

2.3. BACTERIILE

Bacteriile sunt microorganisme monocelulare de tip procariot cu un cromozom unic, cu dimensiuni medii între 0,5 și 8 nm, care se înmulțesc asexuat prin sciziune binară, izomorfă.

Răspândire. Bacteriile sunt microorganisme cu o largă răspândire în natură, ca rezultat al adaptării lor în cursul procesului de evoluție. Rezervorul natural al bacteriilor este solul în care concentrația de celule poate ajunge la valori de 10^7 - 10^9 g^{-1} atât în straturile superficiale (bacterii aerobe) cât și în straturile de profunzime (bacterii anaerobe). Din sol, bacteriile s-au adaptat să trăiască în ape, unde concentrația de celule poate fi de la $10 \times cm^{-3}$ în apa de izvor, până la valori de $10^{12} \times cm^{-3}$, de exemplu, în ape fecalo-menajere. Bacteriile se pot întâlni la adâncimi mari în apa mărilor și oceanelor, în ape termale.

Existența în aer a bacteriilor este temporară și prin intermediul curenților de aer sunt răspândite la distanțe foarte mari. Din aer sunt antrenate din nou în sol, prin intermediul precipitațiilor atmosferice.

Bacteriile fac parte din microbiota naturală a plantelor și animalelor. Din sol, prin creșterea plantelor, bacteriile ajung la suprafața acestora și se mențin în stare activă, până când condiții favorabile le permit creșterea și reproducerea. În organismul animal există o microbiota bacteriană intestinală cu rol important în transformarea bolului alimentar și în imunitatea organismului; la animalele erbivore, bacteriile anaerobe din rumen contribuie la degradarea fibrelor celulozice în procesul de nutriție. Din organismul animal, bacteriile se elimină în mediul ambiant prin intermediul materiilor de dejecție.

Rolul bacteriilor în natură și în industrie. În condiții naturale, bacteriile au un rol imens în transformarea compușilor macromoleculari în compuși simpli, prin mineralizarea materiei organice nevii, contribuind astfel la realizarea naturală a circuitului unor elemente de importanță vitală: carbon, azot, sulf, fosfor, fier ș.a. Datorită activității microorganismelor din sol se formează rezerva de substanțe nutritive - humusul, necesar pentru dezvoltarea plantelor. Pe drept cuvânt se consideră că, fără activitatea bacteriilor, „pământul s-ar transforma treptat într-un uriaș cimitir”.

În industria alimentară, bacterii lactice selecționate sunt folosite în calitate de culturi starter la fabricarea produselor lactate acide și a brânzeturilor, în industria panificației, la conservarea legumelor, măslinelor, furajelor verzi ș.a.

Bacteriile propionice se folosesc la fabricarea brânzeturilor tip șvaițer, deoarece prin fermentare produc acid propionic și CO_2 , responsabil pentru desenul caracteristic al acestor produse.

Bacteriile acetice sunt folosite la obținerea industrială a oțetului.

Pe căi biotehnologice, folosind culturi bacteriene selecționate sau mutanți ai acestora, se obțin produse cu o mare valoare economică, de exemplu: enzime, proteine, aminoacizi, acid lactic, acid acetic, solvenți (acetonă, alcool izopropilic, alcool butilic), hormoni (insulina produsă de un mutant de *Escherichia coli*), îngrășăminte biologice (genul *Azotobacter*), insecticide biologice (*Bacillus thuringiensis*), antibiotice (*Streptomyces sp.*), vitamine (*Propionibacterium shermanii* - vitamina B_{12}) ș.a.

În același timp, trebuie subliniate și unele aspecte negative ale activității bacteriilor. Astfel, în industria alimentară, bacteriile pot produce alterarea produselor alimentare (acrirea berii, vinului, putrefacția cărnii ș.a.). Un grup de bacterii care poate crește pe alimente produce toxine de natură proteică, încât prin ingerarea alimentelor contaminate se produc stări de toxiinfecții alimentare.

Alte bacterii patogene sunt adaptate să infecteze organismele vii și dau îmbolnăviri grave (tuberculoza, febră tifoidă, dizenterie, sifilis, bruceloză, antrax ș.a., bacterioze la plante).

Caracterele morfologice ale bacteriilor. Bacteriile prezintă forme celulare foarte diversificate și anume forme de bază, monocelulare, precum și forme derivate ale acestora, ce rezultă în urma asocierii stabile a celulelor rezultate prin reproducere.

Dintre formele de bază se disting următoarele:

- **sferică** - denumită coccus, în care sfera este perfectă (*micrococi*) sau ovalară (*enterococi*), lanceolată (*pneumococi*) sau reniformă (*gonococi*);

- **bacilară** - cilindrică, denumită și *bacterium*;

- **spiralate-elicoidale**, specifice bacteriilor patogene care pot fi: forma *vibrio* (la genul *Vibrio comma* - agentul holerei), forma *spirillum*, sub forma unor filamente rigide cu spire largi, forma *spirocheta*, sub forma unor filamente flexibile cu mai multe spire (la agentul sifilisului);

- **filamentoase**, caracteristice bacteriilor miceliene cu habitatul în sol și în ape (*actinomicete*; *chlamydobacterii* ș.a.).

Structura celulei bacteriene. Bacteriile au celula de tip procariot, mai simplificată decât celula eucariotă. Principalele diferențe constau în faptul că celula are un singur cromozom amplasat într-un nucleoid lipsit de membrană nucleară și nu conține organite detașate de membrană.

