

SPIS TREŚCI

NAJWAŻNIEJSZE STOSOWANE SKRÓTY XI

1. POZYCJA FILOGENETYCZNA BAKTERII I ZASADY ICH TAKSONOMII 1

Wprowadzenie 1

1.1. Prokarioty i eukarioty 1

1.1.1. Miejsce bakterii we wczesnych systemach
klasyfikacji organizmów 2

1.1.2. Trzy domeny świata żywego i „uniwersalne
drzewo życia”, pozycja filogenetyczna bakterii
według koncepcji Woese’a 2

1.2. Ogólna charakterystyka domen 3

1.2.1. *Bacteria* i *Archaea* – podobieństwa i różnice 4

1.3. Klasyfikacja i nazewnictwo bakterii 6

1.3.1. Koncepcja gatunku u prokariotów 6

1.3.2. Zasady nazewnictwa 8

1.3.3. Najważniejsze typy i klasy taksonomiczne
bakterii 8

1.4. Metody identyfikacji i klasyfikacji bakterii i archeonów 10

1.4.1. Analizy fenotypowe 10

1.4.2. Analizy DNA 11

1.4.3. Analiza porównawcza białek 15

1.5. Bakterie i archeony w dobie metagenomiki 15

1.6. *Bergey's manual of systematic bacteriology* i *The prokaryotes* 16

Literatura uzupełniająca 16

2. BUDOWA I FUNKCJE KOMÓRKI BAKTERYJNEJ 18

Wprowadzenie 18

2.1. Morfologia i cykle życiowe bakterii 18

2.1.1. Kształt bakterii i układy komórek 19

2.1.2. Cykle życiowe bakterii 20

2.2. Barwienie Grama – bakterie gramdodatnie i gramujemne 20

2.3. Cytozol i jego elementy składowe 23

2.3.1. Rybosomy 23

2.3.2. Białka cytoszkieletu 23

2.3.3. Materiały zapasowe 27

2.3.4. Magnetosomy 29

2.3.5. Karboksosomy i enterosomy 30

2.3.6. Przedziały komórkowe u przedstawicieli
Planctomycetes 31

2.3.7. Pęcherzyki gazowe 33

2.3.8. Systemy błon wewnątrzcytoplazmatycznych
u bakterii 33

2.4. Budowa i funkcje osłon bakteryjnych 33

2.4.1. Błona cytoplazmatyczna 33

2.4.2. Udział białek błony cytoplazmatycznej
w procesach energetycznych 35

2.4.3. Procesy transportu przez błonę
cytoplazmatyczną 37

2.4.4. Antybiotyki działające na błonę
cytoplazmatyczną 41

2.4.5. Przestrzeń peryplazmatyczna 42

2.4.6. Mureina ściany komórkowej 46

2.4.7. Polimery związane z mureiną 51

2.4.8. Bakterie pozbawione sakulusa 57

2.4.9. Błona zewnętrzna bakterii gramujemnych 59

2.4.10. Warstwa S 66

2.4.11. Białka amyloidalne 68

2.4.12. Otoczki bakteryjne 68

2.4.13. Biosynteza związków budujących
osłony komórkowe bakterii 72

2.5. Struktury zewnątrzkomórkowe 81

2.5.1. Rzęski i chemotaksja 81

2.5.2. Inne sposoby poruszania się bakterii 86

2.5.3. Fimbrie 88

2.5.4. Celulosomy 90

2.5.5. Pęcherzyki błonowe 90

2.5.6. Fibryle 92

2.5.7. Spinae 92

2.6. Formy przetrwalnikowe bakterii 93

2.6.1. Endospory	93
2.6.2. Inne formy przetrwalnikowe	95
2.7. Wielokomórkowe społeczności bakteryjne	96
2.7.1. Biofilmy	97
2.7.2. Maty mikroorganizmów	100
Literatura uzupełniająca	101
3. METABOLIZM	103
Wprowadzenie	103
3.1. Ogólna charakterystyka metabolizmu	104
3.1.1. Typy pokarmowe	104
3.1.2. Pierwiastki biogenne	105
3.1.3. Azot	106
3.1.4. Siarka	114
3.1.5. Fosfor	116
3.1.6. Czynniki wzrostowe	117
3.2. Metabolizm chemoorganoheterotrofów	117
3.2.1. Rozkład polimerów	117
3.2.2. Wykorzystanie węglowodorów alifatycznych i związków aromatycznych	123
3.2.3. Glikoliza	125
3.2.4. Szlak heksozomonofosforanowy	128
