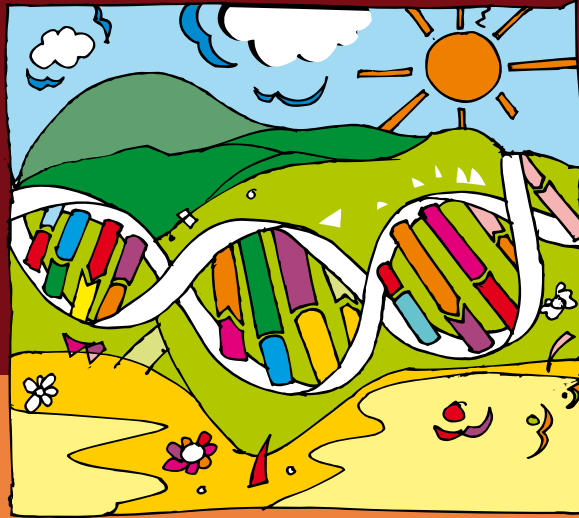


Dr. Mandl József

# B I O K É M I A

Aminosavak, peptidek, szénhidrátok,  
lipidek, nukleotidok, nukleinsavak,  
vitaminok és koenzimek



Semmelweis Kiadó

Semmelweis Orvostudományi Egyetem  
Orvosi Vegytani, Molekuláris Biológiai és Pathobiokémiai Intézet

Igazgató: Dr. Mandl József egyetemi tanár

Írták:

Dr. Hrabák András  
Dr. Idei Miklós  
Dr. Mészáros György  
Dr. Staub Mária  
Dr. Tóth Miklós  
Dr. Vér Ágota

Szerkesztette:

Dr. Mandl József

© *Dr. Mandl József, 2006*

**ISBN 963 9656 18 6**

Az e-könyv a **Biokémia** Aminosavak, peptidek, szénhidrátok, lipidek, nukleotidok, nukleinsavak, vitaminok és koenzimek szerkezete és tulajdonságai (szerkesztette: Dr. Mandl József) c. könyv 2006-os kiadása alapján készült.

**ISBN e-book 978 963 331 004 5**

A könyv és adathordozó (legyen az e-könyv, CD vagy egyéb digitális megjelenés) szerzői jogi oltalom és kizárólagos kiadói felhasználási jog alatt áll. Az e-könyv kódrendszer – DRM, avagy digitális másolásvédelem – feltörése bűncselekmény! Bármely részének vagy egészének mindennemű többszörözése kizárólag a szerkesztő, a szerzők és a kiadó előzetes írásbeli engedélye alapján jogszerű.



Felelős kiadó: Táncos László igazgató  
Tördelőszerkesztő: Békésy János  
Borító: Táncos László  
SKD: 0083-e

---

# Tartalomjegyzék

<b>ELŐSZÓ</b> .....	7
<b>1. AMINOSAVAK, PEPTIDEK</b> .....	9
<b>1.1. Aminosavak</b> .....	9
1.1.1. Az aminosavak szerkezete, elnevezése .....	9
1.1.2. Az $\alpha$ -aminosavak fontosabb szerkezeti sajátosságai .....	10
1.1.3. Az aminosavak fizikai-kémiai tulajdonságai .....	11
1.1.3.1. Az aminosavak töltése, titrálása .....	11
1.1.3.2. Az aminosavak fényelnyelése és fluoreszcenciája .....	14
1.1.4. Az aminosavak reakciói .....	14
1.1.4.1. Az aminocsoport reakciói .....	14
1.1.4.2. A karboxilcsoport reakciói .....	16
1.1.4.3. Az oldalláncok reakciói .....	16
1.1.4.4. Az aminosavak kimutatására szolgáló színreakciók .....	17
1.1.4.5. Az aminosav-analítika alapelvei, az aminosavak szétválasztása .....	18
1.1.5. Biológiai szempontból fontos aminosavak és származékaik .....	18
1.1.5.1. Fehérjealkotó aminosavak .....	18
1.1.5.2. Nem fehérjealkotó aminosavak .....	21
<b>1.2. Peptidek. A peptidek szerkezeti felépítésének alapelvei</b> .....	23
1.2.1. A peptidek fogalma .....	23
1.2.2. A peptidkötés legfontosabb tulajdonságai .....	24
1.2.3. A peptidek fizikai-kémiai tulajdonságai .....	25
1.2.4. A peptidek elsődleges szerkezete és annak meghatározása .....	25
1.2.5. A peptidek kémiai szintézise .....	27
1.2.6. Biológiai szempontból fontosabb peptidek .....	29
1.2.7. Egyéb, biológiailag jelentős peptidek .....	31
1.2.8. A peptidek és fehérjék térszerkezetének néhány érdekessége .....	32
1.2.9. A fehérjeszerkezet néhány törvényszerűsége .....	35
1.2.10. A térszerkezet kialakulásának termodinamikai viszonyai .....	35
1.2.11. A peptidek és fehérjék szerkezetének kialakulása in vitro .....	36
1.2.12. Az in vitro és in vivo fehérjeszerkezet kialakulás különbségei .....	37
<b>2. SZÉNHIDRÁTOK</b> .....	39
<b>2.1 Bevezetés</b> .....	39
<b>2.2 A szénhidrátok csoportosítása</b> .....	39
<b>2.3 Monoszacharidok</b> .....	40

