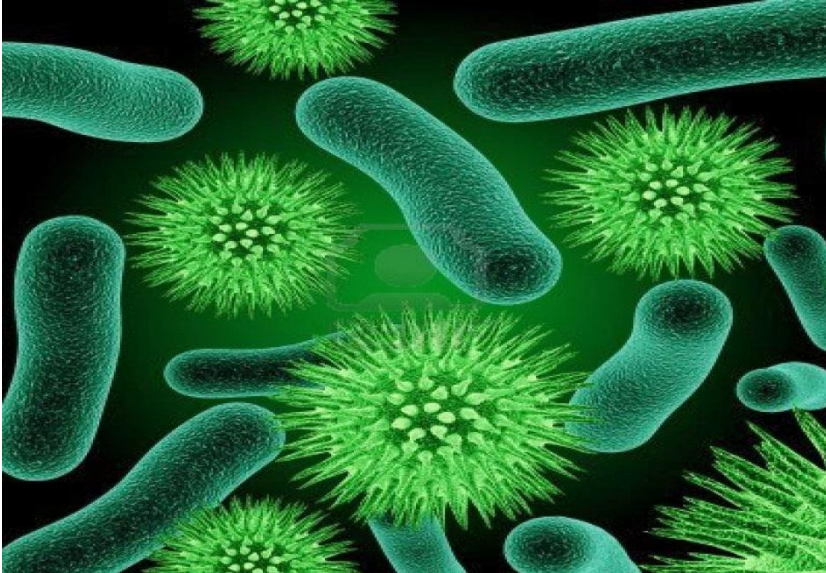


MARIANA DIACONU



**ELEMENTE DE BIOLOGIE
ȘI MICROBIOLOGIE
- NOTE DE CURS -**

2015

CUPRINS

Cap. I	Elemente de biologie	3
1.1	Niveluri trofice	3
1.2	Diversitatea organismelor vii	4
1.3	Organizarea structurală și funcțională a celulei vii	8
1.3.1	Morfologia și fiziologia celulei vegetale	8
1.3.2	Organizarea structurală și funcțională a celulei animale	21
Cap. II	Elemente de biologie	24
2.1	Importanța microbiologiei	24
2.2	Definiția microbiologiei ca știință	25
2.3	Clasificarea microorganismelor	25
2.4	Principalele ramuri ale microbiologiei	26
2.5	Dezvoltarea microbiologiei ca știință	27
2.6	Importanța microorganismelor	29
2.7	Activitatea specifică microorganismelor	30
2.8	Regnul Procariote	32
2.8.1	Morfologia și structura bacteriilor	33
2.8.2	Structura celulei bacteriene	35
2.8.3	Noțiuni de fiziologie bacteriană	44
2.8.4	Acțiunea factorilor fizico-chimici asupra bacteriilor	50
2.8.5	Răspândirea și rolul bacteriilor	58
2.8.6	Rolul bacteriilor în natură și în industrie	61
2.9	Regnul Protista	79
2.9.1	Microalge	80
2.9.2	Protozoare	86
2.9.3	Ciliate	89
2.9.4	Sporozoare	89
2.9.5	Foraminifere și radiolari	90
2.10	Regnul Fungi	91
2.10.1	Ciuperci microscopice (Mucegaiuri)	91
2.10.2	Drojii (Levuri)	101
2.11	Relațiile ecologice dintre/între microorganisme	110
2.12	Rolul microorganismelor în circuitul bioelementelor	119
2.13	Metabolism microbial	127
2.13.1	Metabolism energetic	131
2.13.2	Metabolism de biosinteză	136
2.14	Microbiologie aplicată	136
2.14.1	Microbiota solului	136
2.14.2	Microbiota apei	141
	Bibliografie selectivă	149

I. ELEMENTE DE BIOLOGIE

Schimbul de substanțe între organism și mediu reprezintă baza materială pentru creșterea biomasei pe Terra. Migrația substanțelor se desfășoară de la un organism la altul, fiind cauzată de hrănirea unui organism pe seama altuia. Astfel se formează lanțurile trofice care sunt unități funcționale ale transformării și transmiterii nutrienților, ale circulației substanțelor nutritive în natură.

