

Mikrobiologia

Jakub J. Guzek

27 października 2019

Prowadzący: prof. dr hab. Stanisław Błażej

Literatura:

1. *Mikrobiologia ogólna*, H. C. Schlöger
2. *Bakterie w biologii, biotechnologii i medycynie*
3. *Chemia życia*
4. *Biotechnologia. Podstawy mikrobiologiczne i chemiczne*

Mikrobiologia jest to nauka o organizmach niewidocznych gołym okiem, a widocznych po mikroskopem, czyli o szeroko rozumianych drobnoustrojach.

Mikroorganizmy zajmują szerokie spektrum wielkości, na przykład *Thiomargarita namibiensis* – największy odnotowany organizm prokariotyczny osiąga wielkość nawet do około $800\mu m$. Z kolei najmniejsze bakterie i formy karłowate bakterii osiągają wielkość poniżej $1\mu m$ (do 200-300nm). Ponadto jeżeli założylibyśmy przynależność wirusów do świata ożywionego to można uznać, że najmniejsze istoty żywe mogą mieć nawet do 10nm wielkości.

Mikrobiologia jest istotna w dziedzinach nauki takich jak:

- farmacja
 - synteza witamin, prowitamin i innych substancji farmakologicznych
 - Produkcja antybiotyków
 - Produkcja preparatów białkowo-mineralnych (biopleksy¹) i białkowe (skład białkowy drobnoustrojów jest lepszy niż materiału roślinnego ale gorzej niż zwierzęcego)
- biotechnologia
 - zastosowanie mikroorganizmów w procesach produkcyjnych
 - zastosowanie mikroorganizmów jako wektorów w inżynierii genetycznej
- produkcja żywności
 - winiarstwo, gorzelnictwo piekarstwo
 - branża mleczarska i mięsna
 - utylizacja odpadów produkowanych przez rolnictwo (np. niektóre bakterie mają zdolność do rozkładu glicerolu, który jest odpadem produkcji bio-diesla)

Szacuje się, że drobnoustroje powstały w czasach geologicznej epoki Archaiku. Bakterie, które powstały w tamtej epoce nazywano archebakteriami, obecnie nazwą tą określa się bakterie środowisk ekstremalnych. Archebakterie są bliżej spokrewnione z eukariotami i człowiekiem niż „zwykłe” bakterie. Są one ciekawe pod wieloma względami – m. in. wytwarzają one niezwykle trwałe termicznie enzymy.

Podział mikrobiologii

¹substancje białkowe ze związkami mineralnymi cechujące się lepszą przyswajalnością od zwykłych związków mineralnych, co wynika z faktu, że są one mniej polarne niż wspomniane substancje mineralne (oraz mniej zasocjowane z wodą) i w efekcie lepiej przenikają przez błony komórkowe

- Mikrobiologia ogólna – morfologia, fizjologia, genetyka i ekologia drobnoustrojów
- Mikrobiologia szczegółowa – nauki o poszczególnych grupach drobnoustrojów
 - Bakteriologia – nauka o bakteriach
 - Mykologia – nauka o grzybach (pleśnie, drożdże)
 - Protozoologia – nauka o pierwotniakach
 - Algologia – nauka o algach
 - Wirusologia – nauka o wirusach
 - Immunologia – nauka o odporności

Należy przy tych podziałach pamiętać jednak o tym, że wszelkie podziały w naukach przyrodniczych są zwykle uproszczone i bardzo płynne.

Ze względu na środowisko występowania drobnoustrojów mikrobiologię można podzielić na:

- mikrobiologię gleby
- mikrobiologię wody
- mikrobiologię sanitarną
- mikrobiologię lekarską i weterynaryjną
- mikrobiologię żywności
- mikrobiologię techniczną (która jest integralną częścią biotechnologii)

Podział ten jest w dużej mierze arbitralny i dziedziny te mocno na siebie nawzajem nachodzą.

W biotechnologii mikroorganizmy wykorzystuje się do syntezy wielu związków organicznych takich jak: lipidy, kwasy tłuszczowe, białka, antybiotyki i witaminy oraz wielocukry (takie jest dekstryny lub bakteryjna celuloza, która w przeciwieństwie do roślinnej jest znacznie czystsza – nie zawiera ligniny i hemiceluloz).