Părțile componente ale celulei bacteriene sunt: peretele celular și structurile extraparietale, membrana plasmatică, citosolul și structuri din citosol (nucleoid, ribozomi, vacuole de gaz, mezozomi).

a) Membrana plasmatică. Situată în interiorul peretelui celular, membrana plasmatică are o structură lipoproteică, o grosime de 5-10 nm și este alcătuită din straturi de fosfolipide în care sunt situate proteine integrate și proteine globulare. Membrana plasmatică are un rol vital, deoarece reține citosolul la bacterii lipsite de perete celular. Este o barieră osmotică ce dă o permeabilitate selectivă celulei; la nivelul său sunt localizate enzime care asigură transportul activ al nutrienților în celulă și receptori chimici.

b) Matricea citoplasmatică reprezintă substanța cuprinsă între membrana plasmatică și nucleoid. Conține, în stare solubilă sau gel, substanțe organice și anorganice. Incluziunile organice pot fi reprezentate de glicogen (substanță de rezervă în celulă ce poate fi folosită ca sursă de energie) și β -hidroxibutirat. Incluziunile anorganice cuprind polifosfați (incluziuni de volutină), incluziuni de sulf sau de magnetit.

Dintre structurile interne ale citosolului fac parte:

- **mezozomii** sau corpii membranoși, care rezultă prin invaginări ale membranei plasmatică și au un rol funcțional important în creșterea suprafeței și în diviziunea celulară. Contribuie la sinteza peretelui celular, în procese secretorii ale metaboliților și în procesul de respirație;

- **vacuolele de gaz**, care au un perete rigid, alcătuit din proteine cu molecule mici, permeabil la gaz și impermeabil la apă;

- **ribozomii**, care sunt alcătuiți din molecule de ARN și proteine, au dimensiuni mai mici decât la eucariote și pot fi localizați fie în zona membranară fie în matrice, alcătuiind reticulul ribozomal;

- **nucleoidul** sau materialul nuclear, care reprezintă o zonă din matricea citoplasmatică în care este localizat cromozomul bacterian format din ADN dublu spiralat, nucleoproteide și cantități mici de ARN. Molecula de ADN are un număr mare de nucleotide, care pot alcătui aproximativ 1000 de gene ce pot transmite tot atâtea caractere genetice. În bacterii de dimensiuni mari se poate întâlni ADN extracromozomial, în plasmide cu rol în tehnici de inginerie genetică.

c) Peretele celular. Are o mare diversitate structurală ce influențează comportarea celulelor la diferite condiții de mediu și condiționează afinitatea tinctorială a bacteriilor, încă din

1884, Christian Gram a constatat că bacteriile reacționează diferit atunci când se aplică aceeași tehnică de colorare și pune baza metodei diferențiale de colorare ce îi poartă numele, prin care bacteriile sunt împărțite în două mari grupe: bacterii Gram-pozitive și bacterii Gram-negative.

Peretele celular asigură forma (rigiditatea) celulei și protecția față de liza osmotică sau de prezența unor substanțe toxice, antibiotice ș.a.

d) Structuri extraparietale. La unele bacterii în exteriorul peretelui celular se află o structură complexă de natură poliglucidică denumită **glicocalix**, care extinde suprafața celulei și favorizează aderența bacteriilor în condiții naturale, la suprafața diverselor materiale.

Diferitele tipuri de glicocalix pot aparține următoarelor categorii:

stratul S - format din șiruri regulate de subunități glicoproteice;

capsula - formată dintr-o matrice fibroasă. Capsula poate fi rigidă, flexibilă sau integrată prin asociere cu suprafața periferică. În timp ce capsula este uniform repartizată pe suprafața celulei, stratul mucos se prezintă sub forma unei mase neorganizate de materiale. La bacteriile acetice, de exemplu, stratul mucos leagă prin fibrile extracelulare mai multe celule și poartă denumirea de masă zooglică. Capsula și stratul mucos sunt componente inerte rezultate din metabolismul celulei care îi asigură protecție la desicație, iar în cazul bacteriilor patogene le mărește rezistența la acțiunea fagocitelor.

La unele bacterii se mai pot întâlni următoarele formațiuni:

- **flageli (cili)**, care sunt organite de locomotie prezente sub forma unor filamente, cu lungimea de 12-25 μm, la bacteriile mobile. Deplasarea celulei se produce prin rotirea flagelului în jurul axului ca o elice, propulsând celula;

- **fimbri (pili)**, care sunt structuri pericelulare sub forma unor tuburi subțiri din proteine aranjate helicoidal. Au rol în atașarea bacteriilor și în formarea de pelicule;

- **spini** - structuri rigide (1-15 /celulă), întâlnite la bacteriile Gram-negative.

Caractere morfologice coloniale. Mediul de bază pentru cultivarea bacteriilor întâlnite pe produse alimentare și folosit în practică este bulionul de carne lichid (BCL) sau solidificat bulion de carne cu agar (BCA). Prin reproducere, dintr-o celulă de bacterie, aflată pe mediu nutritiv solidificat, ia naștere o clonă sau o colonie alcătuită din biomasă de celule rezultate prin sciziune din celula unică.

În cazul bacteriilor sunt întâlnite colonii aparținând următoarelor tipuri:

- colonii de tip S („smooth” – neted, lucios);
- colonii de tip R („rough” - rugos, aspru, zbârcit);
- colonii de tip M, cu consistență mucoidă, gelatinoasă, formate de către bacterii producătoare de capsule.

