

## 3 Bakteriologia ogólna

F. H. Kayser

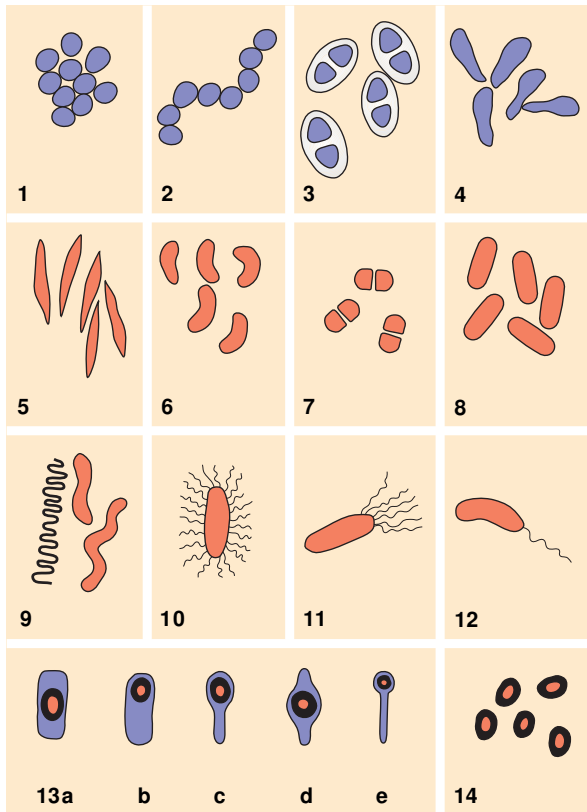
### Morfologia i szczegółowa budowa bakterii

■ Wymiary komórek bakteryjnych wynoszą od 0,3 do 5  $\mu\text{m}$ . Komórki przybierają trzy podstawowe formy: ziarenkowce, proste pałeczki oraz zakrzywione lub spiralne pałeczki. **Nukleoid** stanowi bardzo cienka, długa, kolista cząsteczka DNA zbudowana z dwóch nici, która nie jest otoczona błoną cytoplazmatyczną. Dodatkowymi strukturami genetycznymi są **plazmidy**. W skład **błony cytoplazmatycznej** wchodzi liczne białka: permeazy, enzymy uczestniczące w syntezie ściany komórkowej, białka sensorowe, białka systemu wydzielniczego oraz, u bakterii tlenowych, enzymy łańcucha oddechowego. Błona cytoplazmatyczna jest otoczona **ścianą komórkową**, której najważniejszym składnikiem jest mureinowy szkielet podtrzymujący. Ścianę komórkową bakterii Gram-ujemnych cechuje obecność porowatej błony zewnętrznej, na powierzchni której występuje lipopolisacharyd odpowiedzialny za patogenezę zakażeń powodowanych przez bakterie Gram-ujemne. Z kolei w ścianie komórkowej bakterii Gram-dodatnich brak jest błony zewnętrznej. Warstwa mureinowa tych bakterii jest grubsza i zawiera kwasy teichojowe oraz białka związane ze ścianą komórkową, które uczestniczą w patogenezie zakażeń wywoływanych przez bakterie Gram-dodatnie. Ponadto wiele bakterii posiada **otoczki** zbudowane z polisacharydów, które chronią je przed fagocytozą. Adhezyjne **fimbrie** lub inaczej **pile** ułatwiają adhezję (przyleganie) do komórek gospodarza. Bakterie ruchliwe posiadają **rzęski**. Zakażenia związane z wprowadzeniem ciała obcego [np. cewnikowanie, protezowanie – *przyp. thum.*] są powodowane przez bakterie zdolne do tworzenia **biofilmu** na powierzchniach stałych. Niektóre bakterie wytwarzają **spory (przetrwalniki)** – są to formy spoczynkowe, charakteryzujące się wysokim stopniem oporności na czynniki chemiczne i fizyczne. ■

### Formy bakterii

Bakterie różnią się od innych drobnoustrojów jednokomórkowych zarówno strukturą, jak i wymiarami, które wynoszą od 0,3 do 5  $\mu\text{m}$ . Do ich obserwacji wymagane jest powiększenie 500–1000-krotne – bliskie zdolności rozdzielczej mikroskopu świetlnego. Innym problemem jest słaby wizualny kontrast struktur o wielkości bakterii. Trudności te można wyeliminować przy zastosowaniu technik, które umożliwiają obserwację żywych komórek, np. mikroskopii kontrastowo-fazowej czy mikroskopii ciemnego pola. Zastosowanie znalazły również metody barwienia chemicznego, jednak w tym przypadku bakterie w trakcie wykonywania preparatów ulegają zabiciu.

## Morfologia bakterii



Rycina 3.1.