Mikrobiologię pod względem historycznym można podzielić na dwa okresy

- okres przed-Pasteurowski
- okres po-Pasteurowski

Pierwsze opisy drobnoustrojów w dzisiejszym rozumieniu pojawiły się w XVI, XVII i XVIII w.

[uzupełnić o dane historyczne] – ..., Otto Miller, Christian Erenberg,

- **Antoni von Leeuwenhoek** – jako pierwszy skonstruował prymitywny mikroskop z łożony z dwóch soczewek osiągający powiększenie około 200-300x. Wykonywał rysunki bakterii obserwowanych pod mikroskopem. W owym czasie nikt się nimi nie interesował, powrócono do nich dopiero w czasach Pasteura.
- **Robert Hook** – obserwując kawałki tkanek roślinnych, zaobserwował struktury zwane *komórkami*.
- **Matthias Schleiden i Theodor Schwann** – potwierdzili teorię komórkową zaproponowaną przez Hooka,
- **Ludwik Pasteur** – z wykształcenia chemik. Jako pierwszy wykazał, że procesy fermentacyjne są efektem aktywności metabolicznej drobnoustrojów.

Dokonania Pasteura

- Proces pasteryzacji – obróbka termiczna w temperaturze 60-100°C
- Wykazał że choroby zakaźne zwierząt i ludzi są wywoływane przez drobnoustroje
- Wprowadził pierwsze metody szczepień – opracował m. in. szczepionkę przeciw wściekliznie (izolowaną z mózgów wściekłych królików)
- Jako pierwszy wyizolował czyste kultury drobnoustrojów. Opracował bulion, który do dzisiejszych czasów jest jedną z podstawowych pożywek w laboratoriach mikrobiologicznych (kiedyś bulion robiło się np. z gotowanego mięsa końskiego, gdyż ma ono w sobie niewiele tłuszczu)

- Opracował szczepionkę przeciwko cholerze i węglikowi. Bakterie węglika są to bakterie przetrwalnikujące, które atakują bydło i człowieka. Pasteura zastanawiało, czemu nie atakują kur. Badając to doszedł do wniosku, że drobnoustroje mają specyficzną dla siebie optymalną temperaturę w której żyją (temperatura ciała kur jest wyższa niż bydła i ludzi)
- Jako pierwszy opisał wiele bakterii, z którymi miał okazję zetknąć się wśród rannych w czasie wojny francusko-pruskiej
- Jako pierwszy zaczął stosować jałowe opatrunki, co znacznie zmniejszało liczbę zgonów po operacjach.
- Założył instytut Pasteura, w którym zgromadził wielu uczonych

Uczni pracujący w Instytucie Pasteura

- Pierre Reux – wyodrębnił toksynę błoniczą, badał filtry porcelanowe oraz kiłę
 - Alexandre Yersin – Odkrył czynnik etiologiczny dżumy i opracował metodę leczenia jej za pomocą swoistej surowicy. Pracował wraz z Reux nad wyodrębnieniem toksyny błoniczej
 - Albert Calmette – opracował szczepionkę przeciw gruźlicy
 - Charles Chamberland – Opracował filtr zwany dzisiaj filtrem Chamberlanda oraz rozpoczął projekt, którego owocem było stworzenie autoklawu.
 - Ilja Miecznikow – Twórca immunologii fagocytarnej. Wykazał, że niektóre rodzaje białych krwinek mają zdolność "pożerania bakterii" na drodze fagocytozy
- **Robert Koch** – twórca nowoczesnej techniki mikrobiologicznej, która w dużej mierze obowiązuje do dzisiaj w laboratoriach mikrobiologicznych. Wprowadził agar jako czynnik zestalający (używany do dzisiaj), który umożliwia uzyskanie pożywki stałej. Wykrył czynnik etiologiczny gruźlicy, czyli prątki Kocha (*Mycobacterium tuberculosis*). Zgromadził wokół siebie wielu współczesnych sobie uczonych
 - **Jospeh Lister** – potwierdził teorię przenoszenia chorób przez drobnoustroje. Odkrył bakterię *Listeria monocytogenes*, która stanowi śmiertelne zagrożenie dla człowieka.
 - **Dmitri Ivanowski** – jako pierwszy odkrył wirus mozaiki tytoniu.
 - **Leeffoe i Frosch** – odkrycie bakteriofagów
 - **Aleksander Fleming** – odkrycie penicyliny

