

SPIS TREŚCI

PRZEDMOWA **IX**

NAJWAŻNIEJSZE STOSOWANE SKRÓTY **XI**

1. WPROWADZENIE **1**

Jadwiga Baj

- 1.1. Krótki zarys historii mikrobiologii 1
 - 1.1.1. Początki 1
 - 1.1.2. Rozwój mikrobiologii medycznej 2
 - 1.1.3. Udoskonalanie mikrobiologicznych metod badawczych 4
 - 1.1.4. Poznawanie różnorodności bakterii 5
 - 1.1.5. Odkrycie wirusów 6
 - 1.1.6. Próby klasyfikacji bakterii 6
- 1.2. Ogólna charakterystyka mikroorganizmów 7
- 1.3. Carl Woese i trzy domeny świata żywego 8
- 1.4. Systematyka prokariotów 9
 - 1.4.1. Nazewnictwo prokariotów 10
 - 1.4.2. System klasyfikacji prokariotów 11
 - 1.4.3. Gatunek, podgatunek i odmiana u prokariotów 12
- 1.5. Charakterystyka domen prokariotycznych 13
 - 1.5.1. Domena *Bacteria* 13
 - 1.5.2. Domena *Archaea* 13

2. BUDOWA I FUNKCJONOWANIE KOMÓREK PROKARIOTYCZNYCH **15**

Jadwiga Baj

- 2.1. Wielkość i morfologia komórek prokariotycznych oraz tworzone przez nie układy 15
- 2.2. Ogólna budowa komórki prokariotycznej 17
- 2.3. Cytoplazma, nukleoid i rybosomy 18
- 2.4. Złaznistości stanowiące materiał zapasowy 18

- 2.4.1. Granule wielocukrowe 19
- 2.4.2. Polihydroksymaślan i inne polihydroksyalkaniany 19
- 2.4.3. Cyjanoficyna 20
- 2.4.4. Lipidy 20
- 2.4.5. Polifosforany 20
- 2.4.6. Krople siarki 20
- 2.5. Inne struktury występujące w cytoplazmie 21
 - 2.5.1. Magnetosomy 21
 - 2.5.2. Bakteryjne mikroprzedziały 22
 - 2.5.3. Pęcherzyki gazowe 23
 - 2.5.4. Węglany 23
- 2.6. Błona komórkowa prokariotów 24
 - 2.6.1. Budowa błony komórkowej bakterii 25
 - 2.6.2. Błony wewnątrzcytoplazmatyczne bakterii 26
 - 2.6.3. Błona komórkowa archeonów 26
 - 2.6.4. Funkcje błony komórkowej 27
 - 2.6.5. Transport przez błonę komórkową 27
- 2.7. Ściana komórkowa bakterii 30
 - 2.7.1. Budowa peptydoglikanu 30
 - 2.7.2. Biosynteza peptydoglikanu 31
 - 2.7.3. Ściana komórkowa bakterii gramododatnich 33
 - 2.7.4. Ściana komórkowa bakterii gramujemnych 36
 - 2.7.5. Barwienie metodą Grama 38
 - 2.7.6. Ściany komórkowe archeonów 38
- 2.8. Warstwa S archeonów i bakterii 40
- 2.9. Otoczki i pochewki 40
 - 2.9.1. Rola otoczek 41
 - 2.9.2. Pochewki 41
- 2.10. Sekrecja 41
 - 2.10.1. Przenoszenie białek do błony cytoplazmatycznej i przestrzeni peryplazmatycznej 42
 - 2.10.2. Przenoszenie białek przez dwie lub trzy błony 42
- 2.11. Pęcherzyki błonowe i nanorurki 44
 - 2.11.1. Pęcherzyki błonowe 44

- 2.11.2. Nanorurki 45
- 2.12. Fimbrie, pilusy i włókienka amyloidowe 45
- 2.13. Ruch prokariotów 46
 - 2.13.1. Ruch rzęskowy bakterii 47
 - 2.13.2. Inne sposoby poruszania się bakterii 48
 - 2.13.3. Struktury powierzchniowe archeonów 50
- 2.14. Chemotaksja bakterii 51