1. Ziarenkowce Gram-dodatnie w skupiskach przypominających grona (gronkowce, *Staphylococcus*)
2. Ziarenkowce Gram-dodatnie tworzące łańcuchy (paciorkowce, *Streptococcus*)
3. Ziarenkowce Gram-dodatnie z otoczkami (pneumokoki)
4. Łaseczki Gram-dodatnie, maczugowate, pleomorficzne (maczugowce, *Corynebacterium*)
5. Pałeczki Gram-ujemne z ostrymi końcami (wrzecionowce, *Fusobacterium*)
6. Pałeczki Gram-ujemne zakrzywione (na ryc. bakterie w kształcie przecinka z rodzaju *Vibrio*)
7. Dwoinki Gram-ujemne, ściany przylegające są spłaszczone (*Neisseria*)
8. Pałeczki Gram-ujemne proste z zaokrąglonymi końcami (pałeczki okrężnicy, *E. coli*)
9. Pałeczki spiralne (krętki) i pałeczki Gram-ujemne zakrzywione (*Helicobacter*)
10. Urządzenie perytrychalne
11. Urządzenie lofotrychalne
12. Urządzenie monotrychalne
13. Tworzenie się endospor (sporulacja) w komórkach bakterii z rodzaju *Bacillus* i *Clostridium* (spory wybarwione)
  - a. Spora umieszczona centralnie, komórka wegetatywna nie wykazuje pogrubienia
  - b. Spora umieszczona terminalnie, komórka wegetatywna nie wykazuje zgrubienia
  - c. Spora umieszczona terminalnie („rakietka tenisowa”)
  - d. Spora umieszczona centralnie, komórka wegetatywna wykazuje zgrubienie
  - e. Spora umieszczona terminalnie („pałeczka dobosza”)
14. Wolne spory (wybarwione)

**Tabela 3.1.** Charakterystyka morfologiczna bakterii\*

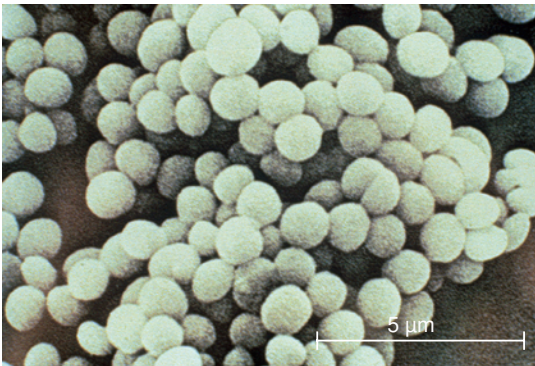
| Forma bakteryjna     | Uwagi  |
|----------------------|--|
| Ziarenkowce          | Występują w skupiskach (ryc. 3.2), łańcuszkach, parach (dwoinki), pakietach                        |
| Proste pałeczki      | Jednolita grubość, zaokrąglone końce (ryc. 3.3), zaostrome końce, formy maczugowate                |
| Zakrzywione pałeczki | Przecinkowate, spiralne (ryc. 3.4), kształtu śrubowatego   |
| Mykoplazmy           | Bakterie pozbawione sztywnej ściany komórkowej; komórki kokoidalne (ziarenkowate), długie nici     |
| Chlamydie            | Dwie formy: kuliste/owalne ciała podstawowe (300 nm); kuliste/owalne ciała siateczkowate (1000 nm) |
| Riketsje             | Krótkie, kokoidalne (ziarenkowate) pałeczki (0,3–1 μm)   |

\*Patrz przykłady na rycinie 3.1.

■ **Barwienie proste** – w metodzie tej stosuje się jeden barwnik (np. błękit metylenowy).  
 ■ **Barwienie różnicujące** – w tych metodach stosuje się dwa barwniki, różniące się powinowactwem wobec różnych bakterii. Najważniejszą z tego rodzaju metod jest barwienie **metodą Grama**: bakterie Gram-dodatnie barwią się na kolor niebieskofioletowy, zaś bakterie Gram-ujemne na czerwony (patrz opis metod, s. 197).

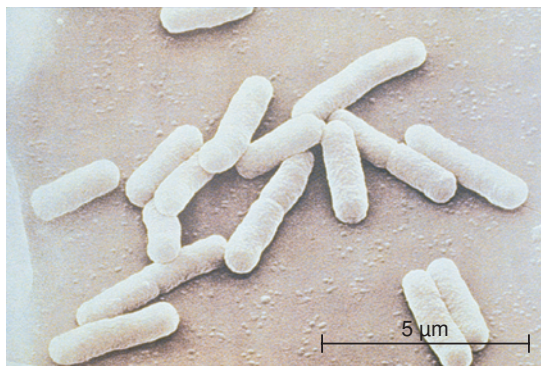
Wśród bakterii można wyróżnić trzy podstawowe formy: bakterie kuliste, proste pałeczki i zakrzywione pałeczki (patrz ryc. 3.1–3.4).