Udział Polaków w rozwoju mikrobiologii:

- **Leon Cieńkowski** – zajmował się śluzowacem roztrwołów
- **Ludwig Hiralkdshf** – założyciel PZH
- **Rudolf Weigel** – prowadził badania nad tyfusem plamistym
- **Przesmycki** – zajmował się badaniem choroby Heinego-Medina

1 Taksonomia organizmów żywych

Taksonomia zajmuje się badaniem różnorodności organizmów i ich systematycznym uporządkowaniem odzwierciedlającym ich rodowe pochodzenie (filogenezę). Tworzone systemy taksonomiczne podlegają dynamicznym zmianom wraz z rozwojem innych dziedzin biologii. Taksonomia odzwierciedla więc obecny stan wiedzy o pochodzeniu rodowym wszystkich organizmów żywych. Na taksonomię składa się klasyfikacja, identyfikacja i nazewnictwo organizmów. Podstawową jednostką taksonomiczną jest gatunek. W mikrobiologii natomiast za podstawową jednostkę uznaje się **szczep**, czyli **czystą kulturę** wyizolowanych drobnoustrojów będących przedstawicielami jednego gatunku. Przez pojęcie czystej kultury rozumie się jednostkę tworzącą kolonię, która najprawdopodobniej wyrosła z pojedynczej komórki.

Klasyfikacja polega na porządkowaniu jednostek w grupy większego rzędu na zasadzie podobieństw. W systemach klasyfikacyjnych obowiązuje organizacja hierarchiczna. **Identyfikacja** natomiast polega na ustalaniu przynależności danego organizmu do danej grupy taksonomicznej (taksonu).

W nazewnictwie taksonomicznym obowiązuje język łaciński. Nazwy łacińskie należy pisać w druku kursywą, podczas gdy nazwy zwyczajowe (np. spolszczone) pisze się czcionką normalną. Obowiązuje tutaj wprowadzona przez Linneusza zasada dwuczłonowego nazewnictwa gatunku

Rzeczownik rodzajowy przymiotnik gatunkowy

Wszystkie taksony powyżej rodzaju pisane są w tekście drukowanym czcionką normalną. Niewielki odstępstwami od tych zasad są konstrukcje takie jak np.

- *Bacillus sp.* – jakiś gatunek z rodzaju *Bacillus* (*species* – gatunek)
- *Salmonella ssp.* – jakiś podgatunek z rodzaju *Salmonella* (*subspecies* – podgatunek)
- *Salmonella spp.* – wiele gatunków z rodzaju *Salmonella* (*species plural*)
- *Salmonella Typhi* – oznacza typ serologiczny bakterii z rodzaju *Salmonella*. Skrót od *Salmonella enterica subspecies enterica* Typhi

Rodzaje klasyfikacji

- Klasyfikacja filogenetyczna (naturalna) – klasyfikacja oparta na łączeniu w grupy organizmów o wspólnych przodkach i przedstawianiu ich rozwoju rodowego
- Klasyfikacja sztuczna – grupowanie organizmów zgodnie z ich podobieństwem według ustalonego (przez taksonomów) klucza, który nie jest oparty na filogenezie tylko na praktycznych cechach organizmów
- Klasyfikacja numeryczna – grupowanie przygotowane zgodnie z klasyfikacją Adamsona, w której każda cecha organizmu ma przypisaną taką samą wartość. Wynik w klasyfikacji numerycznej uzyskuje się w postaci prawdopodobieństwa (np. badany gatunek na 95% należy do gatunku A)

1.1 Klasyfikacja sztuczna

Klasyfikacja sztuczna bakterii została opracowana w latach 20. XXw. przez Davida Bergey'a i używana jest do dzisiaj. Oparta jest na czterech podstawowych kryteriach