Pe BCA, coloniile devin vizibile după 24-48 ore și pot avea culori diverse (alb, alb-crem, galben-auriu, oranj-roșu, albastru, fluorescență), caractere macroscopice importante în identificare.

Prin cultivare în medii nutritive lichide, bacteriile pot da tulburare și sediment, în cazul bacteriilor anaerobe și facultativ anaerobe, sau pot să formeze la suprafața lichidelor voal caracteristic, fragil, cutat sau gelatinos, în cazul bacteriilor aerobe (acetice).

Caractere fiziologice generale ale bacteriilor. Bacteriile se caracterizează prin complexitate metabolică, având o mare capacitate de adaptare. Sunt răspândite pe cele mai diverse medii, ca urmare a producerii de enzime inductive, care le permit utilizarea în nutriție a compușilor organici macromoleculari (celuloză și alte poliglucide, protide, lipide).

În raport cu temperatura, bacteriile se dezvoltă într-un domeniu larg, -10°C și +90°C; majoritatea bacteriilor-agenți de alterare a alimentelor, sunt bacterii mezofile și dau alterări la temperatura camerei (bacterii de putrefacție). Bacteriile în forma vegetativă sunt inactivate pe cale termică la temperaturi de pasteurizare, iar sub formă de endospori, la temperaturi de sterilizare. În raport cu oxigenul, majoritatea bacteriilor sunt aerobe (bacterii acetice), altele

care cresc în semiaerobioză (bacterii lactice), iar un grup restrâns de bacterii sunt adaptate să crească în strictă anaerobioză (bacterii butirice).

Bacteriile se pot dezvolta în domeniu de pH = 1-11, cu zone optime la valori acide pentru bacterii acidotolerante (bacterii acetice, lactice) sau la valori neutre pentru bacterii de putrefacție.

Creșterea și reproducerea bacteriilor. În condiții favorabile de viață, în prezența mediului nutritiv, bacteriile reacționează rapid și are loc creșterea, proces prin care se produce mărirea coordonată a tuturor componentelor celulei, rezultată prin adăugarea de substanță nou-formată prin biosinteză. În cazul în care prin creștere se produce o modificare în raportul optim stabilit genetic între suprafața care asimilează și volumul care acumulează, se declanșează reproducerea prin sciziune, care va restabili raportul vital.

În prima etapă, o dată cu biosinteza componentelor celulare, are loc replicarea cromozomului bacterian, dublarea numărului de mezozomi care vor lega moleculele de ADN și printr-un proces de cariochineză acestea vor fi deplasate spre polii celulei. În zona mediană începe biosinteza unui perete despărțitor, încât celula parentală se regăsește în cele două celule rezultate prin sciziune, celule identice ca formă, dimensiune și structură genetică (fig. 6).

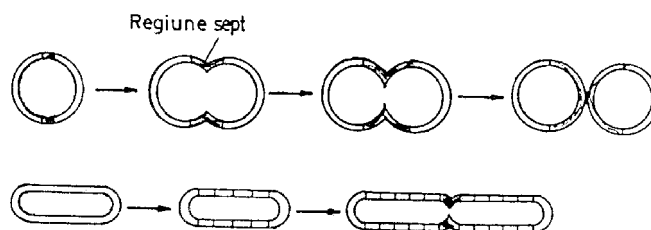


Fig. 6. Reproducerea prin sciziune.

În urma reproducerii, celulele nou-formate se pot separa sau pot rămâne asociate pe direcția axei de sciziune, cu obținerea următoarelor forme derivate, care dau uneori denumirea genului:

- la forma **coccus** prin sciziune într-un singur plan se formează *diplococi* și prin sciziune repetată se formează lanțuri de coci cu denumirea de *streptococi*;
- dacă sciziunea are loc succesiv în două plane perpendiculare, între ele rezultă prin asociere formațiuni cu câte patru coci denumite *tetrade* (genul *Pediococcus*).
- în cazul în care sciziunea are loc pe trei direcții perpendiculare, se formează cuburi ce conțin opt coci cu denumirea de *sarcina* (genul *Sarcina*);
- la bacteriile din genul *Staphylococcus* în urma sciziunii în trei plane, neordonat, rezultă o formațiune în formă de strugure;
- în cazul bacteriilor **cilindrice**, sciziunea are loc într-un singur plan, perpendicular pe axul longitudinal al celulei, și pot rezulta ca forme asociate, *diplobacterii* și *streptobacterii* (genul *Lactobacillus*).

Capacitatea de sporogeneză a bacteriilor. Un grup restrâns de bacterii au dobândit în timp capacitatea genetică de a forma într-un anumit stadiu al ciclului lor de viață, o formațiune intracelulară denumită endospor, care asigură perpetuarea speciei datorită rezistenței mari la temperaturi ridicate și la lipsa de apă.

Printre bacteriile contaminante ale produselor alimentare se pot întâlni două mari grupe de bacterii:

- *asporogene*, care se reproduc numai prin sciziune și sunt în formă vegetativă
- *sporogene*, care se pot întâlni fie în forma lor vegetativă, formă în care se reproduc prin sciziune până când în mediu apare un factor defavorizant, de obicei epuizarea unui nutrient necesar, când este indusă cea de a doua formă, respectiv forma sporulată.

Bacteriile sporogene, incluse în clasificarea generală în familia *Bacillaceae*, formează intracelular un singur endospor; de aceea, sporularea este considerată ca o formă de rezistență a celulei și nu o formă de înmulțire.