În cadrul unui lanț trofic, organismele cu poziții taxonomice diferite, dar având aceeași poziție în lanțurile trofice, folosind același tip de hrană sau sursă de hrană, constituie un nivel trofic.

1.1. Niveluri trofice

Organismele care prezintă o comportare similară pe planul fiziologiei nutriției, sunt grupate în niveluri trofice comune după criteriul naturii hranei și a modului de obținere a ei.

În biosferă se deosebesc trei niveluri trofice majore și anume: producători, consumatori, descompunători

Producătorii sunt organismele autotrofe, care construiesc materie organică primară din substanțe minerale prin procesul de fotosinteză (organismele fotoautotrofe, plantele, care asimilează carbonul necesar vieții din CO₂ atmosferic) sau prin chemosinteză (bacteriile chemoautotrofe).

Consumatorii sunt organisme heterotrofe, care nu au capacitatea de a produce materie organică din substanțe minerale, ci se hrănesc cu materie organică vie din corpul altor organisme vii. Consumatorii se clasifică în trei componente și anume:

- Consumatori primari (fitofage, erbivore), organisme care se hrănesc cu țesuturi vegetale (plante), cu ciuperci, bacterii, virusuri fitopatogene.

- Consumatori secundari (zoofage, carnivore) care se hrănesc cu animale fitofage și microorganisme zoopatogene.

- Consumatori terțiari (consumatori de vârf, carnivore de vârf), animale care folosesc drept hrană consumatorii secundari (zoofage) și primari (fitofage).

Paraziții consumatorilor terțiari sunt consumatori cuaternari.

Un loc foarte important îl ocupă în circuitul materiei în natură, consumatorii de substanță organică moartă: organismele saprofage sau detritivore

Descompunătorii sunt bacterii și micromicete nepatogene care transformă materia organică moartă în materie anorganică prin fenomenul de descompunere (fermentație și putrefacție)

Teoria nivelurilor trofice este utilizată pentru analiza biocenozelor, exprimând conexiunile multilaterale ale speciilor și ale funcțiilor ecosistemice. În natură se regăsesc destul de rar organisme aparținând numai unui nivel trofic teoretic. Sunt rare în natură carnivorele absolute sau fitofagele exclusive.

Lanțul trofic însă este o unitate vitală, un subsistem în ecosistem. Încadrarea speciilor în niveluri trofice este dificilă deoarece în natură există foarte rare cazuri de organisme specializate trofic. Apartenența la un nivel trofic poate fi diferită pe parcursul vieții animalului.

1.2. Diversitatea organismelor vii

Aprecierea că în lumea vie ar exista două categorii de organisme, plantele și animalele nu corespunde realității deoarece, unele organisme nu se încadrează în regnul vegetal sau în cel animal. Astfel, când lumea microscopică a fost mai bine cunoscută, a devenit evident că unele microorganisme nu pot fi clasate în nici unul dintre cele două regnuri tradiționale, existând grupuri întregi cu caractere intermediare. Bacteriile au fost încadrate în regnul vegetal, în diviziunea I *Protophyta* (plante primitive - clasa *Schizomycetes*-bacterii), pe baza unor considerante fiziologice și morfologice, care le deosebesc de regnul animal. Printre bacterii se întâlnesc specii

autotrofe, fotoautotrofe ca și plantele fotoautotrofe sau chimioautotrofe, pe când animalele sunt organisme heterotrofe; substanțele nutritive pătrund în celula bacteriană ca și în corpul plantelor sub formă solubilă (cu excepția bacteriilor care pot folosi celuloza etc., care este în prealabil scindată de enzimele extracelulare). Animalele pot ingera hrană sub formă solidă, pe care o digeră, o transformă în substanțe solubile, digestia realizându-se, la majoritatea animalelor, cu un aparat morfologic diferențiat. Bacteriile și plantele nu dispun de un aparat digestive similar.