- **Gramowość** (bakterie gram-dodatnie i gram-ujemne) – bakterie które w barwieniu Grama barwią się nazywa się bakteriami gram-dodatnimi, a te które się nie barwią gram-ujemnymi. Ma to związek ze strukturą ściany komórkowej bakterii. Ściany bakterii gram-ujemnych są bardziej złożone i nie w przeciwieństwie do ścian bakterii gram-dodatnich nie wybarwiają się w tej metodzie.
- **Morfologia** – podział ze względu m. in. na kształt komórek bakterii. Podstawowe kształty to: kula, pałeczka i spirala
- **Stosunek do tlenu** – ze względu na stosunek do tlenu bakterie można podzielić na
 - tlenowe (aeroby, oksybioty) – organizmy niemogące funkcjonować bez dostępu do tlenu, aeroby obligatoryjne
 - mikroaerofile – bakterie, które muszą mieć w środowisku od 2 do 5% tlenu aby funkcjonować (np. bakterie propionowe)
 - beztlenowce względne (anaeroby fakultatywne) – inaczej nazywane względnymi tlenowcami (aerobami fakultatywnymi). Mogą funkcjonować zarówno w środowisku o wysokim (tlenowe) jak i niskim (beztlenowe) potencjale oksydoredukcyjnym
 - beztlenowce bezwzględne (anaeroby obligatoryjne) – bakterie niemogące funkcjonować w środowisku o wysokim potencjale oksydoredukcyjnym
- **Zdolność do przetrwalnikowania** – podział bakterii ze względu na zdolność do wytwarzania przetrwalników (endospor)

Klasyfikacja sztuczna uwzględniająca te cztery kryteria umożliwia rozpoznanie bakterii do poziomu rodzaju. Od ich ustalenia zawsze rozpoczyna się identyfikację bakterii. Barwienie gramowe wprowadził w 1884 roku Gram, ale mechanizm tego barwienia został poznany jednak znacznie później. Szybka metoda identyfikacji bakterii G(+) G(-) jest alternatywą ustalania gramowości, polega na dodaniu do biomasy bakterii wodorotlenku potasu. W metodzie tej jeżeli dochodzi do koagulacji bakterii to znaczy że były to bakterie gram ujemne – w środowisku alkalicznym następuje destrukcja ściany komórkowej bakterii gram ujemnych.

Na podstawie tej klasyfikacji sztucznej podzielono bakterie na około 30 grup.

1.1.1 Gram-ujemne, mikroaerofilowe pałeczki nieprzetrwalnikujące

- *Campylobacter* – są to bakterie chorobotwórcze
 - *Campylobacter jejuni* – jej optymalna temperatura rozwoju to 42-44°C. Sprawia to, że szczególnie dobrze rozwija się w przewodzie pokarmowym ptaków. Nazywana jest nowym patogenem żywności, ponieważ występować może w żywności grillowanej (jeżeli dostanie się do tkanki mięśniowej to nie ginie w czasie grillowania mięsa)
 - *Campylobacter coli*
 - *Campylobacter fetus*
- *Helicobacter pylori* – wytrzymuje bardzo kwasowe środowisko żołądka (do $pH \approx 2$). Dokonuje tego dzięki wytwarzaniu enzymu ureazy, która powoduje rozkład mocznika do dwutlenku węgla i amoniaku, który w środowisku wodnym tworzy jony amonowe i tym samym powoduje podwyższenie pH. Na skutek tego dookoła koloni środowisko jest zalkalizowane.
- *Arcobacter butzleri* – w przeciwieństwie do *Campylobacter* może się rozwijać w warunkach chłodniczych. Poza tym jest tak samo groźna jak *Campylobacter jejuni*.

1.1.2 Gram-ujemne, tlenowe pałeczki i ziarniaki

- Bakterie octowe – są to bakterie należące do różnych rodzajów zdolne do wytwarzania kwasu octowego. Kwas octowy może być odkładany przez bakterie do środowiska, lub dalej metabolizowany przez bakterie aż do pełnego utlenienia. Bakterie octowe są tlenowcami obligatoryjnymi. Ze względu na to że bakterie octowe z różną szybkością mogą utleniać zsyntezowany kwas octowy dzielimy je na **suboksydanty** i **peroksydanty**.

Suboksydanty prawie nie utleniają kwasu octowego dalej, co wynika z zablokowania Cyklu Krebsa na pewnym etapie², natomiast peroksydanty utleniają powstały kwas octowy relatywnie szybko. Bakterie octowe wykorzystywane do syntezy octu są najczęściej suboksydantami.