Etape de formare a endosporilor. În ciclul de viață al unei bacterii sporogene, în condițiile apariției unor factori defavorizanți ai înmulțirii, celula vegetativă suferă anumite transformări direcționate de cele peste 50 de gene care induc, **sporularea**. Într-o primă etapă are loc o concentrare a materialului citoplasmatic și nuclear, apoi în celulă începe să se formeze un protoplast, iar membrana plasmică înconjoară celula sporală asigurând condiții de protecție și creștere. În etapa următoare, în jurul celulei sporale, se formează cortexul, apoi învelișul sporal propriu-zis. Endosporul matur poate fi pus în libertate prin solubilizarea peretelui celulei sporogene. Endosporul eliberat, în condiții favorabile, germinează transformându-se din nou în celulă vegetativă, capabilă de reproducere (fig.7).

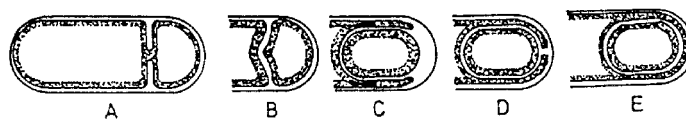


Fig. 7. Formarea endosporilor bacterieni:

În funcție de dimensiunile endosporului și de localizarea sa în celula de tip bacterium, spori bacterieni pot fi de 2 tipuri:

- *tip bacillus*, în care diametrul endosporului este apropiat cu al celulei, cu o poziție centrală sau subterminală;
- *tip clostridium*, în care diametrul endosporului este mai mare decât al celulei vegetative; celula în urma sporulării se deformează și capătă forma de suveică, atunci când poziția endosporului este centrală, sau de bec-lumânare, atunci când endosporul este format terminal.

Structura și proprietățile endosporilor bacterieni. Cu ajutorul microscopului electronic s-a stabilit că **endosporul prezintă un înveliș sporal tristratificat**, în compoziția căruia au fost evidențiate proteine cu un procent ridicat în aminoacizi cu sulf, care pot forma ușor legături disulfidice, cu rol în mărirea rezistenței la denaturarea pe cale termică.

Sub învelișul sporal se constată o zonă transparentă - *cortex*, de natură peptidoglicanică, ce asigură o rezistență mecanică și are rol important în reglarea presiunii osmotice. Partea centrală a endosporului denumită „*core*” (*miez*) este formată din: *sporoplasmă*, *nucleoplasmă* și un număr mare de *ribozomi*. În exteriorul endosporului se pot pune în evidență microtubuli ce mențin endosporul într-o anumită poziție.

Carcasa celulei vegetative în care s-a format endosporul poartă denumirea de **exosporium** și acesta poate rămâne atașat de endospor sau prin rupere sau liză să îl elibereze în mediu (fig. 8).

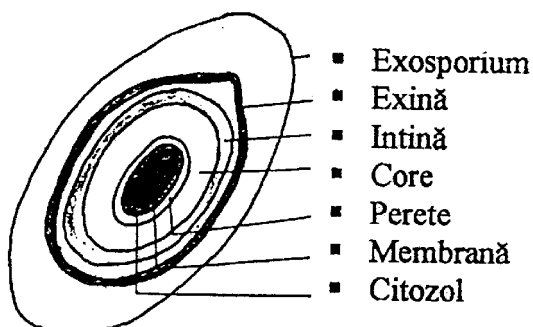


Fig. 8. Structura endosporului

Prin studiul microscopic al bacteriilor sporogene, în frotiu, formele vegetative apar uniform colorate, în timp ce la formele sporulate endosporul este incolor, iar colorantul este prezent în exosporium.

În endospor au loc importante modificări de compoziție și activitate metabolică comparativ cu celula vegetativă, înainte de sporulare. Din punct de vedere fizic, endosporul ocupă 1/7-1/17 din volumul celulei vegetative, iar masă aproximativ 1/3 din cea a celulei producătoare. În endospor, cantitatea de apă se reduce de la 80 la aproximativ 15%.

Forma în care se găsește apa în endospor este cea de apă legată de diferite componente structurale, apă care nu favorizează reacțiile biochimice. Datorită lipsei de apă liberă, enzimele sporale sunt inactivate, iar din punct de vedere metabolic endosporul se află în stare de anabioză. În endospor este prezentă în concentrație ridicată o substanță specifică - acidul dipicolinic (10 %/s.u.), care prin cele două grupări carboxilice formează cu ușurință chelați cu ionii de calciu și magneziu. Se consideră că aceste modificări arhitecturale în structura sporoplasmei contribuie la proprietățile deosebite ale bacteriilor sporogene.

O proprietate remarcabilă a endosporilor este termorezistența. În timp ce celula vegetativă este inactivată termic la temperaturi de 80°C/1-5 min, ca urmare a denaturării proteinelor/enzimelor din citosol, sub formă de endospori inactivarea poate avea loc la temperaturi de 120°C/10-20 min, în mediu umed, sau la 180°C/45-60 min, în mediu uscat. Termorezistența este explicabilă prin conținutul redus în apă, prezența proteinelor cu sulf și a acidului dipicolinic, compuși care protejează enzimele sporale, în anumite limite, de o inactivare ireversibilă.

O altă proprietate importantă este rezistența la uscăciune, deoarece în stare de anabioză, deși în stare inactivă, enzimele își mențin calitatea de biocatalizatori un timp îndelungat, prelungind starea latentă de viață a celulelor sporale (zeci/sute de ani). În condiții favorabile sau prin reactivare prin încălzire la 60°C/10 min, are loc germinarea sporilor. Se produce o absorbție a apei, are loc activarea enzimelor, crește activitatea de respirație și fermentație și sunt eliminate substanțe specifice cum ar fi acidul dipicolinic și unele peptide. Se formează tuburi germinative în poziție polară și celula vegetativă rezultată are caracterele genotipice originare.

