit: Hem amin hem de karboksil grubu içeren molekül.

Anomerik C atomu: Monosakkaritlerin halka yapısında asimetrik hale geçen karbonil karbonu.

Apoenzim: Enzimin protein yapıdaki kısmı.

Apoferritin: Bağırsak mukoza hücrelerinde demirin emilimini sağlayan özel mukoza proteini.

Asimetrik C atomu: Dört valansına dört ayrı atom ya da atom grubu bağlanmış karbon atomu.

Avitaminozis: Bir vitaminin yokluğu.

D

Dalton: Bir hidrojen atomunun ağırlığı.

Dehidratasyon: Vücutta aşırı su kaybı oluşması.

Dekstrarotator: Polarize ışığın yayılma düzlemini sağa çeviren şeker.

Denatürasyon: Protein molekülünün çeşitli etkenlerle doğal üç boyutlu yapısının bozulması ve aktivitesini kaybetmesi.

Dializ: Vücutta birikmiş üre gibi zararlı maddelerin ve aşırı suyun yapay ya da doğal bir zar aracılığı ile vücuttan uzaklaştırılması işlemi.

Diffüzyon: Moleküllerin çözeltinin her tarafına kendiliğinden eşit olarak yayılması olayı.

Dipol: İki kutuplu molekül.

Doymamış Yağ Asidi: Yapısında bir veya birden fazla çift bağ içeren yağ asidi.

Doymuş Yağ Asidi: Yapısında çift bağ içermeyen yağ asidi.

E

Effektör (Modülatör): Allosterik enzimlerce katalize edilen reaksiyonların hızını düzenleyen madde.

Ekivalan gram: Maddenin molekül ağırlığının tesir değerine bölünmesi ile elde edilen değer.

Endokrin bez: Hormon yapımı için özelleşmiş doku, iç salgı bezi.

Enzim: Canlı hücreler tarafından sentezlenen, etki yapabilmesi için hücreye gereksinim duymayan, ısıya dayanıksız, protein yapıda, biyolojik katalizör.

Epimeri: Sadece tek bir karbon atomunun etrafındaki diziliş bakımından farklılık gösterme.

Esansiyel: Vücutta sentezlenemeyen besinlerle alınması zorunlu olan maddeler.

Ester: Bir hidroksil grubundaki hidrojen atomunun bir organik grup ile yer değiştirmiş olduğu organik bileşikler.

F

Ferritin: Demirin organizmadaki depo şekli.

G

Gestajen: Yumurtanın döl yatağına tutunup yerleşmesini ve gelişmesini sağlayan madde.

Glikozit: Bir monosakkaridin anomerik karbon atomundaki hidroksil grubunun diğer bir monosakkaritle veya başka bir molekülle birleşmesinden oluşan yapı.

Gliserit: Yağ asitlerinin gliserol ile yaptıkları esterler.

H

Hem: Protoporfirin 9'un Fe+2 iyonu ile oluşturduğu bir kompleks.

Hemiasetal: Bir aldehidin bir mol alkolle birleşerek oluşturduğu yapı.

Hemin: Hem'deki Fe+2'nin Fe+3'e okside olmasıyla oluşan bileşik.

Heteropolisakkarit: Hidrolize edildiklerinde birden fazla cinste monosakkarit veya monosakkarit türevine ayrışan polimerler.

Hidrat suyu: Makromoleküllere hidrojen köprüleri ile bağlı olan su.

Hidrofobik: Sudan kaçınma özelliği olan.

Hiperhidri: Vücut suyunun oransal olarak artması.

Hipertonik Çözelti: Madde yoğunluğu hücre içi madde yoğunluğundan daha büyük olan çözelti.

Hipervitaminozis: Aşırı miktarda vitamin alımından oluşan hastalık hali.

