

Ćwiczenie 02a

Komórka Pro- i Eukariota.
 Pochodzenie jądra komórkowego.
 Cykl życiowy komórki: mitoza i mejoza.
 Organizmy modelowe.

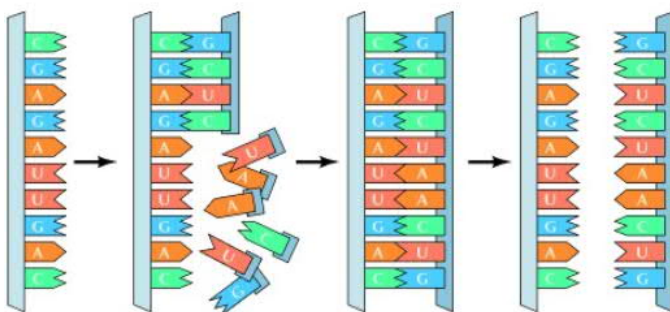
Prof. dr hab. Roman Zieliński

1. Komórka Pro- i Eukariota

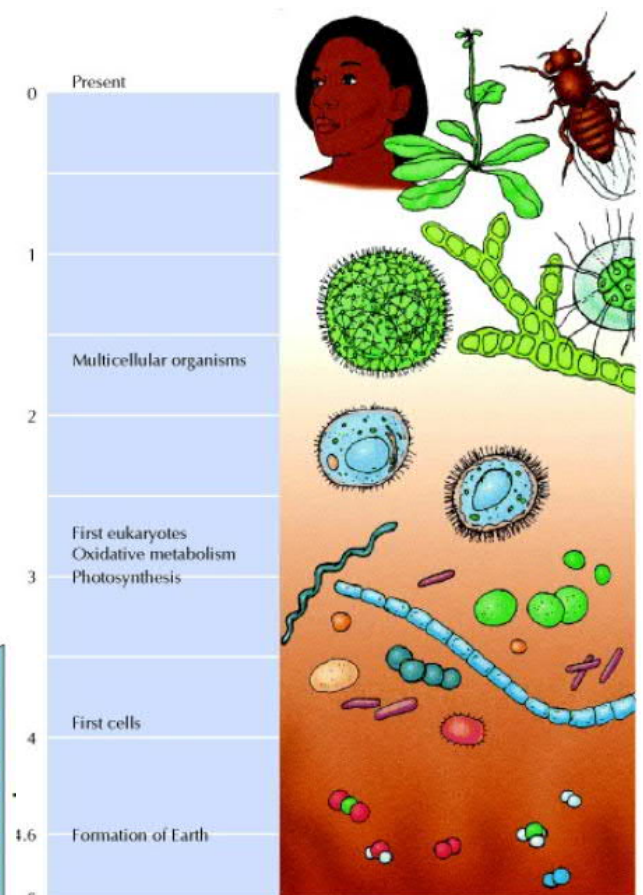
1.1. Powstanie pierwszych komórek

➔ Główna różnica między tymi dwoma typami organizmów dotyczy braku lub obecności jądra komórkowego. Jednakże Pro- i Eukariota reprezentują różny poziom organizacji komórkowej. Struktury wielokomórkowe powstały tylko w obrębie Eukariota.

Pierwsze organizmy powstały około 3,5 miliarda lat temu (Rys. 1) na skutek spontanicznej syntezy materiałów organicznych i ich polimeryzacji. Pierwszym materiałem dziedzicznym był RNA, który może podlegać samoreplikacji (Rys. 2).