Sporularea reprezintă un caracter de specie, este o formă de diferențiere celulară și trebuie privită ca o strategie de adaptare a procariotelor, deoarece spori sunt forme de rezistență ce păstrează caracterele genetice ale celulei sporogene.

Clasificarea generală a bacteriilor.

Clasificarea de bază, folosită în prezent, aparține lui Bergey, iar bacteriile sunt grupate în 10 ordine și 47 familii (1952); această clasificare a fost modificată în 1984 după criteriul morfologic, prin care bacteriile sunt reîmpărțite în 33 de secțiuni. În continuare, în mod selectiv, se vor trece în revistă principalele ordine, familii și genuri cu importanță practică.

În clasificarea generală a microorganismelor, bacteriile sunt incluse în **regnul PROCARIOTAE** cu două diviziuni:

- *diviziunea SCOTOBACTERIA*, în care sunt cuprinse bacterii chimiosintetizante, ce folosesc pentru creștere și multiplicare energia rezultată din reacții chimice;

- *diviziunea PHOTOBACTERIA*, care cuprinde bacterii ce conțin pigmenți similari clorofilei și care pot folosi energia luminoasă în procese de biosinteză celulară.

În diviziunea SCOTOBACTERIA bacteriile sunt clasificate în trei clase:

- A. clasa *BACTERIA* - ce include bacterii chimiosintetizante propriu-zise;
- B. clasa *ACTINOMYCES* - care cuprinde bacterii filamentoase;
- C. clasa *MOLICUTES (Mycoplasma)* - cu bacterii lipsite de perete celular, patogene.

În tabel se prezintă cele mai importante genuri de bacterii din clasele *Bacteria* și *Actinomyces*.

Tabelul 2.3. Clasificarea bacteriilor din clasa *Bacteria* și clasa *Actinomyces*

A. Clasa BACTERIA

ORDINE	FAMILII	GENURI IMPORTANTE
Pseudomonadales	Pseudomonadaceae	<i>Pseudomonas, Acetobacter</i> <i>Xantomonas, Zymomonas</i>
	Nitrobacteriaceae	<i>Nitrobacter, Nitrosomonas</i>
	Thiobacteriaceae	<i>Thiobacillus</i>
	Spirillaceae	<i>Cellvibrio, Cellulomonas</i>
Eubacteriales	Achromobacteriaceae	<i>Achromobacter, Alcaligenes,</i> <i>Flavobacterium</i>
	Azotobacteriaceae	<i>Azotobacter</i>
	Bacillaceae	<i>Bacillus, Clostridium</i>
	Enterobacteriaceae	<i>Escherichia, Enterobacter, Erwinia,</i> <i>Proteus, Salmonella, Serratia, Shigella</i>
	Lactobacillaceae	<i>Streptococcus, Lactococcus, Lactobacillus,</i> <i>Pediococcus, Leuconostoc</i>
	Micrococcaceae Propionibacteriaceae	<i>Micrococcus, Sarcina, Staphylococcus</i> <i>Propionibacterium</i>

B. Clasa ACTINOMYCES

ORDINE	FAMILII	GENURI IMPORTANTE
Actinomycetales	Mycobacteriaceae	<i>Mycobacterium</i>
	Actinomycetaceae	<i>Actinomyces</i>
	Streptomycetaceae	<i>Streptomyces</i>
Rickettsiales		<i>Rickettsia, Coxiella</i>

A. Clasa BACTERIA cuprinde mai multe ordine, familii, respectiv genuri.

Ordinul Pseudomonadales cuprinde bacterii Gram-negative, cu habitat în sol și ape, aerobe, nesporulate, în care sunt incluse familiile prezentate în continuare:

Familia Pseudomonadaceae cuprinde bacterii Gram-negative, nesporulate.

Familia Nitrobacteriaceae include bacterii care produc oxidarea compușilor cu azot rezultați din putrefacție, cu transformarea azotului amoniacal în azotiți și azotați, formă asimilabilă de către plante.

Familia Thiobacteriaceae cuprinde bacterii-agenți ai coroziunii biologice care produc oxidarea compușilor cu sulf.

Familia Spirillaceae cuprinde bacterii care produc degradarea celulozei în condiții aerobe.

Ordinul Eubacteriales cuprinde bacteriile propriu-zise, foarte răspândite, de formă coccus, bacterium și forme derivate rezultate prin sciziune. Din acest ordin fac parte familiile prezentate în cele ce urmează:

Familia Achromobacteriaceae cuprinde bacterii nesporulate Gram-negative, care produc putrefacție.

Familia Azotobacteriaceae cuprinde bacterii care folosesc azotul atmosferic în nutriție; au rol în circuitul natural al azotului și sunt folosite pentru obținerea de îngrășăminte biologice - (*Azotobacter chroococcum*)

Familia Bacillaceae cuprinde bacterii sub formă de bastonașe, Gram-pozitive, producătoare de endospori.

Familia Enterobacteriaceae cuprinde bacterii Gram-negative, nesporulate, aerobe/facultativ anaerobe, patogene/facultativ, cu habitatul în tractul digestiv.

Familia Lactobacillaceae cuprinde bacterii (lactice) Gram-pozitive, nesporulate, facultativ anaerobe, sub formă de bacili sau forme derivate de la coccus. Caracterul fiziologic comun este capacitatea de a fermenta lactoza cu formare de acid lactic.