Hipohidri: Vücut suyunun oransal olarak azalması.
Hipotonik Çözelti: Madde yoğunluğu hücre içi yoğunluğundan daha az olan çözelti.
Hipovitaminozis: İhtiyacın altında, yetersiz vitamin alınması.
Holoenzim: Koenzim ve apoenzimden meydana gelen tam bir enzim.
Homeostazis: Organizma içindeki kararlılığı ve dengeyi devam ettirme eğilimi.
Hormon: Belirli organ veya dokular tarafından sentezlenen, yapıldığı yerden uzaktaki hedef doku veya organlarına kan yoluyla taşınarak buralarda fizyolojik etkiler oluşturan kimyasal madde.

İ

İkinci haberci: Hormonun etkisi ile hücre içinde birtakım enzimleri aktive ederek veya engelleyerek hücre içi olayları düzenleyen molekül.
İnhibitör: Enzim reaksiyonlarının hızını azaltan veya tamamen durduran madde.
İnternasyonal ünite: Optimum ısı, pH ve substrat konsantrasyonunda bir dakikada bir mikromol substratın ürüne dönüşümünü katalizleyen enzim miktarı.
İzoenzim: Kimyasal yapıları farklı, katalizledikleri reaksiyon aynı olan enzimler.
İzotonik Çözelti: Madde yoğunluğu hücre içi madde yoğunluğuna eşit çözelti.

K

Karbonhidrat: Polihidroksi alkollerin aldehit veya ketonlu türevleri, bunların polimerleri, oksidasyon, redüksiyon, substitüsyon ürünleri ile sülfatlı ve fosfatlı esterleri.
Karbonil grubu: Aldehit veya keton gruplarının genel adı.
Katal: Optimum ısı, pH ve substrat konsantrasyonunda bir saniyede bir mol substratı ürüne çeviren enzim miktarı.
Katalizör: Bir reaksiyonu hızlandıran fakat kendisi reaksiyondan değişmeden çıkan madde.
Katekolamin: Adrenal medullada tirozin aminoasidinden sentezlenen adrenalin, noradrenalin ve dopaminin genel adı.
Ketoz: Yapılarında karbonil grubu olarak keton grubu taşıyanlar şeker.
Kinaz: İnaktif enzimi aktif hale getiren madde.
Kiral: Ayna görüntüsü ile üst üste çakışmayan herhangi bir cisim.
Koenzim: Enzimin çalışması için gerekli, enzimin protein kısmı ile pek sıkı birleşmemiş, kolay ayrılabilen organik bileşik.
Kofaktör: Enzimlerin katalitik etki gösterebilmesi için gerekli metal iyonu ya da protein olmayan bileşik.

L

Levorotator: Polarize ışığın yayılma düzlemini sola çeviren şeker.
Lipit: Suda çözünmeyen, eter, kloroform ve benzen gibi organik çözücülerde çözünen molekül.
Liyofilik: Çözücü seven.
Liyofobik: Çözücüden kaçan.

M

Makro element: Kanda % mg (miligram) düzeyinde bulunan element.
Makromolekül: Molekül ağırlığı yüz bin ya da milyonlar arasında değişen molekül.
Metabolizma: Canlı hücrelerde meydana gelen kimyasal reaksiyonların tümü.
Mikro element: Kanda % mg (mikrogram) düzeyinde bulunan element.
Miksödem: Tiroid bezinin az çalışması halinde deri ve vücutta diğer yerlerde mukoid bir maddenin birikmesi durumu.
Molar Çözelti: Litresinde bir molekül gram veya mol gram madde bulunan çözelti.
Monomer: Bir polimer oluşturmak için diğer monomerlere kimyasal olarak bağlanabilecek küçük bir molekül.
Monosakkarit: Polihidroksi alkollerin hidrolize edildiğinde daha basit moleküllere ayrılmayan aldehit veya ketonlu türevleri.
Mum: Yüksek yağ asitlerinin bir hidroksilli yüksek alkollerle oluşturdukları esterler.
Mutasyon: Canlının genetik yapısında meydana gelen değişimler.