<b>2.4</b>	<b>A monoszacharidok kiralitása</b> .....	41
<b>2.5</b>	<b>A mutarotáció, a monoszacharidok szerkezete vizes oldatban</b> .....	45
<b>2.6.</b>	<b>A monoszacharidok kémiai tulajdonságai</b> .....	50
<b>2.7</b>	<b>Diszacharidok</b> .....	58
<b>2.8</b>	<b>Oligoszacharidok</b> .....	63
<b>2.9</b>	<b>Poliszacharidok (glikánok)</b> .....	63
	2.9.1. <i>Homopoliszacharidok</i> .....	65
	2.9.1.1. <i>Növényi eredetű poliszacharidok</i> .....	65
	2.9.1.2. <i>Állati eredetű poliszacharidok</i> .....	68
	2.9.2. <i>Heteropoliszacharidok (heteroglikánok)</i> .....	71
<b>3.</b>	<b>LIPIDEK</b> .....	77
<b>3.1</b>	<b>Általános tulajdonságok</b> .....	77
	Lipidek felosztása .....	77
<b>3.2</b>	<b>Zsírsavak</b> .....	78
	Természetes zsírsavak és nevezéktauk .....	78
<b>3.3</b>	<b>Zsírok és olajok</b> .....	82
	Trigliceridek mint tartaléktápanyagok .....	82
<b>3.4.</b>	<b>Foszfatidsavszármazékok</b> .....	84
	3.4.1. Glicerofoszfátidok felépítése .....	84
	3.4.1.1. <i>Sztereospecifikus számozás</i> .....	85
	3.4.1.2. <i>Glicerofoszfátidok osztályozása</i> .....	85
	3.4.1.3. <i>Glicerofoszfátidok kémiai viselkedése</i> .....	88
	3.4.1.4. <i>Glicerofoszfátidok hidrolízise</i> .....	88
<b>3.5.</b>	<b>Plazmánsav és plazmánsav származékok</b> .....	89
<b>3.6.</b>	<b>Szfingolipidek</b> .....	90
	3.6.1. Szfingofoszfolipidek (szfingofoszfátidok) .....	91
	3.6.2. Szfingoglikolipidek .....	92
	3.6.2.1. <i>Neutrális szfingoglikolipidek</i> .....	92
	3.6.2.2. <i>Gangliozidok</i> .....	93
	3.6.2.3. <i>Szulfatált glikolipidek (szulfátidok)</i> .....	94
<b>3.7.</b>	<b>A biológiai membránok, a foszfo- és glikolipidek előfordulása</b> .....	94
<b>3.8.</b>	<b>Viaszok</b> .....	97
<b>3.9</b>	<b>Szterinek</b> .....	97
<b>3.10.</b>	<b>Terpének és terpénszármazékok</b> .....	101
<b>3.11.</b>	<b>Epesavak</b> .....	103
<b>3.12.</b>	<b>Szteroid hormonok</b> .....	105
	3.12.1. <i>Kortikoszteroidok</i> .....	105
	3.12.2. <i>Női nemi hormonok (ösztrogének és progesztagének)</i> .....	107
	3.12.3. <i>A hím nemi hormon és az androgének</i> .....	108
<b>3.13.</b>	<b>Eikozanoidok</b> .....	110