Familia Micrococcaceae cuprinde bacterii Gram-pozitive, cu forma coccus sau forme derivate prin sciziune .

Familia Propionibacteriaceae cuprinde bacterii nesporulate Gram-pozitive, care produc fermentația propionică.

B. Clasa ACTINOMYCETES cuprinde două ordine mai importante.

Ordinul Actinomycetales cuprinde bacterii filamentoase, Gram-pozitive, saprofite sau facultativ patogene, folosite industrial pentru obținerea de substanțe biologice active.

Familia Mycobacteriaceae cuprinde bacterii patogene (*M. tuberculosis*).

Familia Actinomycetaceae cuprinde bacterii patogene pentru animale/plante Au rol în formarea humusului și în închiderea la culoare a solului.

Familia Streptomicetaceae cuprinde bacterii filamentoase producătoare de antibiotice, enzime.

Principalele genuri cu importanță pentru industria alimentară sunt următoarele:

- *Acetobacter* - bacterii acetice care produc oxidarea alcoolului etilic și se folosesc la fabricarea acidului acetic de fermentație;
- *Acinetobacter* - bacterii sub formă de bastonașe, Gram-negative, strict aerobe, răspândite în sol, ape, alimente proaspăt refrigerate (denumiri sinonime: *Moraxella*, *Psychrobacter*);
- *Achromobacter* - care produc amine biogene toxice prin degradarea protidelor. Sunt bacterii aerobe și produc alterarea produselor refrigerate;
- *Aeromonas* - bastonașe Gram-negative cu habitatul în microbiota intestinală a peștilor. Produc gaze prin fermentarea glucidelor;
- *Alcaligenes* - care produc reacție alcalină în lapte litmus, sunt nepigmentate. Pot fi întâlnite în lapte, pe carne de pui, de pește, și pe materii fecale;
- *Alteromonas* - bastonașe mobile, Gram-negative, strict aerobe, cu habitat în ape marine, care necesită sare pentru creștere;
- *Bacillus* (28 specii) - bacterii de putrefacție aerobe sporogene. Unele specii selecționate se folosesc pentru obținerea de enzime: amilaze și proteaze;
- *Brochothrix* - bacterii Gram-pozitive sub formă de bastonașe scurte, cocoide. *B. thermosphacta* și *B. campestris* se întâlnesc pe carne proaspătă, păstrată în condiții de refrigerare;
- *Campylobacter* - bastonașe curbate sau spiralate, microerofile/anaerobe; în clasificările anterioare erau incluse în genul *Vibrio*.
- *Carnobacterium* - bacterii sub formă de bastonașe, Gram-pozitive, catalazo-negative, anterior asociate cu lactobaciii. Sunt heterotrofe, cresc bine la 0°C și nu cresc la 45°C. Specii: *C. divergens*, *C. piscicola*, *C. gallinarium*;
- *Collulomonas* - bacterii folosite la prelucrarea deșeurilor de hârtie pentru obținerea de proteină bacteriană folosită în scop furajer;
- *Clostridium* (93 specii) - bacterii butirice, bacterii de putrefacție anaerobe sporogene, producătoare de toxine (*Cl.botulinum*), bacterii producătoare desolvenți.
- *Coxiella* - bacterii patogene, care produc febra Q-hemoragică. *C. Bruneți* se poate transmite prin lapte;
- *Enterobacter* - bacterii de putrefacție din microbiota intestinală;
- *Escherichia* - bacterii de putrefacție, facultativ patogene (agenți ai gastroenteritelor; se pot înmulți în produse alimentare); pot produce toxine. *E.coli* este folosit ca indicator sanitar pentru verificarea condițiilor de igienă la fabricarea produselor alimentare;
- *Erwinia* - bacterii ce produc putrezirea umedă a legumelor;
- *Flavobacterium* - care se prezintă sub formă de bastonașe, produc un pigment galben-roșu; produc alterarea produselor refrigerate;
- *Lactobacillus* - bacterii lactice acidotolerante, folosite în industria laptelui și pentru conservarea prin murare a produselor vegetale;
- *Leuconostoc* - bacterii lactice heterofermentative, agenți de alterare a sucurilor, siropurilor de zahăr ș.a. Pot produce dextran (*Leuconostoc mesenteroides*);
- *Micrococcus* - bacterii aerobe, anaerobe, de putrefacție;
- *Mycobacterium* - bacterii patogene. Specii reprezentative: *M. tuberculosis* (agentul tuberculozei) și *M. leprae*;
- *Nitrobacter* și *Nitrosomonas* - care produc oxidarea compușilor cu azot rezultați din putrefacție;
- *Pediococcus* - bacterii lactice sub formă de tetrade. Pot produce diacetil și acirea berii;