3. METABOLIZM PROKARIOTÓW

53

Jadwiga Baj

- 3.1. Ogólna charakterystyka metabolizmu 53
 - 3.1.1. Enzymy 54
 - 3.1.2. Wymagania pokarmowe prokariotów 55
 - 3.1.3. Typy pokarmowe prokariotów 56
 - 3.1.4. Sposoby syntezy ATP 57
- 3.2. Pierwiastki biogenne 61
 - 3.2.1. Źródła węgla 61
 - 3.2.2. Azot 66
 - 3.2.3. Siarka 70
 - 3.2.4. Fosfor 72
 - 3.2.5. Żelazo 73
 - 3.2.6. Czynniki wzrostowe 73
- 3.3. Główne szlaki metaboliczne 74
 - 3.3.1. Główne szlaki katabolizmu cukrów 75
 - 3.3.2. Fermentacje, reakcja Sticklanda i szlak deiminazy argininowej 79
 - 3.3.3. β -oksydacja kwasów tłuszczowych 83
 - 3.3.4. Cykl kwasów trikarboksylowych 85
 - 3.3.5. Cykl glioksalowy 86
- 3.4. Metabolizm chemolitotrofów 87
 - 3.4.1. Nitryfikacja i anamoks 88
 - 3.4.2. Utlenianie siarki i jej związków nieorganicznych 92
 - 3.4.3. Metabolizm wodoru 93
 - 3.4.4. Utlenianie tlenu węgla 95
 - 3.4.5. Utlenianie żelaza 95
 - 3.4.6. Utlenianie innych związków nieorganicznych 96
- 3.5. Metabolizm tlenowy i beztlenowy 97
 - 3.5.1. Tlen w metabolizmie prokariotów 97
 - 3.5.2. Oddychanie 97
 - 3.5.3. Oddychanie beztlenowe 98
 - 3.5.4. Międzygatunkowy transfer elektronów i wodoru oraz syntrofia 106
- 3.6. Metabolizm fototrofów 107
 - 3.6.1. Ogólna charakterystyka bakterii fotosyntetyzujących 107
 - 3.6.2. Ogólna charakterystyka fotosyntezy 107
 - 3.6.3. Fotosynteza anoksygenna 110
 - 3.6.4. Fotosynteza oksygenna 113
 - 3.6.5. Inny sposób wykorzystania światła przez prokarioty 116
- 3.7. Asymilacja dwutlenku węgla i związków C1 116
 - 3.7.1. Cykl Calvina 118
 - 3.7.2. Redukcyjny cykl kwasów trikarboksylowych 119
 - 3.7.3. Redukcyjny szlak acetylo-CoA (szlak Wooda-Ljungdahla) 121
 - 3.7.4. Podwójny cykl 3-hydroksypropionianu 122
 - 3.7.5. Asymilacja węgla u metylotrofów 122

4. WZROST I CYKLE ŻYCIOWE PROKARIOTÓW 127

Jadwiga Baj

- 4.1. Wzrost bakterii w hodowlach płynnych 127
 - 4.1.1. Hodowle okresowe 127
 - 4.1.2. Hodowle ciągłe i synchronizowane 128
- 4.2. Wpływ czynników fizyko-chemicznych na wzrost prokariotów 129
 - 4.2.1. Wpływ temperatury 129
 - 4.2.2. Wpływ pH 132
 - 4.2.3. Wpływ ciśnienia osmotycznego (w tym zasolenia) 132
 - 4.2.4. Wpływ ciśnienia hydrostatycznego 133
 - 4.2.5. Wpływ tlenu i jego form reaktywnych 134
 - 4.2.6. Wpływ innych warunków środowiska 135
- 4.3. Wzrost i rozmnażanie prokariotów 136
 - 4.3.1. Cytoszkielek bakterii i jego udział w podziale komórki 136
 - 4.3.2. Elementy cytoszkieletu i podział komórki archeonów 138
- 4.4. Cykle życiowe bakterii 139
 - 4.4.1. *Escherichia coli* 139
 - 4.4.2. *Hyphomicrobium* (Proteobacteria) i *Pirellula* (Planctomycetes) 139
 - 4.4.3. *Caulobacter crescentus* i *Sphaerotilus natans* (Proteobacteria) 140
 - 4.4.4. *Epulopiscium fishelsoni* (Firmicutes) 140
 - 4.4.5. *Bdellovibrio bacteriovorus* (Proteobacteria) 140
 - 4.4.6. *Dermocarpa* (Cyanobacteria) 141
 - 4.4.7. Chlamydie 141
- 4.5. Formy przetrwalnikowe bakterii 141
 - 4.5.1. Endospory (Firmicutes) 141
 - 4.5.2. Spory (konidia) promieniowców (Actinobacteria) 143
 - 4.5.3. Egzospory i cysty (Proteobacteria) 144
 - 4.5.4. Miksospory bakterii śluzowych (Proteobacteria) 145
 - 4.5.5. Akinety sinic nitkowatych (Cyanobacteria) 146