Bacteriile ca și majoritatea plantelor pierd apa și substanțele hidrosolubile prin difuzie din interiorul celulei spre exterior, prin peretele celular (ele nu au un aparat excretor specializat).

Bacteriile (cu excepția micoplasmelor) au un perete celular care este rigid datorită mucopeptidului. Peretele celular bacterian, ca și peretele celulozic al celulei vegetale, înconjoară membrana citoplasmatică. În cursul plămolizei, celula bacteriană și cea vegetală, își păstrează forma inițială, datorită rigidității peretelui celular. Celulele animale nu dispun de un perete rigid.

Diviziunea bacteriilor, ca și a celulei vegetale, are loc în direcția perpendiculară pe axul longitudinal al celulei. La celulele animale, diviziunea se produce de-a lungul axului longitudinal. Amidonul, principala substanță nutritivă de rezervă a plantelor, se întâlnește și la bacterii. Animalele nu sintetizează amidon, dar polizaharidul lor de rezervă, glicogenul (absent la plante) se găsește și în multe bacterii.

Analizând evoluția clasificărilor organismelor vii și, mai ales încadrarea arbitrară și nelogică a bacteriilor în rândul plantelor, având în vedere că, între procariote și eucariote există mari deosebiri, Dragan-Bularda și Samuel, 2006 prezintă următoarele etape:

- ❖ Haekel, 1866, propune gruparea tuturor formelor inferioare de viață în regnul denumit *Protista*, în care au fost încadrate, în

perioada 1894-1904, numai organismele unicelulare sau unicelulare-coloniale.

- ❖ Stanier, 1970, după criteriul nivelului de organizare biologică, clasifică în *regnul Protista*, organisme unicelulare, cenocitice sau multicelulare, dar nediferențiate (ca de ex. algele marine mari, bazidiomicetele etc), care nu formează țesuturi, delimitând:

- protiste inferioare, care au celule procariote (bacterii și alge albastre),
- protiste superioare, care au celule eucariote (alge și ciuperci microscopice, protozoare).

- ❖ Copeland, 1938, Hutchinson, 1967 și Weisz, 1971, clasifică organismele vii în 4 regnuri:

1. Monera, includ bacteriile și algele albastre-verzi.
2. Protista, incluzând organisme eucariote inferioare *unicelulare, unicelularcoloniale, sincițiale sau multicelulare, fără diferențiere celulară avansată (algele microscopice, exceptând cele albastre, ciupercile microscopice și protozoarele)*.
3. Plantae (Metaphyta), plante terestre și acvatice.
4. Animalia (Metazoa), organisme animale multicelulare.

Această clasificare are o serie de imperfecțiuni legate de organismele simple, și anume, faptul că: regnul Protista, este lipsit de unitate, are limite de organizare ale organismelor foarte largi, nu are diferențiere clară față de organismele superioare, este foarte bogat și diferit față de regnul Monera și reprezintă o confederație de organisme cu diferite niveluri intermediare de organizare, superioare procariotelor, dar inferioare plantelor vasculare și animalelor superioare.

Sistemul celor 5 regnuri, propus de Wittaker (1969) pentru clasificarea organismelor vii, utilizează două criterii de grupare a acestora, în toată diversitatea lor:

Criteriul I: prin stabilirea a trei niveluri de organizare: a) procariot, b) eucariot unicelular, c) eucariot multicelular-multinuclear;

Criteriul II: considerând existența a trei modalități principale de nutriție:

a) nutriția fotosintetică, caracteristică plantelor;

b) nutriția ingestivă, tipică pentru animale;

c) nutriția absorbivă, caracteristică fungilor.

Sistemul celor 5 regnuri, elaborat de Wittaker are următoarea structură:

1. Regnul Monera, ce include organisme unicelulare de tip procariot, corespunzând bacteriilor, organisme cu existență unicelular-solitară sau unicelular colonială, cu excepția actinomicetelor, care au organizare de tip micelian. Modul de nutriție este preponderent absorbivă, iar metabolismul de tip foto-sau chemotrof. Reproducerea se face prin diviziune asexuată, mai rar prin înmugurire și rar cu fenomene de protosexualitate. Sunt nemotile sau motile (prin cili sau flageli, alunecare sau târâre).