- ***Proteus*** - bacterii de putrefacție mobile, aerobe, care produc alterarea cărnii, a ouălor păstrate la temperatura camerei;
- ***Propionibacterium*** - bacterii folosite la fabricarea brânzeturilor și pentru obținerea vitaminei B₁₂;
- ***Pseudomonas*** - bastonașe tipice, răspândite pe produse vegetale, carne (vită, pui), care produc alterarea produselor refrigerate;
- ***Rickettsia*** - cu sp. *R. prowazekii*- agent al tifosului exantematic;
- ***Salmonella*** - care cuprinde bacterii patogene pentru om; se pot înmulți în produse alimentare și produc endotoxine;
- ***Sarcina*** - bacterii aerobe de putrefacție;
- ***Serratia*** - bacterii aerobe, care produc pigmenți de culoare roșie și predomină în produse vegetale, carne refrigerată (*S. liquefaciens*);
- ***Staphylococcus*** - bacterii facultativ patogene; produc enterotoxine și sunt agenți ai intoxicațiilor alimentare;
- ***Streptococcus*** - care cuprinde bacterii sub formă de streptococi (*Streptococcus salivarius subspecies thermophilus*). O parte din speciile genului au fost trecute în genul *Lactococcus* și folosite drept culturi starter în industrializarea laptelui;
- ***Streptomyces*** - care cuprinde numeroase specii folosite pentru obținere de antibiotice: tetraciline, streptomycină, cloramfenicol ș.a., sau pentru enzime (glucozizomerază, proteaze, amilaze, xilanaze ș.a.);
- ***Shigella*** - care cuprinde bacterii enteropatogene (agenți ai dizenteriei);
- ***Thiobacillus*** - care pot fi agenți ai coroziunii biologice;
- ***Xanthomonas*** - care dau alterări ale legumelor; produc un polimer xantan;
- ***Zymomonas*** - bacterii care pot produce fermentarea glucidelor cu forma rea de alcool; sunt folosite la obținerea alcoolului carburant din materii celulozice.

2.4. VIRUSURI

Virusurile sau inframicrobii sunt agenți infecțioși fără organizare celulară, ce parazitează obligatoriu celule vii, și reprezintă entități corpusculare care includ acizii nucleici purtători ai informației genetice.

Principalele caractere care le diferențiază de microorganisme sunt următoarele:

- absența organizării structurale și funcționale a celulelor; din această cauză, virusurile nu cresc în dimensiuni, nu se divid, nu au metabolism propriu;
- majoritatea virusurilor nu conțin în același timp ambele molecule de acizi nucleici; de aceea au fost clasificate în adenovirusuri (ADN) și ribovirusuri (ARN);
- virusurile sunt adaptate pentru a se reproduce în celula vie (eucariotă/ procariotă), ca rezultat al transmiterii informației genetice proprii, celulei parazitare.

Răspândire și rol. Se consideră că virusurile au apărut o dată cu primele forme de viață.

Dintre bolile virale ale omului și animalelor fac parte: turbarea, poliomielite, gripa, hepatita, forme de cancer, SIDA ș.a., iar la plante, diferite viroze produc ofilirea frunzelor, atrofia/hipertrofia, cloroza ș.a. (numai la plantele cerealiere se cunosc 25 boli virale).

Virusurile denumite și fagi pot produce parazitarea microorganismelor (bacteriofagi, micofagi).

Bolile virale se transmit ușor prin contact infecțios, prin leziuni sau prin inoculări (injectare, înțepături ale insectelor transportoare de virusuri). Prin alimente contaminate, prin materii prime de origine animală provenite de la animale bolnave de viroze, se pot transmite virusuri ce dau hepatita, poliomielite, herpesul ș.a.

Caractere morfologice. O particulă virală este alcătuită din genom -respectiv o moleculă de acid nucleic mono- sau bicatenară, cu diferite forme de compactizare. În genomul virusurilor animale și la bacteriofagi este prezent ADN-ul, în timp ce la virusurile vegetale este prezent ARN-ul. Acidul nucleic este înconjurat cu unități proteice denumite protomere, cu o repartizare ordonată (capsomere), cu rol în protecția genomului și în recepția de către celulele ce urmează a fi parazitare. Acidul nucleic și moleculele proteice asociate alcătuiesc nucleocapsida, cu diferite forme geometrice (cubică, icosaedrică ș.a.).

Masa moleculară a virusurilor este de 100-120 kDa, iar 50% din aceasta este dată de acidul nucleic. La unele virusuri mari poate fi prezentă o pseudomembrană denumită peplos, la suprafața căreia sunt integrate molecule de proteine/enzime, care favorizează pătrunderea particulei virale în celula agreată. Virusurile sunt sensibile la diferenții factori ai mediului; astfel, pot fi inactivate pe cale termică la temperaturi de 60,..80°C/30 min, în schimb rezistă la temperaturi negative și pot fi conservate prin congelare. Pe cale chimică, inactivarea virusurilor poate fi făcută cu alcoolii, detergenți, formol ș.a. Virusurile sunt, în schimb, rezistente la antibiotice.

Ciclul vital al virusurilor. În replicarea virală se pot distinge mai multe etape:

- *adsorbția*, când are loc contactul infecțios, particula virală găsește locusul receptor pe suprafața celulei și are loc atașarea specifică;
- *înglobarea (pătrunderea)*, care este posibilă prin transport sau endocitoză;
- decapsidarea, care constă în separarea moleculelor capsomere și în eliberarea acidului nucleic;
- *replicarea*, etapă ce are loc după decapsidare, când acidul nucleic viral impune celulei parazitare biosinteza proteinelor „timpurii” și sunt create, prin biosinteză, componentele necesare ce alcătuiesc matricea pentru biosinteza a noi molecule de acid nucleic viral. Urmează biosinteza proteinelor „tardive”, care intră în structura capsidului;

- *morfogeneza*, etapa de asamblare prin care moleculele de acid nucleic viral sunt înconjurate de unitățile protomere;
- *eliberarea particulei virale*, care se poate face prin: exocitoză, transport prin locusuri ale celulei, sau liza peretelui celulei parazitare. Particulele virale mature (denumite virioni) pot să continue infecția celulelor adiacente din țesutul viu și are loc fie distrugere acestuia, fie o creștere anarhică, anormală, ce conduce la formarea tumorilor. Procesul de infecție se oprește când țesutul este distrus sau când intervine un factor de inhibare a ciclului litic viral.