### Ziarenkowce



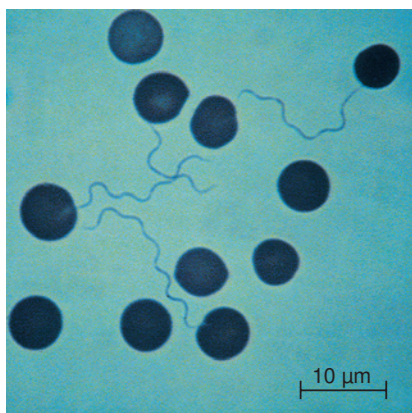
**Rycina 3.2.** Ziarenkowce to bakterie kuliste. Te, które tworzą skupiska przypominające grona, jak pokazano na zdjęciu, są typowe dla gronkowców (skaningowa mikroskopia elektronowa, SME).

## Pałeczki



**Rycina 3.3.** Przedstawione na zdjęciu proste, pałeczkowate bakterie z zaokrąglonymi końcami to pałeczki okrężnicy *E. coli* (SME).

## Krętki



**Rycina 3.4.** Przedstawione na zdjęciu krętki z rodzaju *Borrelia* są bakteriami spiralnymi (mikroskop świetlny; barwienie metodą Giemsy).

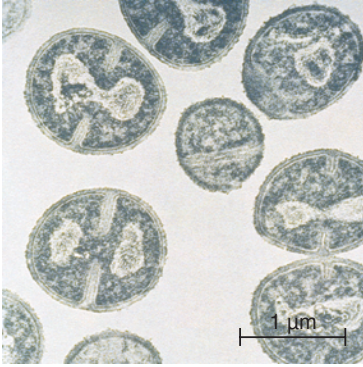
## Szczegółowa budowa bakterii

## Nukleoid (odpowiednik jądra) i plazmidy

„Jądro komórkowe” u *Prokaryota* składa się ze skróconego, dwuniciowego DNA, który nie jest otoczony błoną jądrową, zlokalizowanego w cytoplazmie (ryc. 3.5). U *E. coli* (oraz prawdopodobnie u wszystkich bakterii) DNA ma postać pojedynczej, kolistej cząsteczki. Jej genom składa się z  $4,63 \times 10^6$  par zasad (bp), które kodują 4288 różnych białek. Zsekwencjonowano także genomy wielu innych bakterii.

Plazmidy są dodatkowymi strukturami genetycznymi. Te kolisty, skrócone cząsteczki DNA są, w porównaniu z nukleoidem, 100–1000-krotnie mniejsze oraz wykazują zdolność do autonomicznej replikacji (ryc. 3.6). Plazmidy bakterii chorobotwórczych dla człowieka często zawierają istotne geny determinujące fenotyp komórek (geny oporności, geny wirulencji).

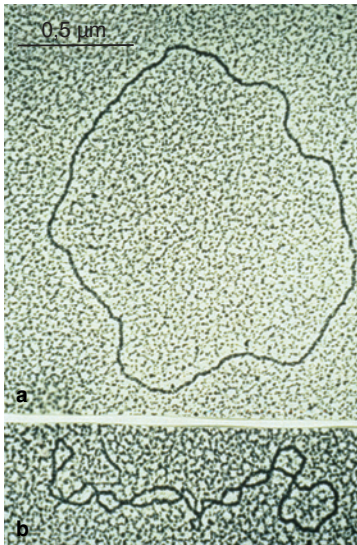
### Bakterie w stadium podziału komórkowego



**Rycina 3.5.** Nukleoid (odpowiednik jądra) bakterii składa się ze zwiniętej, kolistej cząsteczki DNA pozbawionej błony jądrowej. Zdjęcie gronkowców z transmisyjnego mikroskopu elektronowego (TME).

3

### Plazmidy



**Rycina 3.6a.** Otwarta, kolistą formą DNA (OC). Wynik pęknięcia jednej z dwóch nici kwasu nukleinowego.  
**b.** Skręcona (CCC = kolistą, kowalencyjnie zamkniętą) formą natywną (obraz z TME).

### Topologia (budowa przestrzenna) DNA w komórkach bakteryjnych

Podwójna helisa DNA (jeden skręt/10 par zasad) jest dodatkowo skręcona dookoła osi helikalnej (jeden skręt/15 skrętów helikalnych) w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara – to tzw. superzwinięcie jest konieczne do zaoszczędzenia przestrzeni i energii. Tylko superzwinięty DNA może ulegać replikacji i transkrypcji. Procesem superzwijania kierują topoiizomerazy – gyraza DNA i topoiizomeraza IV to topoiizomerazy, które występują tylko u bakterii. Enzymy te ulegają nieodwracalnej inaktywacji pod wpływem chinolonów, ważnej grupy leków przeciwbakteryjnych.