2. Regnul Protista, care include organisme primar unicelulare sau unicelular coloniale de tip eucariot. Modul de nutriție este diferit (absorbție, ingestie, fotosinteză sau combinații ale acestor tipuri). Reproducerea este de tip diferit incluzând diviziunea asexuată (la nivel haploid) și procese sexuate devărate cu cariogamie și meioză. Sunt nemotile sau motile prin flagel de tip superior.

3. Regnul Plantae, care include organisme multicelulare cu celule eucariote, ce au perete celular celulozic, prezintă frecvent vacuole în citoplasmă și pigmenți fotosintetizanți în plastide. Modul principal de nutriție este cel fotosintetic, unele linii au devenit absorbitive. Esențial nemotile, trăiesc ancorate pe un substrat. Prezintă diferențiere structurală care duce la apariția unor de fotosinteză și la formarea de țesuturi specializate, fotosintetice, vasculare, de acoperire. Reproducerea este sexuată, cu cicluri de generații alternative haploide și diploide.

4. Regnul Fungi, care include organisme multicelulare, cu nucleu de tip eucariot, dispersați într-un sincițiu micelial, acoperit cu perete celular, adesea septat, caracterizate prin absența plastidelor și a pigmentilor fotosintetici. Nutriția este de tip absorbtiv. Diferențierea somatică este absentă sau limitată. Prezintă cicluri reproductive tipice, cu procese sexuate și asexuate.

5. Regnul Animalia, care include organisme multicelulare de tip eucariot, fără perete celular, fără plastide și pigmenți fotosintetizanți. Nutriția este de tip ingestiv. La formele superioare, nivelul de organizare și de diferențiere tisulară depășește cu mult celelalte regnuri.

Lynn Margulis și Karlene Schwartz, 2000, prezintă o nouă formă de împărțire a lumii vii în cele 5 regnuri, prin includerea a două supraregnuri:

Supraregnul Prokarya (Prokaryotae):

1. Regnul Bacteria (Monera);

Supraregnul Eukarya (Eukaryotae):

2. Regnul Protoctista (Protista) (protozoare, alge);

3. Regnul Plantae;

4. Regnul Animalia;

5. Regnul Fungi

1.3. Organizarea structurală și funcțională a celulei vii

Celula vie este un sistem termodinamic deschis deoarece ea face schimb permanent de substanțe cu mediul în care trăiește, transformă substanțele asimilate și energia în procesul de metabolism.

1.3.1. Morfologia și fiziologia celulei vegetale

Forma și mărimea celulelor vegetale este foarte diferită; forma poliedrică-izodiametrică, apropiată de cea sferică, este caracteristică parenchimului meristematic din vârfurile de creștere ale rădăcinilor și

tulpinilor, celulele din țesuturile liberiene sunt fusiforme, cele din vasele conducătoare (traheie, traheide) ale plantelor sunt tubulare.

Dimensiunea minimă a celulelor vegetale este de aproximativ 10 micrometri, iar dimensiunea medie 100 micrometri. Se cunosc și celule de 50 cm lungime (fibre liberiene), iar vasele secretoare de latex, la unele Euforbiacee ating lungimi de mai mulți metri.

Morfologia externă a diferitelor tipuri de celule este rezultatul influenței condițiilor de viață de care beneficiază celulele respective în cadrul țesutului în care se găsesc. Forma și mărimea celulelor corespund funcției fiziologice pe care acestea trebuie să o îndeplinească în țesutul respectiv. Examinată la microscopul obișnuit, celula vegetală apare alcătuită din protoplasma vie, membrană pectocelulozică și vacuolă. Tot la microscopul optic obișnuit în celulă se distinge nucleul, vacuolele și o parte din organele citoplasmice (cloroplaste).