3.2.5. Szlak Entnera–Doudoroffa	128
3.2.6. Cykl kwasu cytrynowego	130
3.2.7. Cykl gliksalowy	132
3.2.8. Fermentacje – fosforylacja substratowa i endogenne akceptory elektronów	133
3.3. Metabolizm chemolitotrofów	139
3.3.1. Nitryfikacja i anamoks	140
3.3.2. Utlenianie związków siarki	145
3.3.3. Metabolizm wodoru	150
3.3.4. Utlenianie tlenu węgla	152
3.3.5. Bakterie utleniające żelazo	153
3.3.6. Wykorzystanie innych związków nieorganicznych w metabolizmie chemolitotroficznym	154
3.4. Metabolizm fototrofów	155
3.4.1. Barwniki uczestniczące w fotosyntezie	156
3.4.2. Bakterie fototroficzne	159
3.4.3. Fotosynteza anoksygenna	159
3.4.4. Fotosynteza oksygenna	165
3.4.5. Inny sposób wykorzystania światła przez bakterie	167
3.5. Metabolizm tlenowy i beztlenowy	168
3.5.1. Metabolizm tlenowy	168
3.5.2. Oddychanie	171
3.5.3. Oddychanie beztlenowe	173
3.5.4. Inne sposoby generowania siły protonomotorycznej	182
3.6. Asymilacja dwutlenku węgla i metabolizm związków C1	183
3.6.1. Cykl Calvina	183
3.6.2. Redukcyjny cykl kwasów trikarboksylowych	186
3.6.3. Redukcyjny szlak acetylo-CoA (szlak Ljungdahla–Wooda)	187
3.6.4. Szlak 3-hydroksypropionowy	189
3.6.5. Metylotrofia – wykorzystanie związków C1	190

3.6.6. Asymilacja węgla u metylotrofów	193
Literatura uzupełniająca	197

4. CHROMOSOM BAKTERYJNY 198

Wprowadzenie	198
4.1. Struktura genomów bakteryjnych	198
4.2. Struktura chromosomu bakteryjnego	201
4.2.1. Podwójna helisa	201
4.2.2. Forma kolistą, kowalencyjnie zamkniętą i formą liniową	202
4.2.3. Superhelisa	203
4.2.4. Pofałdowany chromosom	203
4.2.5. Białka histonopodobne, budowa i funkcja	204
4.3. Replikacja chromosomu	206
4.3.1. Podstawowe reguły replikacji	206
4.3.2. Inicjacja replikacji	208
4.3.3. Elongacja replikacji	211
4.3.4. Terminacja replikacji i segregacja chromosomów	214
4.3.5. Antybiotyki hamujące syntezę DNA	216
4.4. Rekombinacja homologiczna	217
4.4.1. Typy rekombinacji u bakterii i podstawowe warunki wymagane do zajścia rekombinacji homologicznej	217
4.4.2. Modele rekombinacji homologicznej	218
4.4.3. Molekularny mechanizm rekombinacji homologicznej	219
4.4.4. Rola rekombinacji homologicznej w naprawie DNA	222
4.4.5. Związek między rekombinacją homologiczną i replikacją	222
4.5. Zmienność mutacyjna	224
4.5.1. Typy mutacji, kryteria klasyfikacji	224
4.5.2. Mutacje spontaniczne	225
4.5.3. Mutacje indukowane	226
4.5.4. Supresja mutacji	228
4.6. Naprawa uszkodzeń DNA	230
4.6.1. Prosta rewersja błędu	230
4.6.2. Naprawa przez wycinanie	231
4.6.3. Naprawa rekombinacyjna	234
4.6.4. Regulon SOS	235
Literatura uzupełniająca	236

5. EKSPRESJA GENÓW 237

Wprowadzenie	237
5.1. Transkrypcja	237
5.1.1. Transkrypcyjna organizacja bakteryjnego DNA – operony	238
5.1.2. Rodzaje RNA, ich funkcje w komórce	238
5.1.3. Polimeraza RNA	240
5.1.4. Inicjacja transkrypcji i jej regulacja	243
5.1.5. Elongacja transkrypcji i jej regulacja	249
5.1.6. Terminacja transkrypcji i jej regulacja	250
5.1.7. Potranskrypcyjna modyfikacja RNA i jego stabilność	256
5.1.8. Antybiotyki hamujące transkrypcję	257

