

# 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. Ziarnistości stanowiące materiały zapasowe 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 pochwki 41
  - 2.9.1. Rola otoczek 41
  - 2.9.2. Pochwki 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.  $\beta$ -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. Cytoskielet bakterii i jego udział w podziale komórki 136
  - 4.3.2. Elementy cytoskieletu 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. Mikospory 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. Oddziaływania 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**

*Lukasz Dziewit*

- 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. Kaspozony 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*