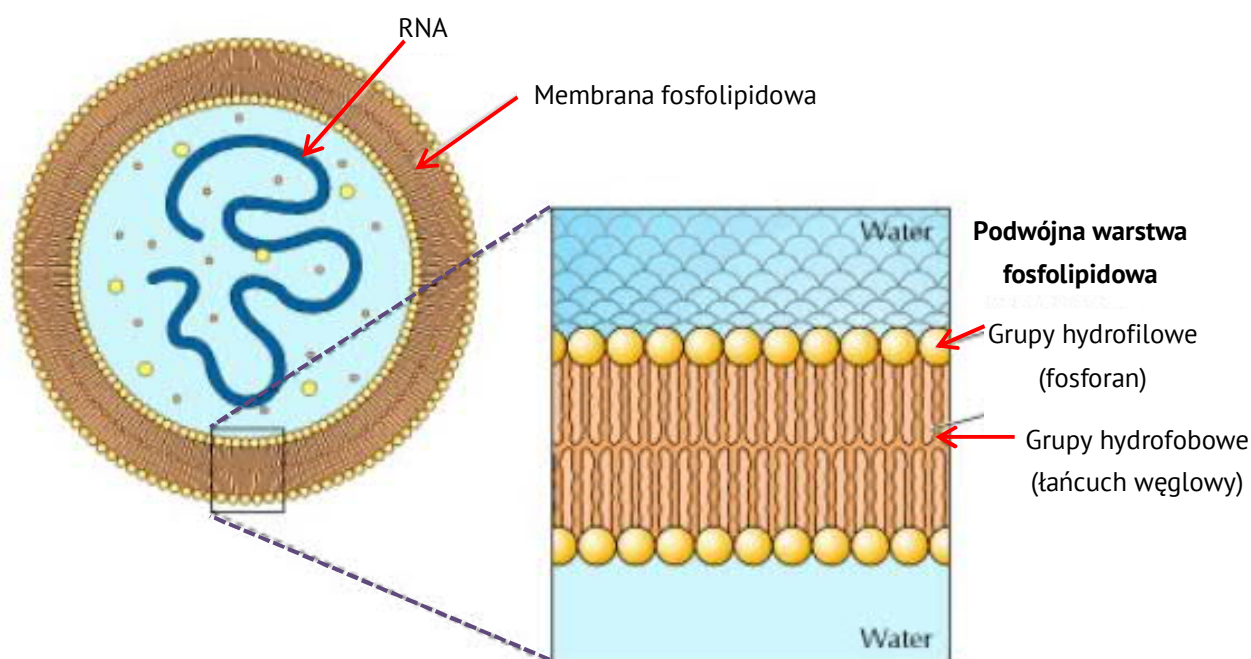
Rys. 2. Uproszczony schemat samoreplikacji RNA.



Rys. 1. Uproszczony schemat powstania życia na Ziemi. Na skali pokazano miliardy lat.

Uważa się, że pierwsze komórki powstały poprzez zamknięcie saomoreplikującego RNA w błonach fosfolipidowych (Rys. 3). Błony fosfolipidowe są składnikiem wszystkich współczesnych komórek, zarówno prokariotycznych jak i eukariotycznych.

