

A biokémia alapjai

Wunderlich Lívius
Szarka András

Összefoglaló: A jegyzet elsősorban egészségügyi mérnök MSc. hallgatók részére íródott, de hasznos segítség lehet biomérnök és vegyészmérnök hallgatók számára is. A jegyzetben alapvető kémiai és sejtbiológiai ismeretek is találhatóak, melyek elsajátítása lehetővé teszi a különösebb biológiai/kémiai előképzettség nélküli biokémia tanulást. A fontosabb makromolekulák bemutatása után a szerzők igyekeztek logikusan követni a biokémia törvényszerűségeit, és amennyire csak lehetett, háttérbe szorítani a száraz adatok ismertetését. A fő hangsúly a bioenergetika és a metabolizmus összefüggéseire került, elsősorban az emberi test biokémiai folyamatait vizsgálva. Míg a szénhidrátok és a lipidek anyagcséréje valamivel részletesebben, az aminosavak és nukleotidok anyagcséréje csak érintőlegesen kerül ismertetésre. Fontosságuk miatt a nukleinsavak és a fehérjék szintézisével külön fejezet foglalkozik.

Kulcsszavak: biokémia, makromolekula, szénhidrát, glükóz, lipid, aminosav, fehérje, nukleinsav, nukleotid, bioenergetika, enzim, metabolizmus, glikolízis, citrátkör, fotoszintézis

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem



Typotex Kiadó

2013

COPYRIGHT: © Wunderlich Lívius PhD, Szarka András PhD, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Creative Commons NonCommercial-NoDerivs 3.0 (CC BY-NC-ND 3.0)

A szerző nevének feltüntetése mellett nem kereskedelmi céllal szabadon másolható, terjeszthető, megjelentethető és előadható, de nem módosítható.

Szakmai lektor: Zimányiné Ratkai Tünde, Stefán Gábor

ISBN 978 963 279 168 5

Készült a [Typotex Kiadó](#) gondozásában

Felelős vezető: Votisky Zsuzsa

Készült a TÁMOP-4.1.2/A/1-11/1-2011-0079 számú, „Konzorcium a biotechnológia és bioinformatika aktív tanulásaért” című projekt keretében.

Nemzeti Fejlesztési Ügynökség
www.ujszachenyiterv.gov.hu
06 40 638 638



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Tartalomjegyzék

Előszó.....	8
1. Kémiai alapok.....	9
1.1. Általános kémia.....	9
1.1.1. Atomok.....	9
1.1.1.1. Az atomok felépítése.....	9
1.1.1.2. Atompályák.....	10
1.1.1.3. Elemek.....	12
1.1.2. Kémiai kötések.....	15
1.1.2.1. Elsőrendű kötések.....	15
1.1.2.1.1. Ionos kötés.....	15
1.1.2.1.2. Fémes kötés.....	15
1.1.2.1.3. Kovalens kötés.....	16
1.1.2.2. Másodrendű kötések.....	18
1.2. Szerves kémia.....	20
1.2.1. Szénhidrogének.....	20
1.2.1.1. Telített szénhidrogének.....	21
1.2.1.2. Telítetlen szénhidrogének.....	23
1.2.2. Funkciós csoportok.....	25
1.2.3. Szénvegyületek szerkezete.....	27
1.2.3.1. Szerkezeti izoméria.....	27
1.2.3.2. Geometriai izoméria.....	29
1.2.3.3. Sztereoizoméria.....	29
1.2.3.4. Konformációs izoméria.....	30
1.3. Kémiai reakciók.....	32
1.3.1. Sav-bázis reakciók.....	33
1.3.2. Redox reakciók.....	36
2. Sejtbiológiai alapok.....	38
2.1. A prokarióta sejt.....	38
2.2. Az eukarióta sejt.....	40
2.2.1. Sejtmag.....	41
2.2.2. Mitokondrium.....	41
2.2.3. Endoplazmás retikulum.....	42
2.2.3. Golgi-készülék.....	43
2.2.4. Lizoszómák.....	44
2.2.5. Peroxiszómák.....	44
2.2.6. Színtestek.....	44
2.2.7. Vakuólum.....	45
2.2.8. Citoszkeleton.....	46
3. Makromolekulák.....	47
3.1. Szénhidrátok.....	47