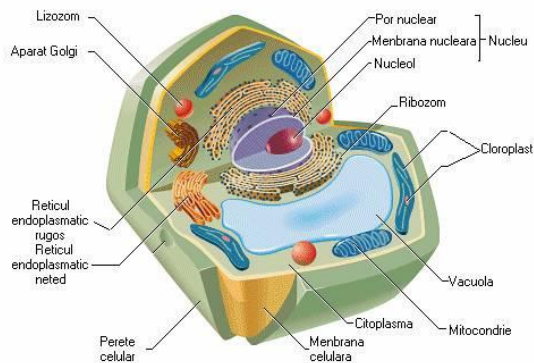


Figura 1- Structura celulei vegetale la microscopul optic

Citoplasma

Observată la microscopul optic, citoplasma apare ca o masă transparentă, în care se disting unele componente celulare. Citoplasma este masa fundamentală a protoplasmei vii, în care sunt incluse organele celulare. Ea este componentă esențială a celulei

lor vii, atunci când se află în stare fluidă și în neîntreruptă mișcare; coagularea citoplasmei determină încetarea manifestărilor vitale și implicit moartea celulei. Diferite detalii în structura citoplasmei au fost cunoscute abia după primele cercetări cu microscopul electronic.

Citoplasma este considerată componentă principală a celulei, caracterizată printr-o perfectă unitate și integritate de organizare și funcționare. Substanțele organice care predomină în masa de citoplasmă și constituie elemente de constituție ale acesteia sunt: proteinele hidrofili, fosfolipide, acizi nucleici ș.a. Citoplasma reprezintă un sistem coloidal polifazic complex, în care proteinele hidrofili, tipic coloidale, realizează un mediu heterogen și labil, care își schimbă cu ușurință reacția și sarcina electrică și își modifică starea fizică. Proteinele existente în citoplasmă determină funcții metabolice și enzimatice caracteristice, ce imprimă specificitate și diversitate organismelor vii. Proteinele de constituție și proteinele enzimatice diferă de la specie la specie, de la individ la individ, de la un organ la altul.

Citoplasma este alcătuită din hialoplasma, organite citoplastice și membrane plasmatică.

Hialoplasma este o masă transparentă, omogenă și aparent lipsită de structură, numită și *matrice citoplasmatică*. Hialoplasma se prezintă ca un sistem coloidal vâscos, rigid sau elastic, nemiscibil cu apa. Ultrastructura hialoplasmei se compune din filamente fine care alcăluiesc o rețea macromoleculară filamentoasă, ce constituie scheletul sau stroma. Filamentele respective sunt formate din lanțuri polipeptidice de proteine, respectiv proteine fibrilare care se pot lega între ele în diferite moduri.

Hialoplasma este alcătuită din apă, substanțe organice, săruri minerale și ioni liberi de K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Fe^{++} , Mn^{++} , Cu^{++} , Zn^{++} , NH_4^+ , PO_3^- , SO_4^- , etc. Raportul dintre aceste substanțe electrolite și neelectrolite imprimă hialoplasmei o anumită stare fizică și prezintă un rol important în desfășurarea proceselor fiziologice din celulă.

Atunci când predomină proteinele globulare, hialoplasma este fluidă, iar când predomină cele filamentoase este vâscoasă. Dintre compușii organici mai importanți în hialoplasmă se găsesc: nucleoproteide, lipide complexe, glucide solubile, aminoacizi, ARNm, ARNt, ARNr, enzime, substanțe bioactive (biocatalizatori, hormoni, vitamine), compuși metabolici primari și secundari.

Datorită multiplelor componente organo-minerale, hialoplasma este sediul celor mai numeroase și mai rapide modificări structurale și funcționale de natură fizicochimică și metabolică și totodată spațiul în care se desfășoară transformarea energiei chimice potențiale în energie liberă, mecanică și calorică, care asigură mișcarea intracelulară și reacțiile de sinteză ce au loc în celulă.

Organitele citoplasmice sunt componente de forme și mărimi variate, cu funcții diferite în ansamblul activității fiziologice a celulei.

Reticulul endoplasmatic

La microscopul electronic masa de citoplasmă a celulelor mature apare străbătută în toate sensurile de o rețea densă de canalicule tubulare, simple sau ramificate, care leagă între ele vezicule pline cu lichid (vacuole) și diferite cisterne (dictiozomi), precum și alte formațiuni intracelulare. Această rețea de canalicule face legătura între membranele nucleilor a două celule vecine și a tuturor celulelor din țesuturi, organe și chiar din organismul întreg.