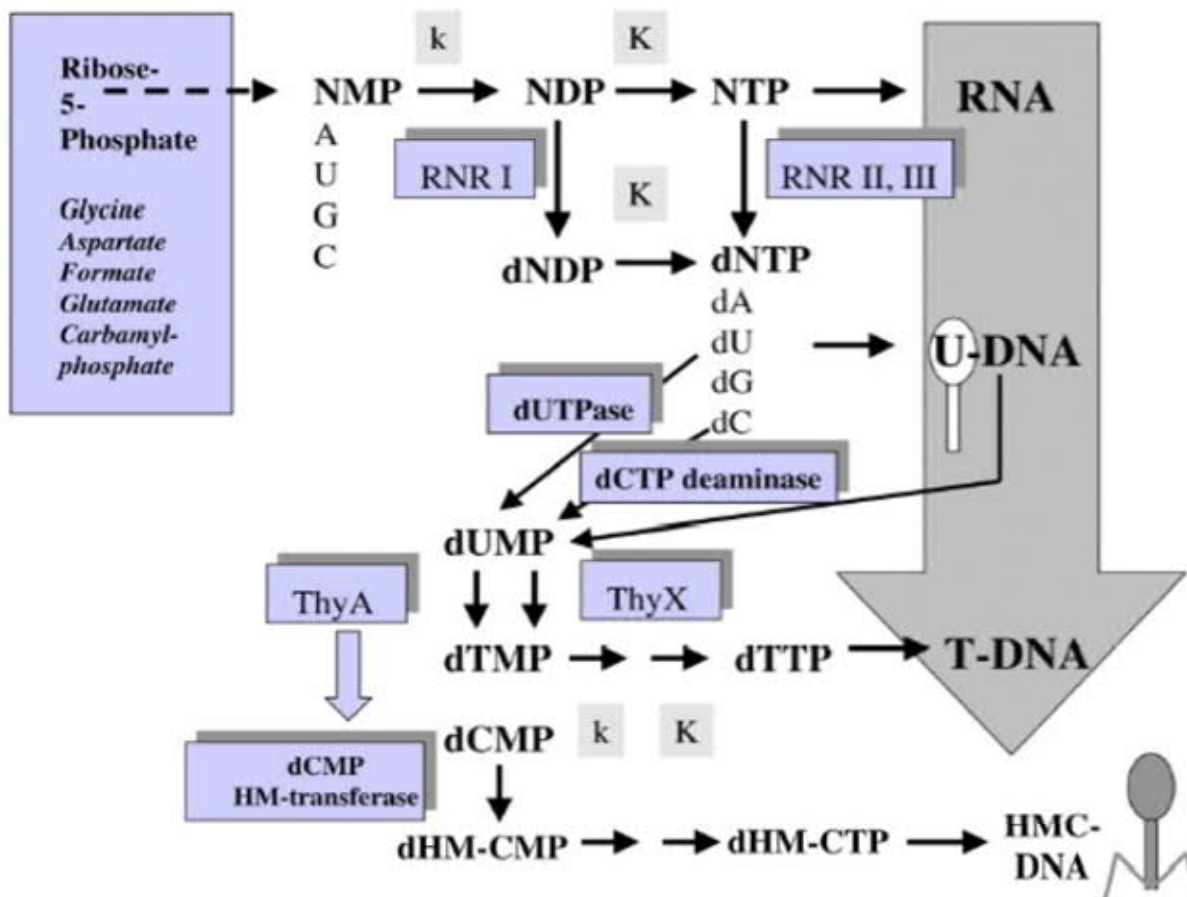
Wszystkie błony fosfolipidowe są bipolarnie (amfipatyczne), co oznacza, że składają się one z elementów rozpuszczalnych w wodzie (hydrofilnych) tj. grup fosforanowych oraz elementów nierozpuszczalnych w wodzie (hydrofobowych) tj. długich łańcuchów węglowych. W wodzie fosfolipidy samorzutnie tworzą podwójne warstwy tworzące stabilną barierę między dwoma roztworami wodnymi.



Rys. 3. Zamykanie samoreplikującego RNA w błonach fosfolipidowych.

Pierwsze komórki były anaerobowe tzn. pozyskiwały energię z rozkładu cząstek organicznych bez obecności tlenu. Fotosynteza i oddychanie tlenowe pojawiły się później. Oddychanie tlenowe jest konsekwencją fotosyntezy, w wyniku której CO_2 jest przekształcane w związki organiczne. Produktem ubocznym tego procesu jest tlen. Wzrost zawartości tlenu w atmosferze ziemskiej przyczynił się do rozwoju fosforylacji oksydacyjnej.

Istotnym etapem w ewolucji komórki było zastąpienie RNA przez DNA. DNA może być uważane za „zmodyfikowaną formę RNA” poprzez redukcję (pozbawienie tlenu) „normalnej” rybozy do deoksyrybozy oraz zmetylowanie uracylu do tyminy. W komórkach współczesnych DNA powstaje z prekursorów RNA, poprzez redukcję dwu- oraz trójfosforanów rybonukleotydów za pomocą reduktazy rybonukleotydowej (Rys. 4). Synteza DNA z rybonukleotydów we współczesnej komórce jest głównym argumentem za pierwotnym charakterem RNA. Dwu- i trójfosforany rybonukleotydy (NDP i NTP) powstają z monofosforanów rybonukleotydów przez fosforylację za pomocą kinazy. Natomiast dTMP powstaje przez metylację dUMP. Reakcja ta wskazuje, że U-DNA (zawierające uracyl) było pośrednią formą między RNA i T-DNA (DNA z tyminą). Niektóre współczesne wirusy zawierają U-DNA.



Rys. 4. Szlak syntezy deoksyrybonukleotydów. Dwu- i trójfosforany rybonukleotydów (NDP i NTP) powstają w wyniku fosforylacji za pomocą kinazy (k i K). NTP są materiałem budulcowym RNA. Jednocześnie są prekursorami deoksyrybonukleotydów. Dwu- i trójfosforany deoksyrybonukleotydów powstają w wyniku odłączenia (redukcji) tlenu z rybozy w pozycji 2'. Reakcja jest katalizowana przez reduktazę rybonukleotydową (RNR). W ten sposób powstają dNTP: dATP, dCTP, dGTP oraz dUTP. dTMP (monofosforan deoksytymidylowy) powstaje z dUMP przy pomocy syntetazy tymidylowej, która przyłącza grupę metylową. Następnie dTMP jest konwertowany do dTTP za pomocą kinaz. Samo dUMP może powstać w wyniku spontanicznej deaminacji cytozyny.