Wykorzystuje się te bakterie także do syntezy celulozy bakteryjnej (sztucznej skóry) oraz substancji farmakologicznych. Celulozę bakteryjną tworzą, tylko jeżeli posiadają kodujący zdolność tą plazmid. Produkują ją aby zapewnić sobie unoszenie się na powierzchni pożywki zapewniając sobie dostęp tlenu z powietrza.

- *Acetobacter*
 - * *Acetobacter orleans* – bakterie wykorzystywane do syntezy octu z wina.
 - * *Acetobacter aceti*
 - * *Acetobacter xylinum*
 - * *Acetobacter curvum*
 - * *Acetobacter pasteurianum*
- *Gluconobacter*
 - * *Gluconobacter aceti*
 - * *Gluconobacter oxydans*
 - * *Gluconobacter suboxydans*
- *Gluconacetobacter*
 - * *Gluconacetobacter xylinus*
- *Acetomonas*
 - * *Acetomonas aceti*
- Pałeczki o bardzo silnych właściwościach proteolitycznych – bakterie te preferują środowiska od obojętnego do alkalicznego (w przeciwieństwie do większości bakterii), gdyż wytwarzają one aminy biogenne na skutek dekarboksylacji.

– *Pseudomonas*

²sprawdzić

- * *Pseudomonas fluorescens* – sprofityczne bakterie o silnych właściwościach proteolitycznych, charakteryzujące się zdolnością do biofluorescencji. Preferują one bakterie poniżej 20°C. Mogą się więc rozwijać w warunkach chłodniczych, więc m. in. na powierzchni mięsa.
- * *Pseudomonas aeruginosa* (pałeczka ropy błękitnej) – bakteria patogenna rozwijająca się w ranach, charakteryzująca się niebieskawą fluorescencją
- *Burkholderia* – bakterie z tego rodzaju były kiedyś zaliczane go rodzaju *Pseudomonas*
 - * *Burkholderia cepacia* – są to jedne z niewielu bakterii mogących rozwijać się w bardzo niesprzyjających bakteriom warunkach (np. w czosnku). Kosmetyki inokuluje się tymi bakteriami i dodaje się środek konserwujący aż do momentu gdy przestaną się one rozwijać, ponieważ jeżeli te bakterie się nie rozwijają w danym środowisku to
 - * *Burkholderia mallei* (pałeczka nosacizny) – bakteria patogenna (zwłaszcza zwierząt). Pierwotnie zaliczana do *Pseudomonas*
- Bakterie wchodzące w symbiozę, wiążące azot
 - *Rhizobium*
 - *Sinorhizobium*
 - *Bradyrhizobium*
- Bakterie występujące w wodzie
 - *Acinetobacter* – na ogół niegroźne saprofity
 - * *Acinetobacter baumannii* – bardzo groźne patogeny (jako jedyne w tej grupie)
 - *Achromobacter*
 - *Flavobacterium*
 - *Xanthomonas*
 - * *Xanthomonas campestris* – fitopatogen powodujący psucie się warzyw (np. czerwonej papryki, pomidorów). Jest wykorzystywany w biotechnologii do otrzymywania biopolimeru zbudowanego z glukozy – kasntanu.
 - *Legionella*
 - * *Legionella pneumophila* – patogen zaliczany do „nowych patogenów”. Jest to czynnik etiologiczny groźnego zapalenia płuc prowadzącego do śmierci (Legionellozę). Po raz pierwszy odkryta w nieczyszczonych filtrach klimatyzatorów. Występuje także w filtrach w basenach, saunach, czy instalacjach wodnych nieużywanych przez dłuższy czas.

1.1.3 Gram-ujemne, względnie beztlenowe, pałeczki nieprzetrwalnikujące

- Enterobacteriaceae – bakterie odgrywające ogromną rolę w mikrobiomie przewodu pokarmowego człowieka. W grupie tej występują zarówno bakterie saprofityczne, patogene jak i oportunistyczne
- W rodzinie Enterobacteriaceae występują bakterie z grupy coli. Bakterie z tej grupy są to na ogół saprofityczne bakterie, występujące w mikrobiomie przewodu pokarmowego. Towarzyszą innym bakteriom z rodziny enterobacteriaceae takim jak: Salmonella, Yersinia, Shigella. Poniższe cztery grupy bakterii są łatwe w hodowli i identyfikacji. Łatwość identyfikacji wynika z ich zdolności do fermentacji glukozy z wytworzeniem kwasów i gazów albo tylko gazów (w przeciwieństwie do innych bakterii z rodziny Enterobacteriaceae).
- *Escherichia*
 - *Citrobacter*
 - * *Citrobacter freundii*
 - *Enterobacter*
 - * *Enterobacter cloacae*
 - *Clebsiella* – na ogół saprofityczne, niektóre jednak są groźne dla człowieka (*Klebsiella pneumoniae* N.D. – szczep wyizolowany w New Delhi odporny na wszystkie znane antybiotyki)
 - * *Klebsiella pneumoniae*