5.2. Translacja	257
5.2.1. Budowa rybosomów i ich rola w syntezie białek	258
5.2.2. Inicjacja translacji i jej regulacja	259
5.2.3. Elongacja translacji i jej regulacja	260
5.2.4. Terminacja translacji	261
5.2.5. Aminoacylacja tRNA	262
5.2.6. Kod genetyczny	262
5.2.7. Fałdowanie się białek i udział białek opiekuńczych w tym procesie	264
5.2.8. Potranslacyjna obróbka i degradacja białek	266
5.2.9. Antybiotyki hamujące syntezę białek	268
5.3. Globalne systemy regulacji ekspresji genów	269
5.3.1. Regulon cAMP–CRP	270
5.3.2. Regulon azotowy	272
5.3.3. Regulon szoku cieplnego	275
5.3.4. Odpowiedź ścisła	277
5.4. Ryboregulacja	279
5.4.1. Znaczenie ryboregulacji w kontroli ekspresji genów	279
5.4.2. Antysensowny sRNA kodowany w pozycji <i>cis</i>	279
5.4.3. Regulatorowy sRNA kodowany w pozycji <i>trans</i>	281
5.4.4. sRNA wiążący białka i sRNA dwufunkcyjny	281
5.4.5. Rola białka Hfq w ryboregulacji	282
5.4.6. Ryboprzełączniki	282
Literatura uzupełniająca	284

6. RUCHOME ELEMENTY GENETYCZNE BAKTERII I HORYZONTALNY TRANSFER GENÓW 285

Wprowadzenie	285
6.1. Plazmidy bakteryjne	285
6.1.1. Definicja plazmidu	285
6.1.2. Struktura cząsteczki plazmidu	287
6.1.3. Standardowa charakterystyka, klasyfikacja i nazewnictwo plazmidów	289
6.1.4. Replikacja plazmidów	290
6.1.5. Regulacja procesu replikacji	298
6.1.6. Mechanizmy zapobiegające utracie plazmidów przez komórki bakteryjne	301
6.1.7. Molekularne podstawy niezgodności plazmidów i zakresu gospodarzy	304
6.1.8. Funkcje fenotypowe bakterii determinowane przez plazmidy	306
6.2. Elementy transpozycyjne	312
6.2.1. Transpozony I grupy	315
6.2.2. Transpozony II grupy	317
6.2.3. Nieautonomiczne TE i kasety transpozycyjne	319
6.2.4. Bakteriofag Mu	320
6.2.5. Regulacja częstości transpozycji	320
6.2.6. Rodzaje zmian w DNA wywołanych transpozycją	322
6.3. Elementy integrujące z DNA	323

6.3.1. Klasyfikacja i nazewnictwo elementów integrujących z DNA	323
6.3.2. Struktura genetyczna i właściwości Tn916	324
6.3.3. Integrony i kasety genowe	326
6.4. Mobilne introny i inteiny	328
6.4.1. Introny I grupy	328
6.4.2. Introny II grupy	328
6.4.3. Inteiny	330
6.5. Ruchome elementy genetyczne o hybrydowej strukturze	330
6.6. Wyspy genomowe	331
6.7. Rola ruchomych elementów genetycznych w horyzontalnym transferze genów	332
6.8. Mechanizmy horyzontalnego transferu genów	333
6.8.1. Koniugacja	334
6.8.2. Transformacja bakteryjna	346
6.8.3. Transdukcja	349
6.8.4. Inne mechanizmy HGT	352
6.9. Bariery horyzontalnego transferu genów	354
6.9.1. Systemy restrykcji i modyfikacji	354
6.9.2. Systemy CRISPR	355
6.10. Wpływ HGT na zmienność i ewolucję bakterii	357
Literatura uzupełniająca	358

7. BAKTERIOFAGI 359

Wprowadzenie	359
7.1. Taksonomia i nazewnictwo bakteriofagów	359
7.2. Budowa cząstek fagowych	363
7.2.1. Cząstki o strukturze helikalnej	363
7.2.2. Cząstki o strukturze izometrycznej	363
7.2.3. Cząstki o złożonej strukturze wirionu	363
7.3. Organizacja i struktura genomowych kwasów nukleinowych	364
7.3.1. Bakteriofagi typu (+)RNA	365
7.3.2. Bakteriofagi posiadające jako genom dwuniciowy RNA	365
7.3.3. Struktura i organizacja genetyczna genomu bakteriofagów typu DNA	366
7.4. Namnażanie się bakteriofagów	370
7.4.1. Etapy procesu namnażania	370
7.4.2. Adsorpcja i penetracja	370
7.4.3. Losy DNA fagowego w komórce	372
7.5. Ekspresja materiału genetycznego bakteriofagów	374
7.5.1. Ekspresja materiału genetycznego prokariotycznych wirusów typu (+)RNA	374
7.5.2. Ekspresja materiału genetycznego faga dsRNA	375
7.5.3. Regulacja ekspresji genomu bakteriofagów typu DNA	376
7.5.4. Ekspresja genów bakteriofagów zawierających genom w postaci ssDNA	376
7.5.5. Ekspresja genów bakteriofagów zawierających genom w postaci dsDNA	378
7.6. Replikacja genomów bakteriofagów	387
7.6.1. Replikacja genomowego RNA o dodatniej polarności	387