1.2. Prokariota

Prokariota dzielą się obecnie na dwie grupy: Archaea (Archeony, archebakterie) oraz Eubacteriae (bakterie właściwe).

1.2.1. Na podstawie źródeł internetowych proszę scharakteryzować:



A. Archaea:

- ▶ Proszę podać główne cechy tej grupy. Jaki jest związek Archaea z Eukariota? (1 punkt)
- ▶ Proszę podać trzy gatunki należące do Archaea i krótko je opisać. (1 punkt)

B. Eubacteriae:

- ▶ Proszę podać główne cechy tej grupy. Jaki jest związek Eubacteriae z Eukariota? (1 punkt)
- ▶ Proszę podać trzy gatunki należące do Eubacteriae i krótko je opisać (1 punkt).

Czas wykonanie: 20 minut

1.3. Eukariota

Eukariota obejmują cztery królestwa:

- Protista: polifiletyczna grupa jednokomórkowych organizmów, mogą tworzyć kolonie, ale nie tworzą tkanek i narządów.
- Rośliny (Plantae): w większości organizmy wielokomórkowe mające zdolność do fotosyntezy, posiadają ścianę komórkową.
- Grzyby (Fungi): zróżnicowana grupa pod względem cykli życiowych, morfologii (jedni i wielokomórkowe). Są heterotroficzne, komórki posiadają ścianę komórkową.
- Zwierzęta (Animalia, Metazoa): organizmy wielokomórkowe, heterotroficzne. Komórki nie mają ściany komórkowej.

Eukariota charakteryzują się wieloma cechami odróżniającymi ich od Prokariota, w tym systemem wewnętrznym błon komórkowych, unikalne szlaki biochemiczne, białka cytoszkieletu, system transkrypcji oraz budowa jądra.

2. Cykl życiowy komórki: mitoza i mejoza

2.1. Cykl życiowy komórki



Cykl życiowy komórki to seria zdarzeń prowadząca do podziału komórki. Fazy cyklu:

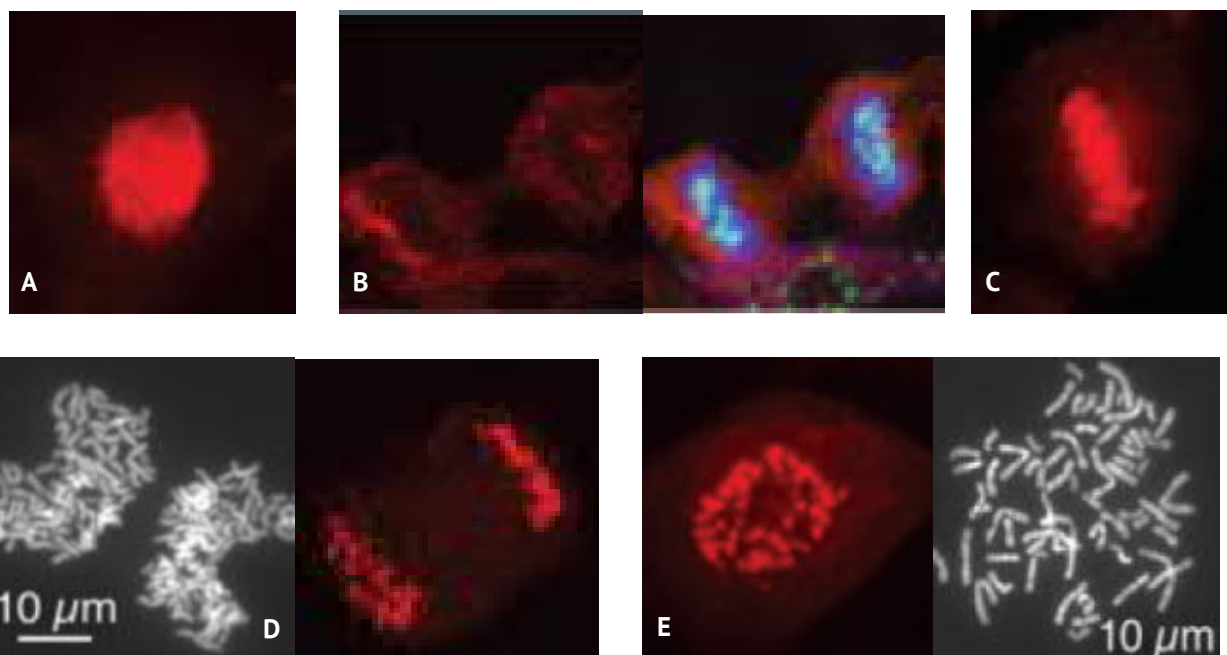
- Interfaza
 - ▶ G1: przygotowanie do podziału; w punkcie restrykcyjnym komórka przechodzi do fazy S lub G0.
Faza G0 jest postrzegana jako wydłużona faza G1, w której komórka się nie dzieli i nie przygotowuje do podziału, lub faza cicha występująca poza cyklem komórkowym.
 - ▶ S: faza syntezy, zachodzi replikacja, zawartość DNA wzrasta z poziomu 2C do 4C;
 - ▶ G2: zmiany metaboliczne przygotowujące substancje potrzebne do mitozy i cytokinezy.
- M: faza podziału.

