

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. Związki 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 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. Endosporry (*Firmicutes*) 141
 - 4.5.2. Spory (konidia) promieniowców (*Actinobacteria*) 143
 - 4.5.3. Egzosporry i cysty (*Proteobacteria*) 144
 - 4.5.4. Mikosporry 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 |
| <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

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

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 bateryjnymi 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 PRZEMYSŁE
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