5. UDZIAŁ PROKARIOTÓW

W FUNKCJONOWANIU BIOSFERY

147

Jadwiga Baj

- 5.1. Mikroorganizmy a granice biosfery 147
- 5.2. Podstawowe terminy i pojęcia stosowane w ekologii mikroorganizmów i mikrobiologii środowisk 148
 - 5.2.1. Relacje troficzne w ekosystemach 148
- 5.3. Miejsca występowania prokariotów na Ziemi 149
 - 5.3.1. Gleby 149
 - 5.3.2. Wody 150
 - 5.3.3. Inne środowiska 154
- 5.4. Formy występowania prokariotów w środowisku 156
 - 5.4.1. Konsorcja 156
 - 5.4.2. Maty mikroorganizmów 157
 - 5.4.3. Biofilmy 159
- 5.5. Udział prokariotów w obiegu pierwiastków 160
 - 5.5.1. Udział prokariotów w obiegu węgla 161
 - 5.5.2. Udział prokariotów w obiegu azotu 162
 - 5.5.3. Udział prokariotów w obiegu siarki 163

5.5.4. Udział prokariotów w obiegu żelaza i innych pierwiastków	164
5.6. Oddziaływanie prokariotów z innymi organizmami – symbiozy	165
5.6.1. Protokooperacja	165
5.6.2. Komensalizm	166
5.6.3. Mutualizm	166
5.6.4. Współzawodnictwo i antagonizm	169
5.6.5. Drapieżnictwo i pasożytnictwo	169
5.7. Bakterie oddziałujące z organizmem człowieka	170
5.7.1. Odporność wrodzona i odporność nabyta	170
5.7.2. Mikrobiota człowieka	172
5.7.3. Podstawowe terminy stosowane w mikrobiologii lekarskiej	175
5.7.4. Czynniki wirulencji umożliwiające skuteczne działanie patogenów	176
5.7.5. Toksyny bakteryjne	178
5.7.6. Unikanie mechanizmów obronnych gospodarza przez patogeny	181
5.7.7. Choroby bakteryjne i ich objawy	182
5.7.8. Profilaktyka chorób zakaźnych – szczepienia	183
5.7.9. Leczenie chorób bakteryjnych – chemioterapeutyki	186
5.8. Symbiozy bakterii z roślinami	191
5.8.1. Symbiozy korzystne dla roślin	191
5.8.2. Symbiozy niekorzystne dla roślin	193
6. GENETYKA PROKARIOTÓW	197
<i>Łukasz Dziewit</i>	
6.1. Organizacja genetyczna genomów prokariotycznych	197
6.1.1. Budowa DNA	198
6.1.2. Struktura chromosomów prokariotycznych	199
6.2. Replikacja chromosomowego DNA	200
6.2.1. Mechanizm replikacji chromosomu u bakterii	200
6.2.2. Mechanizm replikacji chromosomu u archeonów	203
6.3. Transkrypcja	204
6.3.1. Geny i operony	204
6.3.2. Rodzaje i funkcje RNA	205
6.3.3. Mechanizm transkrypcji u bakterii	206
6.3.4. Mechanizm transkrypcji u archeonów	208
6.4. Translacja	209
6.4.1. Kod genetyczny	209
6.4.2. Rybosomy – budowa i funkcja	210
6.4.3. Mechanizm translacji u bakterii	210
6.4.4. Mechanizm translacji u archeonów	213
6.4.5. Potranslacyjna obróbka białek	213
6.5. Regulacja ekspresji genów	213
6.5.1. Kontrola pozytywna i negatywna – aktywatory i represory	214
6.5.2. Układy dwuskładnikowe	216
6.5.3. Wyczuwanie liczebności	216
6.5.4. Globalne systemy regulacji ekspresji genów	217
6.5.5. Ryboregulacja	218
6.6. Mutacje i naprawa DNA	219
6.6.1. Typy mutacji i czynniki mutagenne	219
6.6.2. Mechanizmy naprawy uszkodzeń DNA	220
6.6.3. Regulon SOS	222

7. ZMIENNOŚĆ PROKARIOTÓW I HORYZONTALNY TRANSFER GENÓW

225

Dariusz Bartosik

7.1. Czynniki wpływające na zmienność genomów bakteryjnych	225
7.2. Rekombinacja homologiczna i nieuprawniona	226
7.2.1. Rekombinacja homologiczna	226
7.2.2. Rekombinacja zlokalizowana	227
7.2.3. Transpozycja	228
7.3. Ruchome elementy genetyczne bakterii	230
7.4. Plazmidy	230
7.4.1. Ogólna charakterystyka i klasyfikacja plazmidów	231
7.4.2. Wpływ plazmidów na strukturę genomów bakteryjnych	232
7.4.3. Replikacja plazmidów	232
7.4.4. Stabilność plazmidów	235
7.4.5. Transfer koniugacyjny plazmidów	237
7.5. Elementy transpozycyjne	238
7.5.1. Klasyfikacja i struktura genetyczna autonomicznych TE	239
7.5.2. Wpływ transpozonów na strukturę genomów i zmienność bakterii	240
7.5.3. Regulacja częstości transpozycji	241
7.6. Inne grupy ruchomych elementów genetycznych	242
7.6.1. Kaşpozony	242
7.6.2. Elementy integrujące z DNA	242
7.6.3. Mobilne introny i inteiny	244
7.7. Horyzontalny transfer genów	245
7.7.1. Mechanizmy horyzontalnego transferu genów	245
7.7.2. Bariery horyzontalnego transferu genów	249
7.7.3. Ruchome elementy genetyczne i HGT u archeonów	249