N

Negatif Effektör (Negatif Modülatör): Allosterik enzime bağlanmak suretiyle reaksiyonu yavaşlatan veya durduran madde.
Normal Çözelti: Litresinde bir ekivalan gram madde bulunan çözelti.
Nükleik asit: Bütün canlı hücrelerde ve virüslerde bulunan, nükleotid birimlerinden oluşmuş polimer.
Nükleotid: Bir fosfat, beş karbonlu bir şeker ve bir azotlu organik bazdan oluşan kimyasal bileşik.

O-Ö

Oksidasyon: Elektronların bir atom ya da molekülden ayrılmasını sağlayan kimyasal tepkime.

Oligohidri: Vücut suyunun mutlak azalması.

Optik aktif madde: Polarize ışığı sağa veya sola çeviren madde.

Osteomalazi: Kemik mineralizasyonundaki bir bozukluk nedeniyle kemiklerin sertlik ve dayanıklılıklarının kaybolması.

Ovülasyon: Dişilerde yumurtalıklarda yumurta atılması olayı.

Ödem: Vücutta aşırı sıvı birikmesi durumu.

P

Peptit bağı: Bir aminoasidin amino grubuyla diğer aminoasidin karboksil grubunun bir su çekilme tepkimesiyle birbirine bağlanmasıyla oluşan kimyasal bağ.

Plazmoliz: Hipertonik ortamda hücrenin su kaybederek büzülmesi.

Plazmoptiz: Hipotonik ortamda hücrenin su alarak şişmesi ve patlaması.

Polar: Molekülü oluşturan atomların elektronegativitelerindeki farklılığından dolayı bir ucu pozitif, bir ucu negatif yüklü gibi davranan molekül.

Polarize ışık: Bir tek düzlem dışındaki dalga titreşimlerinden arındırılmış ışık.

Polihidri: Vücut suyunun mutlak artması.

Pozitif Effektör (Pozitif Modülatör): Allosterik enzime bağlanmak suretiyle reaksiyonu hızlandıran madde

Prostetik Grup: Enzimin çalışması için gerekli, enzimin protein kısmı ile sıkı birleşmiş, kolay ayrılmayan organik bileşik.

Protein: Aminoasitlerin peptit bağları ile birbirlerine bağlanmasıyla oluşan büyük organik bileşik.

Raşitizm: Kalsiyum ve fosfor gibi kemiklerin gelişiminde çok önemli rolü olan minerallerin kemiklerde yeterince bulunmamasına bağlı olarak ortaya çıkan hastalık.

R

Reaktif Şeker Grubu: Monosakkaritlerin reaksiyonlara giren aldehit veya keton grupları.

Renatürasyon: Proteinlerin bozulmuş durumda iken tekrar üç boyutlu yapılarını kazanmaları ve yeniden biyolojik aktivite göstermeleri.

Reseptör: Protein yapıda, az miktarda ve hormonun etkisi için birleştiği özel molekül.

S

Sabun: Altı karbondan yüksek yağ asitlerinin metallerle yaptıkları tuzlar.

Spesifik rotasyon: Monosakkaritlerin standart şartlar altında polarize ışığı çevirme derecesi.

Steroid: Yapısında steran halkası taşıyan molekül.

Substrat: Enzimin etki ettiği madde.

T

Tampon madde: Ortama hidrojen iyonu vererek veya ortamdan hidroksil iyonu alarak pH değişikliklerini önleyen madde.

Transferrin: Kanda bulunan, demirin taşınmasını sağlayan demir bağlayıcı protein.

Ü

Ürün: Enzimin substrata etki etmesi sonucunda oluşan madde.

V

Vitamin: Metabolik olayların normal bir şekilde meydana gelmesi ve yaşamın sürdürülmesi için gerekli olan, vücutta sentez edilemeyen veya yetersiz derecede sentez edilen, besinlerle dışarıdan alınması zorunlu olan organik madde.

Z

Zimojen: Enzimin hücre içinde inaktif durumdaki hali, proenzim.

Zwitterion: Çift kutuplu, hem pozitif ve hem negatif yük taşıyan molekül.