2.2. Mitoza

Mitoza zachodzi w komórkach somatycznych. Prowadzi do powstania takich samych komórek potomnych pod względem liczby chromosomów oraz genotypu.



2.2.1. Na podstawie materiałów wykładowych proszę zidentyfikować fazy mitozy u człowieka na poniższych zdjęciach. Proszę opisać, na czym polega zidentyfikowana faza i jaki jest poziom DNA w danej fazie (**1 punkt**).



Rys. 5. Mitoza u człowieka

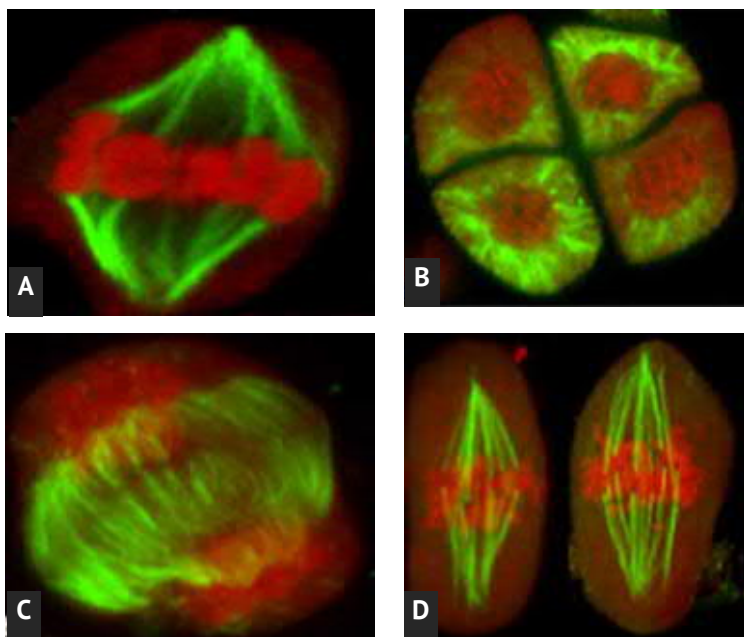
Czas wykonania: 15 minut

2.3. Mejoza

Mejoza jest związana z rozmnażaniem płciowym. Zachodzi w komórkach generatywnych. Prowadzi do redukcji liczby chromosomów. Komórki potomne różnią się genetycznie między sobą oraz od komórki wyjściowej. Mejoza pojawiła się na wczesnym etapie ewolucji Eukariota prawdopodobnie jako odpowiedź na stres. Wszystkie Eukariota zawierają zestaw genów związanych z mejozą, co wskazuje, że proces ten powstał tylko raz przed radiacją Eukariota od wspólnego przodka. Pierwsze komórki diploidalne mogły powstać jako efekt przypadkowej endoreplikacji (podział chromosomów bez podziału jądra). Następnie pojawił się cykl życiowy, który przelączał się między różnymi poziomami ploidalności. U niektórych współczesnych grzybów, komórki diploidalne tracą chromosomy poprzez serię pośrednich aneuploidii.