* *Klebsiella oxytoca*

Bakterie z grupy coli są wskaźnikiem stanu sanitarnego środowiska. Są one bakteriami wskaźnikowymi – ponieważ występują w przewodach pokarmowych ludzi i zwierząt są wskaźnikami zanieczyszczenia fekalnego żywności. Ich obecność może świadczyć o zwiększonym prawdopodobieństwie występowania w danym środowisku groźnych patogenów z rodziny *Enerobacteriaceae*.

Bakterie z grupy coli, są w stanie przeprowadzać **fermentację mrówkową**. W fermentacji tej po glikolizie, z kwasu pirogronowego powstaje acetylokoenzym A i kwas mrówkowy. Kwas mrówkowy pod wpływem lizy rozpada się na dwutlenek węgla i wodę (gazy). Powstające pęcherze gazu są cechą identyfikacyjną świadczącą o obecności bakterii z grupy coli.

- *Samlonella* – bakterie odpowiedzialne na ogromną ilość zatruć pokarmowych (Salmonellozy), które po przedostaniu się poza układ pokarmowy prowadzą do sepsy
 - * *Salmonella enterica* – istotny jest podgatunek *Salmonella enterica spp. enterica*, który ma wiele grup serologicznych: *Salmonella* Typhi, *Salmonella* Paratyphi, *Salmonella* Choleresuis, *Salmonella* Dublin, *Salmonella* Agona. Istnieją tysiące grup serologicznych pałeczek *Salmonella* gdyż są to bakterie gram-ujemne, których ściana komórkowa ma dużo lipopolisacharydów, które przekładają się na właściwości antygenowe i ilość typów serologicznych
 - * *Salmonella bongori*
- *Shigella* – czynnik etiologiczny duru brzuszego. Charakteryzują się dużą przeżywalnością w wodzie. W dzisiejszych czasach ilość zatruć tymi pałeczkami jest o wiele mniejsza niż kiedyś.
 - * *Shigella shige*
 - * *Shigella somnneri*
 - * *Shigella flexneri*
 - * *Shigella dysenteriae*
 - * *Shigella boydii*
- *Proteus* – ich biochemiczną cechą rodzajową jest zdolność do syntezy siarkowodoru na skutek procesów gnilnych – rozkładu aminokwasów
 - *Proteus vulgaris* (pałeczka odmienia) – bakterie o silnych właściwościach gnilnych i proteolitycznych. Preferują środowiska lekko alkaliczne. Są to na ogół bakterie saprofityczne.
 - *Proteus mirabilis*
- *Ervinia*
 - *Ervinia carotovora*
- *Pantoea* – bakterie o właściwościach pektynolitycznych (produkują enzymy pektynolityczne)
 - *Pantoea carotovora*
- *Serratia* – bakteria oportunistyczna
 - *Serratia marcescens* (pałeczka cudowna) – silne właściwości amylolityczne, więc wykorzystuje skrobię jako źródło węgla. Ma zdolność do syntezy prodigiosyny (barwnik o krwistoczerwonym zabarwieniu). Nazwa zwyczajowa wynika z tego, że rozwijała się na skrobiowych hostiach tworząc krwistoczerwone plamy. Może być czynnikiem etiologicznym owrzodzenia wątroby.
- *Edwardsiella*
 - *Edwardsiella tarda* – na ogół saprofityczna. Może się rozwijać na powierzchni ryb tworząc ciemnobrązowe plamy
- *Francisiella*
 - *Francisiella tularensis* – wywołuje u zwierząt gospodarskich chorobę o nazwie tulareriza. Od zwierząt może być przenoszona na człowieka (zoonoza – choroba odzwierzęca u ludzi)
- *Yersinia* – nowe patogeny związane ze środowiskiem powodujące jersiniozy.