8. WIRUSY I INNE NIEKOMÓRKOWE CZYNNIKI INFEKCYJNE

251

Monika Radlińska

8.1. Ogólna charakterystyka wirusów	251
8.1.1. Informacje wstępne	251
8.1.2. Genomy wirusów	252
8.1.3. Struktura cząstek wirusowych (wirionów)	253
8.1.4. Oficjalna klasyfikacja wirusów	256
8.1.5. Klasyfikacja wirusów według Baltimore'a	256
8.1.6. Rozprzestrzenianie się wirusów	259
8.1.7. Zakres gospodarzy i tropizm wirusów	260
8.1.8. Cykl replikacyjny wirusów	261
8.2. Wirusy infekujące bakterie	265
8.2.1. Charakterystyka bakteriofagów i ich cykle infekcyjne	265
8.2.2. „Wyścig zbrojeń” między bakteryjnymi gospodarzami a ich wirusami	273
8.2.3. Archeowirusy	277
8.3. Czynniki subwirusowe	278
8.3.1. Wiroidy	278
8.3.2. Satelity	279
8.3.3. Priony	280
8.4. Znaczenie wirusów	281
8.4.1. Znaczenie ekologiczne wirusów	281

- 8.4.2. Znaczenie ewolucyjne wirusów 281
- 8.4.3. Wirusy jako czynniki chorobotwórcze 282
- 8.4.4. Zastosowanie wirusów 283

9. WYKORZYSTANIE DROBNOUSTROJÓW PROKARIOTYCZNYCH W PRZEMYŚLE I OCHRONIE ŚRODOWISKA 287

Łukasz Drewniak

- 9.1. Przemysłowe zastosowania mikroorganizmów 287
 - 9.1.1. Przemysł farmaceutyczny 288
 - 9.1.2. Przemysł spożywczy 290
 - 9.1.3. Przemysł chemiczny 293
- 9.2. Wykorzystanie drobnoustrojów w rolnictwie 296
 - 9.2.1. Mikrobiologiczne środki ochrony roślin 296
 - 9.2.2. Mikrobiologiczna stymulacja wzrostu i plonowania roślin 297
- 9.3. Zastosowanie mikroorganizmów w ochronie środowiska 298
 - 9.3.1. Bioremediacja 298
 - 9.3.2. Technologie oczyszczania ścieków 308
 - 9.3.3. Zagospodarowanie odpadów organicznych do produkcji biopaliw i bioenergii 311

10. METODY STOSOWANE W MIKROBIOLOGII 317

*Jadwiga Baj (podrozdz. 10.1),
Jadwiga Baj i Bohdan Paterczyk (podrozdz. 10.2)
oraz Łukasz Dziewit (podrozdz. 10.3)*

- 10.1. Metody hodowlane 317
 - 10.1.1. Pożywki mikrobiologiczne 317
 - 10.1.2. Sterylizacja 321
 - 10.1.3. Metody posiewu mikroorganizmów na podłoża i inkubacji hodowli 324

- 10.1.4. Metody izolowania czystych kultur i określania liczebności mikroorganizmów 326
- 10.1.5. Klasyczne metody pracy z bakteriofagami 328
- 10.1.6. Metody przechowywania mikroorganizmów i bakteriofagów 329
- 10.2. Metody mikroskopowe 330
 - 10.2.1. Ogólne wprowadzenie do obrazowania w mikroskopie optycznym 330
 - 10.2.2. Techniki obserwacji stosowane w mikroskopii optycznej 331
 - 10.2.3. Wykorzystanie klasycznej mikroskopii optycznej w mikrobiologii 333
 - 10.2.4. Wykorzystanie mikroskopu epifluorescencyjnego i konfokalnego w badaniach prokariotów 334
 - 10.2.5. Mikroskopia elektronowa – zastosowanie w mikrobiologii 337
- 10.3. Metody molekularne 338
 - 10.3.1. Genomika – metody sekwencjonowania DNA 338
 - 10.3.2. Metagenomika 339
 - 10.3.3. Transkryptomika, proteomika i metabolomika 340

POLECANA LITERATURA I STRONY INTERNETOWE 341

ADDENDUM 1 343

Jadwiga Baj

ADDENDUM 2 347

Jadwiga Baj

SKOROWIDZ 353

Jadwiga Baj