2.3.1. Na podstawie materiałów wykładowych proszę zidentyfikować fazy mejozy przedstawione na fotografiach. Proszę opisać, na czym polega zidentyfikowana faza i jaki jest poziom DNA w danej fazie (**1 punkt**).



Rys. 6. Mejoza

Czas wykonania: 15 minut

3. Organizmy modelowe

Organizmy modelowe charakteryzują się cechami, które ułatwiają analizę procesów molekularnych i genetycznych. Uzyskane wyniki mogą być odnoszone do człowieka, a także innych organizmów, których badania stwarzają problemy techniczne np., długi cykl rozwojowy, mała dostępność materiału lub/i etyczne.

3.1. Organizmy modelowe w NCBI



Proszę wejść na stronę:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi>

Proszę ze strony odczytać następujące informacje:

- Liczbę gatunków, które najczęściej wykorzystuje się w badaniach
- Który z wymienionych gatunków nie jest gatunkiem modelowym
- Ile gatunków ssaków znajduje się na liście.
- Który z wymienionych na liście gatunków ma zastosowanie w piekarnictwie oraz winiarstwie i browarnictwie?

Odpowiedzi

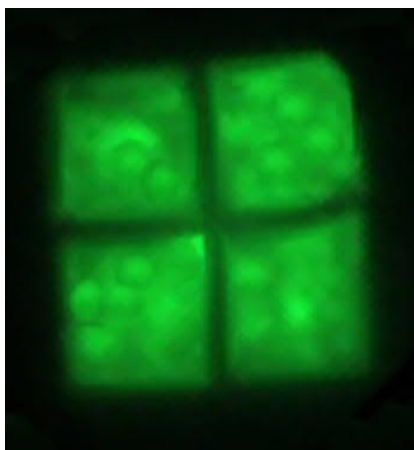
1. Struktury komórkowe

1.2. Prokariota

1.2.1. Na podstawie źródeł internetowych proszę scharakteryzować:

A. Archaea: proszę podać główne cechy tej grupy, podać trzy gatunki należące do Archaea. Jaki jest związek Archaea z Eukariota?

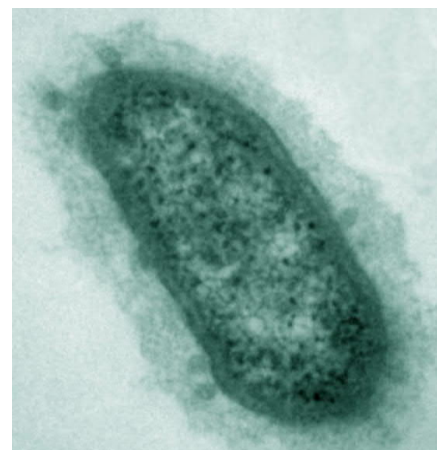
- Jednokomórkowe organizmy pozbawione jądra.
- Wykorzystują różnorodne źródła energii, niektóre korzystają z energii słonecznej, inne mogą wiązać węgiel. Nie są znane bakterie, które jednocześnie wykorzystują energię słoneczną i wiążą węgiel.
- Stanowią element mikrobiomu wszystkich organizmów żywych, w tym człowieka. Formy pasożytnicze lub patogenne nie są znane.
- Występują we wszystkich środowiskach. Pierwsze formy wykryto w środowiskach ekstremalnych.
- Dzielią się przez podział.
- **Związek z Eukariota: posiadają geny i szlaki metaboliczne, w tym enzymy zaangażowane w transkrypcję i translację, które są podobne do tych w komórkach Eukariota.**



Rys. 1.2a *Haloquadratum walsbyi*. Charakteryzuje się kwadratowym kształtem komórek. Jest halofitem.



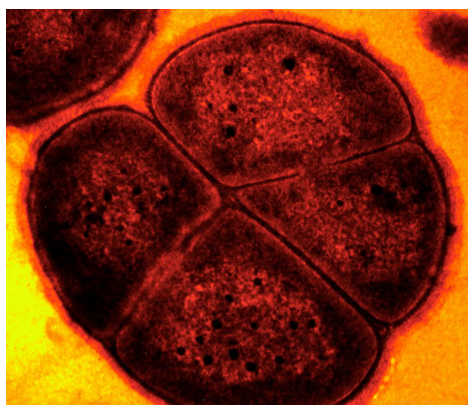
Rys. 1.2b *Sulfolobus*. Rodzaj występujący w gorących źródłach Yellowstone, toleruje do 92oC oraz pH od 0,9 do 9,8 (Fot. Justyna Olszewska).