- *Yersinia pestis* (pałeczka dżumy) – kiedyś *Pasteria pestis*. Nie jest związana z żywnością. Czynniki etiologiczne dżumy
- *Yersinia enterocolitica* – wywołuje jersiniozę. Jej optymalną temperaturą rozwoju jest mniej niż 20°C. Jest niewrażliwa na duże stężenie NaCl. Występuje głównie w przewodach pokarmowych zwierząt morskich. Jest nowym patogenem gdyż obecnie spożywa się (w Europie, ale i nie tylko) więcej ryb i owoców morza.
- *Arizona* – ich obecność została stwierdzona w proszku jajecznym. Obecnie podejrzewa się że jest to tylko jeden z typów serologicznych bakterii *Salmonella*.
- *Aeromonas*
- *Plesiomonas*
- *Vibrio*
 - *Vibrio cholerae*
 - *Vibrio comma*
 - *Vibrio parahaemolyticus* – dobrze rozwija się w warunkach chłodniczych.

1.1.4 Gram-dodatnie, ziarniaki, nieprzetrwalnikujące, tlenowe lub względnie beztlenowe

Bakterie, które określa się jako *paciorkowce*. Ich komórki po podziale się nie oddzielają i tworzą krótkie lub, długie łańcuszki. Po łacinie paciorkowiec to *Streptococcus*, stąd dawna nazwa rodzajowa wszystkich paciorkowców. Można je podzielić na cztery grupy: paciorkowce mlekowe, paciorkowce kałowe, paciorkowce ropotwórcze i paciorkowce zieleniejące.

- *Lactococcus* (paciorkowce mlekowe) – mają zdolność do wytwarzania kwasu mlekowego z cukrów. Mają zdolność syntezy galaktozydazy, czyli enzymu przekształcającego glukozę i laktozę do galaktozy, którą w warunkach beztlenowych przeprowadzają homofermencjację mlekową (fermentację której jedynym produktem jest kwas mlekowy). W warunkach beztlenowych redukują kwas pirogronowy za pomocą dehydrogenazy mleczanowej, która współpracuje z NADH do kwasu mlekowego [schemat fermentacji mlekowej bakterii]
 - *Lactococcus lactis*
 - *Lactococcus cremoris*

Niektóre te bakterie przeprowadzają też heterofermentację mlekową, która tym różni się od homofermentacji tym, że oprócz kwasu mlekowego powstają w niej inne metabolity np. dwutlenek węgla, etanol, czy też substancje zapachowe (*Lactococcus diacetylactis*)

Ze względu na zdolność do syntezy kwasu mlekowego bakterie mlekowe dzielimy na:

- homofermentatywne – produkują tylko kwas mlekowy
- heterofermentatywne – produkują kwas mlekowy i dwutlenek węgla lub kwas mlekowy, dwutlenek węgla i etanol. Ich metabolizm charakteryzuje się brakiem glikolizy. Zamiast niej przebiega cykl heksanomonofosforowy (HMP), w którym powstaje dwutlenek węgla [schemat cyklu HMP]. W skutek tego cyklu powstaje acetylofosforan, który jest przekształcany w acetylokoenzym A. Powstaje tutaj jako produkt końcowy kwas mlekowy, kwas octowy (później etanol) i dwutlenek węgla (?)
- pseudomlekowe – wytwarzają kwas mlekowy, ale nie z cukrów tylko np. z kwasu jabłkowego.

Fermentacja mlekowa prowadzona przez bakterie mlekowe potrafi obniżyć pH środowiska nawet do 3, co zapobiega rozwojowi bakterii proteolitycznych i gnilnych (które są najczęściej bakteriami patogennymi)

Bakterie mlekowe mogą wytwarzać także bakteriozyny (substancje antybakteryjne) takie jak np. nizyna. Zdolność ta jest zdeterminowana plazmidowo. W przypadku nizyny tak naprawdę nie jest to plazmid tylko transpozon (tutaj transpozon nizynowy)

Wyjątkiem wśród bakterii z rodzaju *actococcus* jest homofermentatywny *Streptococcus thermophilus*. Zachował on starą nawet rodzajową. Paciorkowiec ten ma duże znaczenie biotechnologiczne