Un succes al biotehnologiei este obținerea prin inginerie genetică a interferonului, substanță care inhibă adsorbția și transmiterea unor virusuri. Unele virusuri pot avea concomitent un ciclu lizogenic, având capacitatea să se integreze în cromozomul celulei atacate, care se va reproduce normal, până când un factor favorizant va elibera acidul nucleic viral ce va induce etapele ciclului litic.

FAGII

Fagii sunt virusuri care parazitează celule microbiene și, în funcție de natura celulelor parazitare, se cunosc bacteriofagi și micofagi.

Bacteriofagii. Sunt virusuri adaptate să paraziteze celula procariotă și au fost puși în evidență de către F. Twort (1915) și d'Héréle (1917).

Răspândire și rol. Bacteriofagii pot face parte din microbiota intestinală și se elimină prin materii de dejecție. În condiții naturale, bacteriofagii au un rol ecologic important, ca agenți de depoluare a apelor fecalo-menajere. În industria alimentară, bacteriofagii pot contamina și distruge culturi de bacterii lactice. Din acest motiv sunt folosite culturi starter lizorezistente. În ingineria genetică, bacteriofagii sunt folosiți pentru transfer de gene și obținerea de tulpini bacteriene modificate genetic.

Structura. Bacteriofagii sunt formați dintr-o capsidă cu contur hexagonal, care închide genomul. În interiorul capului hexagonal se află o moleculă de ADN dublu catenar, împachetată în molecule de proteine și poliamine. În continuarea capului se află un disc și un cilindru axial (coada bacteriofagului), gol în interior, alcătuit din 24 inele-capsomere. Acestea alcătuiesc teaca contractilă a cozii, care, prin contracție, își reduce lungimea la jumătate. Cilindrul axial se termină cu o placă bazală prevăzută cu un orificiu central și cu 6 croșete - unități de fixare a bacteriofagului pe celula bacteriană receptivă (fig. 8).

Infecția cu bacteriofag are loc în următoarele etape:

- *adsorbția*, care se produce prin ciocniri întâmplătoare ale bacteriofagilor cu celulele bacteriene, până când aceștia ajung pe un situs receptor al peretelui bacterian (de exemplu, acizii teichoici la bacteriile Gram-pozitive, lipopoliglicidele la bacteriile Gram-negative);

- *fixarea*, care se realizează cu ajutorul croșetelor din placa bazală. Au loc modificări catalizate enzimatic ce conduc la solubilizarea peretelui celular în zona de contact;

- *injectarea*, când se produce o contractare a capsomerelor aflate pe tija cilindrului axial. Prin contracție, tija pătrunde în celulă pe o distanță de aproximativ 12 nm și molecula de ADN, în stare relaxată, este propulsată în interiorul celulei. Carcasa liberă de acid nucleic rămâne în exteriorul bacteriei;

- *replicarea acidului nucleic*, care are loc similar cu a celorlalte virusuri, cu deosebirea că formarea capului și a cozii au loc separat și apoi are loc, intracelular, morfogeneza;

- *liza celulei bacteriene* și eliberarea fagilor, care poate avea loc într-un interval de 25-60 min și se produce sub acțiunea unei enzime induse de prezența fagului, denumită muramidază, iar sub acțiunea presiunii interne și a lizei are loc ruperea/solubilizarea peretelui celular. Sunt sensibile la fagi, bacterii ale genurilor: *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Vibrio*, *Lactobacillus*, ș.a. În celulele lizogene se pot întâlni forme de profagi care, în condiții favorabile, devin virulenți .

Micofagii (micovirusurile). Micovirusurile sunt mai puțin studiate comparativ cu bacteriofagii. Au în structură ARN și pot parazita mușegaiuri ale genurilor: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Fusarium*, sau drojzii: *Saccharomyces cerevisiae* ș.a.

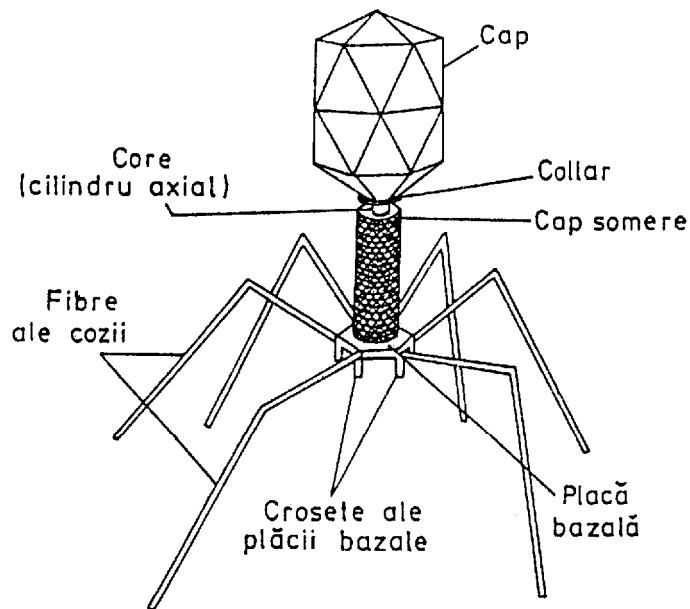


Fig. 8. Structura bacteriofagului.