7.6.2. Replikacja DNA bakteriofagów	388
7.6.3. Replikacja DNA fagów posiadających jako genom ssDNA	390
7.6.4. Replikacja DNA fagów posiadających jako genom dsDNA	392
7.7. Składanie i dojrzewanie cząstek bakteriofagów	397
7.7.1. Składanie bakteriofagów o strukturze helikalnej i izometrycznej	397
7.7.2. Składanie bakteriofagów o złożonej strukturze	398
7.8. Uwalnianie cząstek fagowych z komórki	400
7.9. Zastosowanie i rola bakteriofagów	401
7.9.1. Zastosowanie bakteriofagów w technice <i>phage display</i>	401
7.9.2. Zastosowanie bakteriofagów w leczeniu zakażeń bakteryjnych (terapia fagowa)	401
7.9.3. Rola bakteriofagów w patogenności bakterii	402
Literatura uzupełniająca	403

8. MOLEKULARNE PODSTAWY BAKTERYJNEJ PATOGENEZY 404

Wprowadzenie	404
8.1. Choroby infekcyjne	405
8.1.1. Definicje, klasyczne i molekularne postulaty Kocha	405
8.1.2. Zachorowalność, śmiertelność	406
8.2. Zmienność genomów bakterii patogennych	408
8.2.1. Horyzontalny transfer genów	408
8.2.2. Globalne mutatory	409
8.2.3. Rearanżacje genomów	410
8.2.4. Analizy porównawcze genomów; pangenomy bakterii patogennych	410
8.2.5. Analizy porównawcze transkryptomów	415
8.3. Projekt HMP – <i>Human Microbiome Project</i>	416
8.4. Przewycięzanie mechanizmów obronnych organizmu gospodarza	417
8.4.1. Mechanizmy obronne we wrotach zakażenia (skóra i błony śluzowe)	418
8.4.2. Mechanizmy nieswoiste działające na poziomie krwi i tkanek	419
8.4.3. Peptydy antybakteryjne	426
8.4.4. Mechanizmy swoiste	427
8.5. Sekrecja czynników wirulencji	428
8.5.1. Białka powierzchniowe bakterii gramdodatnich	429

8.5.2. Sekrecja czynników wirulencji bakterii gramujemnych	430
8.5.3. Systemy sekrecji typu VII charakterystyczne dla bakterii rodzajów <i>Mycobacterium</i> i <i>Corynebacterium</i>	440
8.5.4. Pęcherzyki błonowe – MV i OMV	440
8.5.5. Niesklasyfikowane systemy sekrecji (ang. <i>non-classically secreted</i>)	441
8.6. Adhezja	441
8.6.1. Mediatory adhezji – fimbrie	442
8.6.2. Adhezyny niefimbrylarne	443
8.6.3. Procesy adhezji w jamie ustnej	444
8.6.4. Skutki procesów adhezji	446
8.7. Patogeny wewnątrzkomórkowe	447
8.7.1. Wykorzystanie białek G (GTPaz)	448
8.7.2. Wpływ wewnątrzkomórkowych patogenów na procesy ubiquitynacji białek gospodarza – rola w patogeniezie	449
8.7.3. Inwazyjność bakterii rodzaju <i>Salmonella</i>	449
8.7.4. Inwazyjność bakterii rodzaju <i>Shigella</i>	453
8.7.5. Oddziaływanie enteropatogennych <i>Escherichia coli</i> z komórkami nabłonkowymi	456
8.8. Modulacja procesów przeżywalności komórek eukariotycznych przez bakterie patogenne	460
8.8.1. <i>Salmonella</i>	461
8.8.2. <i>Helicobacter pylori</i>	463
8.9. Regulacja wytwarzania czynników wirulencji	464
8.9.1. Zmienność antygenowa, zmienność fazowa	464
8.9.2. Regulacja ekspresji genów kodujących czynnik wirulencji przez czynniki środowiska na poziomie transkrypcji	468
8.9.3. Regulacja syntezy czynników wirulencji na poziomie RNA (małe RNA, ryboprzełączniki, antysensowne RNA)	473
8.9.4. Przykłady kaskadowej regulacji ekspresji genów kodujących czynniki wirulencji	474
8.10. Toksyny bakteryjne	477
8.10.1. Egzotoksyny	478
Literatura uzupełniająca	482

SŁOWNICZEK 484

SKOROWIDZ 496