Rys. 1.2c *Methanobrevibacter smithii*. Występuje w przewodzie pokarmowym człowieka, wspomaga trawienie polisacharydów. Częściej występuje u osób szczupłych.

B. Eubacteriae: proszę podać główne cechy tej grupy, podać trzy gatunki należące do Archaea. Jaki jest związek Eubacteriae z Eukariota? (2 punkty)

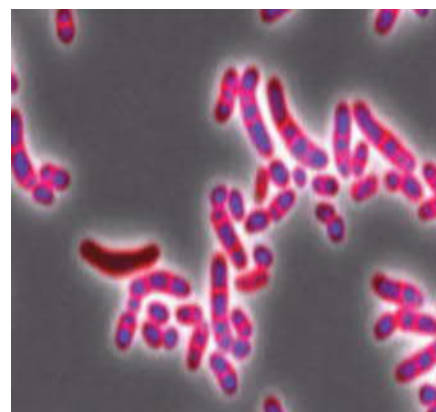
- Jednokomórkowe organizmy stanowiące osobną domenę. Pozbawione jądra.
- Występują we wszystkich środowiskach, w tym w przewodzie pokarmowym człowieka, na skórze, wiele form jest pasożytniczych.
- Wykazują duże zróżnicowanie pod względem kształtu i rozmiarów.
- Mogą tworzyć kolonie lub agregaty, przyczepiają się do powierzchni tworząc film.
- Bakterie posiadają ścianę komórkową, która zbudowana jest z peptydoglikanów (łańcuchy polisacharydowe). Niektóre antybiotyki blokują syntezę peptydoglikanów, co prowadzi do zniszczenia komórki.
- Wyróżnia się bakterie Gram-pozytywne z grubą ścianą i Gram-negatywne z cienką ścianą. Nazwa wywodzi się od barwienia bakterii barwnikiem Grama.
- Dzielą się przez podział.
- **Związek z Eukariota: dały początek chloroplastom i mitochondriom.**



Rys. 1.2d *Deinococcus radiodurans*. Ekstremofil, jedna z najbardziej odpornych na promieniowanie bakterii, wytrzymuje do 500 tys. radów. Ponadto odporna na zimno, odwodnienie, ciśnienie, niskie pH.



Rys. 1.2e *Neisseria meningitidis*. Dwójka zapalenia opon mózgowo-rdzeniowych. Wielocukrowa otoczka chroni ją przed fagocytozą. Są zdolne do adhezji do komórek nabłonkowych śluzówki jamy nosowej.



Rys. 1.2f *Corynebacterium glutamicum*. Wykorzystywana do przemysłowej produkcji aminokwasów, ponadto może być wykorzystana w procesach fermentacyjnych, produkcji witamin oraz w przemyśle kosmetycznym.

2. Cykl życiowy komórki

2.2. Mitoza

2.2.1. Na podstawie materiałów wykładowych proszę zidentyfikować fazy mitozy u człowieka na poniższych zdjęciach. Proszę opisać, na czym polega zidentyfikowana faza i jaki jest poziom DNA w danej fazie (**1 punkt/faza**).

A. Interfaza

- ▶ Składa się z G1, S, G2. Komórka przygotowuje się do podziału.
- ▶ Poziom DNA:
 - G1: 2C
 - S: po zakończeniu 4C
 - G2: 4C

B. Telofaza

- ▶ Odtwarzana jest błona jądrowa, uwidacznia się jąderko, chromosomy się despiralizują, zachodzi cytokineza.
- ▶ Poziom DNA: 2C

C. Metafaza

- ▶ Chromosomy występują w postaci najbardziej skondensowanej, podzielone są na dwie chromatydy, które połączone są centromerem. Każda chromatyda odpowiada jednej cząsteczce DNA zatem chromosomy metafazowe składają się z dwóch cząsteczek DNA. Chromosomy ustawiają się w płaszczyźnie równikowej komórki tak, że chromatydy skierowane są do biegunów, na równiku znajdują się centromery. Odbywa się synteza DNA centromerowego.
- ▶ Poziom DNA: 4C

D. Anafaza

- ▶ Chromatydy siostrzane przemieszczają się do przeciwległych biegunów. Rozdzielenie chromatyd jest wynikiem syntezy DNA centromerowego, degradacji kohezyn utrzymujących chromatydy za pomocą peptydazy (separaza), skracania się mikrotubuli.
- ▶ Poziom DNA: 4C (cały czas jest to jedna komórka, mimo, iż chromatydy są na przeciwległych biegunach).