- *Enterococcus* (paciorkowce kałowe) – występują w przewodzie pokarmowym ludzi i zwierząt. Są one bakteriami oportunistycznymi, względnie beztlenowymi. Podobnie jak bakterie z grupy coli mogą być znacznikiem sanitarno-higienicznym środowiska. Jako jedne z niewielu względnych beztlenowców nie mają zdolności do wytwarzania katalazy. Ich optymalną temperaturą jest około 37°C, ale mogą rozwijać się także w warunkach chłodniczych, co jest niecodzienną zdolnością dla bakterii mezofilnych. Bakterie nazywa psychrotropowymi. Wytrzymują proces pasteryzacji mimo braku zdolności do przetrwalnikowania – są ciepłooporne.

- *Enterococcus faecalis*
- *Enterococcus faecium*
- *Enterococcus bovis*
- *Enterococcus durans*

- *Streptococcus* (paciorkowce ropotwórcze i zieleniejące)

Paciorkowce ropotwórcze

- *Streptococcus pyogenes* – czynnik etiologiczny anginy
- *Streptococcus agalactiae* – jeden z czynników etiologicznych zapalenia gruczołu mlekowego u krów (mastitis)

Paciorkowce zieleniejące – mają zdolność do syntezy lewanu, polimeru fruktozy powstającego z sacharozy. Powodują one powstawanie próchnicy zębów

- *Streptococcus salivarius*
- *Streptococcus mutans*
- *Streptococcus mitis*

- *Leuconostoc* – heterofermentatywne bakterie produkujące etanol i dwutlenek węgla

- *Leuconostoc mesenteroides*
- *Leuconostoc citrovorum*

- *Pediococcus* – bakterie pseudomlekowe zdolne do fermentacji „jabłkowo-mlekowej”

- *Oenococcus* – bakterie pseudomlekowe zdolne do fermentacji „jabłkowo-mlekowej”

- *Oenococcus oeni*

A [schemat fermentacji „jabłkowo-mlekowej”]

Cecha syntezy kwasu mlekowego z kwasu jabłkowego jest użyteczna technologicznie, gdyż pozwala ona zmniejszać kwaśność produktów.

- *Sarcina* – na ogół niepatogenne ziarniaki tlenowe. Tworzą układy sześciennie a nie łańcuskowe

- *Sarcina lutea*

- *Micrococcus*

- *Micrococcus glutea*

- *Staphylococcus* – gronkowce. Są to bakterie patogenne. Wszystkie są katalazo-dodatnie. Są niewrażliwe na podwyższone stężenie soli (bakterie halooporne, halotolerancyjne)

- *Staphylococcus aureus* – czynnik etiologiczny zatruc pokarmowych i sepsy. Wytwarza enterotoksynę gronkowcową. Bakterie te są mezofilami psychrotropowymi i ciepłoopornymi.
- *Staphylococcus epidermis* – niepatogeny gatunek występujący na skórze
- *Staphylococcus intermedius* – patogen wyizolowany ze środowisk szpitalnych

Cechy gronkowców patogennych:

- Wytwarzają ciepłooporną enterotoksynę gronkowcową. Toksyna ta nie ulega inaktywacji w procesie pasteryzacji

- Wytwarzają koagulazę – enzym ścinający plazmę krwi
- Wytwarzają hemolizyny – enzymy niszczące czerwone krwinki
- Wytwarzają dermatoksyny – enzymy niszczące skórę
- Wytwarzają deoksyrybonukleazy – enzymy tnące DNA
- Wytwarzają hialuroznidazy – ułatwia im to rozprzestrzenianie się dzięki rozkładaniu kwasu hialuronowego tkanki łącznej
- Mają zdolność do fermentacji mannitolu

Przyczyną pojawiania się „nowych patogenów” są postępy techniczne, czy też nowe trendy (patrz: *Campylobacter jejuni*, *Legionella pneumophillia*)

Jedną z podstawowych cecho biochemicznych bakterii, które zwykle się bada jest zdolność do wytwarzania katalazy (enzymu rozkładającego nadtlenek wodoru do wody i tlenu, należącego do oksydoreduktaz). U wszystkich tlenowców i większości beztlenowców względnych występuje zdolność do syntezy tego enzymu. Nie występuje ona za to u organizmów beztlenowych.