3.1.1. Monoszacharidok.....	48
3.1.2. Diszacharidok.....	49
3.1.3. Poliszacharidok.....	49
3.2. Lipidek.....	50
3.2.1. Zsírsavak.....	50
3.2.2. Trigliceridek.....	51
3.2.3. Foszfolipidek.....	51
3.2.4. Koleszterin.....	52
3.3. Fehérjék.....	53
3.3.1. Aminosavak.....	53
3.3.2. Elsődleges szerkezet.....	54
3.3.3. Másodlagos szerkezet.....	56
3.3.4. Harmadlagos szerkezet.....	57
3.3.5. Negyedleges szerkezet.....	57
3.4. Fehérjék, lipidek, szénhidrátok kapcsolatai.....	58
3.5. Nukleinsavak.....	60
3.5.1. Nukleotidok.....	60
3.5.2. A nukleinsav szerveződése.....	60
3.5.3. RNS.....	62
3.5.4. DNS.....	63
3.6. Proteinek és nukleinsavak kapcsolata.....	63
4. Enzimológia.....	66
4.1. Az enzimek szerepe.....	66
4.2. Szerkezet és funkció.....	67
4.3. Szabályozás.....	69
4.4. Katalízis.....	70
4.5. Enzimkinetika.....	72
4.6. Reverzibilis szabályozás típusai.....	77
4.7. Enzimek osztályozása.....	79
4.7.1. Oxidoreduktázok.....	80
4.7.1.1. Oxidázok.....	80
4.7.1.2. Dehidrogenázok.....	80
4.7.1.3. Oxigenázok.....	80
4.7.1.4. Peroxidázok.....	81
4.7.2. Transzferázok.....	81
4.7.3. Hidrolázok.....	82
4.7.4. Liázok.....	82
4.7.5. Izomerázok.....	82
4.7.6. Ligázok.....	83
4.8. Izoenzimek.....	83
5. Bioenergetika.....	84
5.1. Az energia forrása.....	84
5.2. Az energia megjelenési formája.....	85
5.3. Kémiai reakciók energetikája.....	86
5.3.1. Kapcsoltság.....	86
5.3.2. Csoportátvitel.....	89
5.3.3. A foszforilcsoport átvitele.....	91
5.3.3.1. Az adenzin-trifoszfát (ATP) mint energiahordozó.....	91
5.3.3.2. Foszforilcsoporttal működő enzimek.....	92

5.3.3.3. Az ATP felhasználása	92
5.3.3.4. Magas energiájú foszfátok	93
5.3.4. Az acilcsoport szállítása	95
5.3.5. A glukozil-csoport szállítása	96
5.3.6. A karboxilcsoport szállítása	97
5.3.7. Az aminocsoport szállítása	97
5.4. Elektronszállítók, biológiai oxidáció	98
5.4.1. NAD, NADP	99
5.4.2. FAD és FMN	100
5.4.3. Ubikinon	100
5.4.4. Vas-kén komplexek	101
5.4.5. Porfirinvázias elektron-szállítók	101
6. A szénhidrátok anyagcseréje	103
6.1. Szénhidrátok emésztése	103
6.2. A glükóz felszívódása	105
6.3. A glikolízis folyamata	108
6.3.1. A befektetési szakasz	108
6.3.2. A haszonszerzés szakasza	109
6.3.3. Energetika	111
6.4. A NADH sorsa	111
6.4.1. Anaerob körülmények	111
6.4.2. Aerob körülmények	112
6.5. A glukoneogenezis folyamata	113
6.6. A glikolízis és a glikoneogenezis koordinált szabályozása	115
6.6.1. A fruktóz-6-P/fruktóz-1,6-biszfoszfát átalakulás szabályozása	115
6.6.2. A piruvát-kináz szabályozása	117
6.7. A glikogén szintézise (glikogenezis)	118
6.8. A glikogén lebontása (glikogénolízis)	120
6.9. A glikogenezis és a glikogénolízis koordinált szabályozása	121
6.10. A NADPH forrása	122
6.11. A pentóz-foszfát út és ciklus	122
6.12. A fruktóz és a galaktóz anyagcseréje	124
6.12.1. A fruktóz lebomlása	124
6.12.1. A galaktóz átalakulásai	125
7. A piruvát sorsa; a citromsav-ciklus	127
7.1. A piruvát dehidrogenáz	127
7.1.1. Az enzimkomplex működése	128
7.1.2. Az enzimkomplex szabályozása	130
7.2. Az acetyl-KoA sorsa; a citrát-ciklus	131
7.2.1. A citrátkör reakciói	131
7.2.2. A citrát-ciklus hozadéka	134
7.2.3. A citrátkör szabályozása	134
7.2.4. A citrátkör amfibolikus szerepe	134
7.3. Az acetyl-KoA sorsa; a glioxalát-ciklus	136
8. Elektrontranszport-lánc és energiatermelés	138
8.1. A mitokondrium elektrontranszport-lánca	138
8.1.1. A transzportlánc tagjai	139
8.1.2. Elektrokémiai gradiens és energiatermelés	140
8.1.3. Az aerob glükóz-lebontás energiamérlege	141