E. Profaza

- ▶ Chromosomy stają się widoczne na skutek procesów kondensacyjnych przy pomocy kondensyny. Wrzeciono podziałowe rozpoczyna się formować.
- ▶ Poziom DNA: 4C

2.3. Mejoza

2.3.1. Na podstawie materiałów wykładowych proszę zidentyfikować fazy mejozy przedstawione na fotografiach. Proszę opisać, na czym polega zidentyfikowana faza i jaki jest poziom DNA w danej fazie (**1 punkt**).

A. Metafaza I

▶ Bivalenty (pary chromosomów homologicznych) ustawiają się w płaszczyźnie równikowej w ten sposób, że ramiona chromosomów są skierowane do równika, centromery znajdują się naprzeciw siebie. Parują również chromosomy płci (np. X i Y).

▶ Poziom DNA: 4C

B. Telofaza II

▶ Powstają jądra potomne, dochodzi do cytokinezy. Telofazę II rozpoznaje się po czterech połączonych komórkach potomnych. U ssaków faza ta różni się u samców i u samic, U samców powstają cztery komórki potomne z każdego spermatogonium. U samic cytokineza jest asymetryczna, w komórce jajowej gromadzone jest większość cytoplazmy, pozostałe trzy haploidalne komórki tworzą ciała polarne z niewielką ilością cytoplazmy.

▶ Poziom DNA: 1C

C. Telofaza/anafaza I

▶ Chromosomy homologiczne znajdują się na przeciwległych biegunach. W anafazie dochodzi do redukcji liczby chromosomów o połowę. Telofaza jest krótka, najczęściej nie zachodzi cytokineza.

▶ Poziom DNA: 2C

D. Metafaza II

▶ Chromosomy ustawiają się w płaszczyźnie równikowej, podobnie jak w mitozie, chromatydy skierowane na zewnątrz, w kierunku biegunów, centromer leży w płaszczyźnie równikowej.

▶ Poziom DNA: 2C

3. Organizmy modelowe

3.1. Organizmy modelowe w bazie NCBI

- Proszę wejść na stronę:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi>
- Proszę ze strony odczytać następujące informacje:

- Liczbę gatunków, które najczęściej wykorzystuje się w badaniach (21)
- Który z wymienionych gatunków nie jest gatunkiem modelowym? (*Homo sapiens*)
- Ile gatunków ssaków znajduje się na liście. (4)
- Który z wymienionych na liście gatunków ma zastosowanie w piekarnictwie oraz winiarstwie i browarnictwie? (*Saccharomyces cerevisiae*)

The "Token set" option returns longer names that include the search terms, e.g., hybrid taxa. See what happens if you query "Bos taurus" using the "Complete match" option. The "Phonetic search" option can be used when you are not sure about the exact spelling of a organism name. It tries to find the phonetically closest string example).

This is the top level of the taxonomy database maintained by NCBI/GenBank. You can explore any of the taxa listed below by clicking it.

- [Archaea](#)
- [Bacteria](#)
- [Eukaryota](#)
- [Viruses](#)
- [Other](#)
- [Unclassified](#)

These are direct links to some of the organisms commonly used in molecular research projects:

Arabidopsis thaliana	Escherichia coli	Pneumocystis carinii
Bos taurus	Hepatitis C virus	Rattus norvegicus
Caenorhabditis elegans	Homo sapiens	Saccharomyces cerevisiae
Chlamydomonas reinhardtii	Mus musculus	Schizosaccharomyces pombe
Danio rerio (zebrafish)	Mycoplasma pneumoniae	Takifugu rubripes
Dictyostelium discoideum	Oryza sativa	Xenopus laevis
Drosophila melanogaster	Plasmodium falciparum	Zea mays