<b>4. NUKLEOTIDOK – NUKLEINSAVAK</b> .....	115
<b>4.1. A nukleinsavak építőkövei</b> .....	116
4.1.1. A purin- és pirimidin bázisok .....	117
4.1.2. A nukleozidok .....	118
4.1.3. A nukleotidok .....	119
4.1.4. Bázis- és nukleozidanalógok .....	123
<b>4.2. A polinukleotid lánc elsődleges és másodlagos szerkezete</b> .....	127
4.2.1. A DNS kettős helix .....	128
4.2.2. A DNS szerkezet változások alapja .....	131
4.2.3. DNS triplahelix kialakulása oligonukleotidok kötődésével .....	135
<b>4.3. A DNS szerkezetváltozásai</b> .....	137
4.3.1. DNS denaturálás és renaturálás .....	137
4.3.2. A DNS-hibridizálás alapja a bázispárképzés .....	138
<b>4.4. Az egyszálú nukleinsavak másodlagos szerkezete</b> .....	139
4.4.1. A fordított ismétlések szerepe a másodlagos szerkezetben .....	140
4.4.2. A zárt, cirkuláris DNS szerkezete .....	142
4.4.3. A zárt dsDNS helyi szerkezetváltozásai .....	143
<b>4.5. A DNS-molekula hossza, információtartalma, másolása</b> .....	144
<b>4.6. Az RNS</b> .....	145
4.6.1. Az RNS biológiai szerepe .....	146
4.6.2. Az mRNS .....	146
4.6.3. A tRNS .....	148
4.6.4. Az rRNS .....	150
4.6.5. A snurp-ok .....	152
<b>5. VITAMINOK ÉS KOENZIMEK</b> .....	153
<b>5.1. Vitaminok fogalma</b> .....	153
<b>5.2. Koenzimek fogalma</b> .....	153
<b>5.3. Koenzimeket igénylő reakciótipusok</b> .....	154
<b>5.4. Vízoldékony vitaminok és koenzimek</b> .....	156
5.4.1. Niacin vitamin, NAD és NADP <sup>+</sup> koenzimek .....	156
5.4.2. B -vitamin (Riboflavin), FMN, FAD .....	158
5.4.3. C-vitamin, aszkorbinsav .....	160
5.4.4. B-vitamin (piridoxin), piridoxál foszfát .....	161
5.4.5. Fólsav vitamin - tetrahidrofólsav .....	162
5.4.6. B-vitamin (kobalamin) .....	164
5.4.7. H-vitamin (biotin) .....	165
5.4.8. B-vitamin (tiamin) -tiamin pirofoszfát .....	167
5.4.9. B3 -vitamin (pantoténsav), Koenzim A .....	167

---

<b>5.5. Nem vitamin jellegű koenzimek</b> .....	170
5.5.1. Liponsav .....	170
5.5.2. Ubikinonok .....	171
5.5.3. Dolikolok .....	172
<b>5.6. Zsíroldékony vitaminok</b> .....	172
5.6.1. A-vitamin .....	172
5.6.2. D-vitamin .....	174
5.6.3. E-vitamin .....	175
5.6.4. K-vitamin .....	175

---

# Előszó

A Biokémia jegyzet az első év második szemeszterét hallgató orvos- és fogorvostanhallgatók részére készült. Az Orvosi Biokémia egyetemi tankönyv (*írta: Ádám Veronika, Faragó Anna, Machovich Raymund, Mandl József, szerkesztette: Ádám Veronika*) kiegészítéseként elsősorban a korábban „leíró biokémia” néven tárgyalt tananyagot tartalmazza. A molekuláris medicina korában rendkívül fontos az élő szervezetet alkotó molekulák szerkezetének és tulajdonságainak megismerése. A jegyzet elsősorban azokkal a molekulákkal foglalkozik, amelyek a biokémiai folyamatok résztvevői. Ismerete elősegíti a folyamatok molekuláris logikájának megértését. A jegyzet mindazon oktatói tapasztalat felhalmozódása alapján íródott, amit a Semmelweis Orvostudományi Egyetem Orvosi Vegytani, Molekuláris Biológiai és Pathobiokémiai Intézetének oktatói az elmúlt évtizedekben a biokémia oktatásában szereztek.

A lektorálásért és a segítő kritikai megjegyzésekért a jegyzet készítői köszönetüket fejezik ki Dr. Szikla Károly egyetemi adjunktusnak (SOTE Orvosi Biokémiai Intézet).

*Dr. Mandl József*



TER  
OX  
ly

## A Semmelweis Kiadó új szolgáltatásai:

- **könyveit, jegyzeteit kinyomtathatja digitális műhelyünkben!**

Rendelésfelvétel:

**LEGENDUS**  
Könyvesbolt

Budapest, Nagyvárad tér 4.  
Semmelweis Egyetem, NET Aula  
Tel., fax: 210-4408

**EOK**  
Könyvesbolt

Budapest IX., Tüzoltó utca 37-47.  
Tel.: 459-1500/60000

- **nyomdai szolgáltatások!**

Tájékoztatjuk Tisztelt Olvasóinkat, hogy a Semmelweis Kiadó hivatalosan átvette a házinyomda eddig végzett tevékenységeit. Ezeket a továbbiakban digitális műhelyünk szolgáltatja!  
A részletekről érdeklődjön az alábbi elérhetőségeken:

**POSZTER**  
**BOX**  
Digitális műhely

Konferencia-, művészeti, dekorációs poszterek nyomtatása, tervezése papírra, vászonra hozott téma alapján vagy a kínálatból  
Prezentációkészítés  
Fénymásolás  
Digitális nyomtatás

A Semmelweis Egyetem központjában!  
1089 Budapest, Nagyvárad tér 4.  
Semmelweis Egyetem, NET, 1. emelet,  
a büfével szemben  
Tel: 459-1500/56218, 06 20 374-0160  
E-mail: bralaj@net.sote.hu