8.1.4. Oxidatív energiatermelés és kapcsoltság	142
8.2. A fotoszintézis folyamatai	143
8.2.1. A fotoszintézisről általánosságban	143
8.2.2. A fotoszintézis helyszíne a kloroplaszt.....	143
8.2.3. A két fotorendszer	144
8.2.4. ATP-szintézis, ciklikus fotofoszfóriláció	145
8.2.5. Calvin-ciklus	146
8.2.6. Fotorespiráció, C ₄ útvonal	147
9. A lipidek anyagcseréje	151
9.1 A lipidek emésztése.....	151
9.2. A lipidek szállítása	152
9.2.1. Bélből a májba	152
9.2.2. A májból a perifériára	153
9.2.3. A perifériáról a májba	154
9.3. Energiatermelés lipidekből	155
9.3.1. A zsírok mobilizációja.....	155
9.3.2. A zsírsavak β -oxidációja	156
9.3.2.1. Transzport.....	157
9.3.2.2. Oxidáció.....	157
9.3.3. Energiamérleg	158
9.3.4. Rendhagyó esetek.....	158
9.4. A lipidek felépülése	159
9.4.1. Zsírsavak szintézise	159
9.4.1.1. Transzport.....	159
9.4.1.2. Szintézis.....	160
9.4.2. A zsírsav-szintézis energiamérlege	162
9.4.3. A zsírsavak további sorsa.....	162
9.4.4. Trigliceridek szintézise	163
9.4.5. Foszfolipidek szintézise.....	164
9.5. A koleszterin metabolizmusa	166
9.6. Epesavak körforgása.....	169
9.7. A ketontestek.....	169
9.7.1. Ketontestek szintézise	170
9.7.2. Ketontestek felhasználódása.....	171
9.7.3. Cukorbetegség	171
10. Az aminosavak anyagcseréje	173
10.1. A fehérjék bontása	173
10.1.1. Exogén proteázok.....	173
10.1.2. Endogén proteázok	174
10.1.3. Aminosavak felszívódása	174
10.2. Aminosavak átalakulásai	175
10.2.1. Nem-esszenciális aminosavak szintézise	175
10.2.1.1. Glutamát, glutamin, aszpartát, alanin, aszparagin szintézise	176
10.2.1.2. C ₁ -töredék szállítók.....	178
10.2.1.3. Szerin és glicin szintézise.....	179
10.2.1.4. A cisztein keletkezése	180
10.2.1.5. A prolin és az ornitin szintézise.....	182
10.2.1.6. A tirozin szintézise	182
10.2.2. Az esszenciális aminosavak szintézise	183

10.2.2.1.....	183
10.2.2.2. A lizin, treonin és metionin szintézise	184
10.2.2.3. Valin, leucin és izoleucin szintézise.....	185
10.2.2.4. Hisztidin, fenilalanin, tirozin és triptofán szintézise	187
10.2.3. Az aminosavak lebontása: a nitrogén sorsa	189
10.2.4. Az aminosavak lebontása: a szénlánc sorsa	191
10.2.4.1. A glutamát, glutamin, prolin, arginin és hisztidin lebomlása	192
10.2.4.2. A metionin, treonin, izoleucin és valin lebomlása.....	192
10.2.4.3. A fenilalanin, tirozin, aszparagin és aszpartát lebomlása	193
10.2.4.4. A cisztein, triptofán, alanin, szerin és glicin lebomlása	193
10.2.4.5. Lizin és leucin lebomlása.....	195
10.2.4.6. Összefoglalás.....	195
11. A nukleotidok anyagcseréje.....	196
11.1 A nukleinsavak emésztése	196
11.2. Nukleotidok <i>de novo</i> szintézise.....	196
11.2.1. Purin nukleotidok szintézise	196
11.2.2. Pirimidin nukleotidok szintézise.....	199
11.2.3. Deoxiribonukleotidok keletkezése	199
11.3. Nukleotidok lebomlása	200
11.3.1. Purin nukleotidok lebomlása	200
11.3.2. A pirimidin nukleotidok lebomlása	202
11.4. Mentő utak.....	203
12. Replikáció, transzkripció, transzláció.....	205
12.1. Replikáció.....	205
12.1.1. Replikáció prokariótákban	206
12.1.2. Replikáció eukariótákban	211
12.1.3. A DNS hibajavítás	213
12.1.4. Mutációk.....	215
12.2. Transzkripció	215
12.2.1. Transzkripció prokariótákban.....	216
12.2.2. A prokarióta RNS-ek szerveződése	219
12.2.3. A transzkripció szabályozása prokariótákban.....	220
12.2.4. Az eukarióta mRNS szerveződése	221
12.2.5. Eukarióta génszabályozás.....	225
12.3. Transzláció	226
13. Biokémia és egészség.....	230
13.1. A táplálkozás biokémiája	230
13.2. Biotranszformáció.....	232
13.2.1. Előkészítő fázis.....	232
13.2.2. Konjugációs fázis.....	233
13.2.3. Kiürítési fázis.....	233
13.3. Az alkohol metabolizmusa	234
13.3.1 A metabolikus útvonalak.....	234
13.3.2. Az alkohol káros hatásai	235
Felhasznált irodalom.....	237