Descoperirea reticulului endoplasmatic reprezintă o etapă importantă în dezvoltarea cunoștințelor referitoare la structura submicroscopică a citoplasmei și la funcționalitatea ei. În celulele meristemice, reticulul endoplasmatic este slab dezvoltat. În celulele secretoare, reticulul endoplasmatic este mai dezvoltat și ocupă mare parte din citoplasmă, având o importantă funcție fiziologică în activitatea celulelor. Rețeaua de canalicule, care străbate citoplasma celulei, favorizează schimbul metabolic de substanțe între celule și între componentele celulare. Prin rețeaua de canalicule a reticulului

endoplasmatic circulă apă, electroliți, compuși organici etc., reticulul endoplasmatic având funcția de aparat circulator intracelular. Membranele reticulului endoplasmatic sunt de tip plasmatic, cu structură moleculară globulară și au rol deosebit de important în metabolismul celulei. Acestea permit pătrunderea moleculelor, a ionilor, a ATP etc. în interiorul canaliculelor și ieșirea produșilor metabolici afară din citoplasma. Membranele reticulului endoplasmatic sunt suportul unui mare număr de enzime celulare. Reticulul endoplasmatic neted (agranular) este format, din tubuli ramificați, cu diametrul de 500-1000 Å și este bine dezvoltat în celulele cu funcție de sinteză. Faptul că celulele cu funcție principală în sinteza lipidelor și a sterolilor prezintă un reticul endoplasmatic neted bine dezvoltat a sugerat ideea că la nivelul acestuia sunt localizate enzime implicate în sinteza lipidelor și a sterolilor. Există și dovezi despre localizarea pe reticulul endoplasmatic neted a enzimelor care participă la sinteza glicogenului. Funcția fiziologică a reticulului endoplasmatic neted este deci aceea de sinteză a sterolilor, lipidelor și a glicogenului.

Reticulul endoplasmatic rugos (granular) este format tot din tubuli ramificați, ca și cel neted, dar se deosebește de acesta prin prezența ribozomilor atașați pe fața externă a tubulilor, din care cauză prezintă aspect rugos caracteristic. Prezența ribozomilor conferă reticulului endoplasmatic rugos particularități morfologice și funcții fiziologice în viața celulei. Unele componente ale reticulului endoplasmatic rugos au fost observate mai înainte de către histologi și au fost nutrite *ergastoplasmă* (plasmă lucrativă), ceea ce sugerează participarea acestora la activitatea de sinteză a celulei. Reticulul endoplasmatic rugos este mai dezvoltat în citoplasma celulelor care sintetizează proteine. Folosirea unor aminoacizi marcați cu izotopi radioactivi în studiul sintezei proteinelor și urmărirea metabolizării lor în organele celulare, a demonstrat încorporarea aminoacizilor în lanțuri polipeptidice la nivelul

ribozomilor. Cercetând mai profund modul cum participă reticulul endoplasmatic rugos la sinteza proteinelor intracelulare, G. E. Palade arată că la nivelul ribozomilor de pe reticulului endoplasmatic rugos se sintetizează „proteine de export” (Milică și colab. 1982).

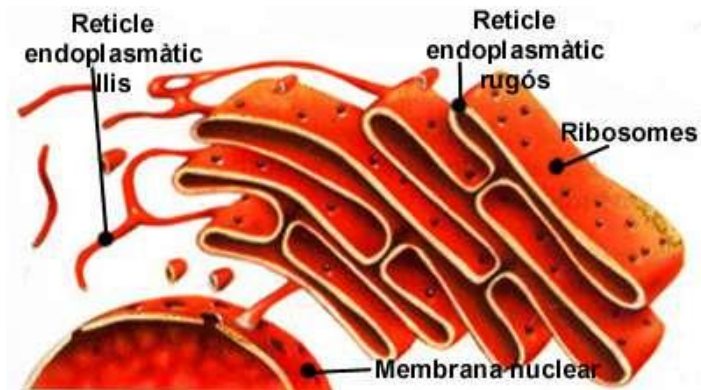


Figura 2 - Reticulul endoplasmatic în celula vegetală:

Mitocondriile și plastidele

Mitocondriile și plastidele sunt organite citoplasmatică care prezintă multe asemănări morfologice, funcționale și poate chiar filogenetice. Ambele organite prezintă structură internă membranoasă, mult dezvoltată, care derivă din pătura internă a membranei înconjurătoare. Ambele participă la transformări energetice intense în celulă. Mitocondriile sunt prezente în celulele tuturor eucariotelor. Plastidele sunt prezente numai în celulele plantelor. Mitocondriile sunt organite citoplasmatică aglomerate, de obicei, în jurul nucleului sau în acele zone ale citoplasmei unde se desfășoară o activitate metabolică intensă, cu consum mare de energie. Mitocondriile au forma unor grăuncioare sferice sau ușor alungite, cu diametrul de 0.5-1 micron și lungimea de 1-5 micrometri. Mărimea suprafeței interne a mitocondriilor este proporțională cu activitatea fiziologică a celulei și cu condițiile externe de temperatură

și lumină. În interiorul mitocondriei se găsește plasma mitocondrială sau *condrioplasma*, alcătuită dintr-o masă de substanță omogenă, numită matrice sau matrix, în care se desfășoară procese fiziologice de importantă majoră pentru viața celulei. Atât în interior cât și pe suprafața exterioară a mitocondriilor se găsesc diferite enzime, care au rol deosebit de important în ciclul lui Krebs și în reacțiile de fosforilare. Se apreciază că 50% din enzimele unei celule sunt localizate în mitocondrii.

Rolul fiziologic al mitocondriilor este de importanță fundamentală pentru viața celulei; anumite substanțe organice complexe trec din citoplasmă în interiorul mitocondriilor, unde se degradează sub influența enzimelor respiratorii. Un lanț de reacții oxido-reducătoare transformă glucidele, acidul piruvic, acizii grași, aminoacizii, în combinații chimice mai simple.

Pe suprafața exterioară a mitocondriilor se găsesc o serie de alte enzime, care descompun substanțele din jur, asigurând astfel legătura între procesele biochimice care au loc în interiorul mitocondriilor și cele din exterior, din hialoplasmă. În mitocondrii se petrec și procese de sinteză a substanțelor proteice necesare construcției cristelor mitocondriale. La acest proces un rol important au ribozomii liberi din interiorul mitocondriilor.

Plastidele sunt organite celulare prezente numai în celulele vegetale. Ele iau naștere la lumină, prin transformarea proplastidelor. La plantele superioare, proplastide se găsesc atât în celula-mamă, cât și în celulele meristemice, ceea ce atestă modul lor de formare. Plastidele se formează într-o anumită succesiune, și anume: proplastide → leucoplaste → cloroplaste → cromoplaste. În funcție de compusii chimici pe care-i conțin sau îi elaborează, plastidele sunt de trei feluri: cloroplaste, cromoplaste și leucoplaste, dintre care cloroplastele sunt colorate, iar leucoplastele incolore.

Cloroplastele sunt cele mai mari organite celulare care se găsesc în toate celulele organelor verzi ale plantelor. Sunt prezente

numai în celulele vegetale. La plantele superioare se găsesc numeroase cloroplaste, de formă sferică, sau lenticulară, cu diametrul mare de 5 μ , diametrul mic de 2 μ și grosimea de 0,5 μ . Într-o celulă se află în medie 20 -100 cloroplaste. După particularitățile lor de structură, pigmentii asimilatori din plantele superioare terestre se impart în: grupa pigmentilor clorofilieni și grupa pigmentilor carotenoizi; pigmentii clorofilieni joacă rol deosebit de important în fotosinteză, iar pigmentii carotenoizi însoțesc pigmentii clorofilieni în celulele asimilatoare la toate plantele.

Ribozomii. Sunt particule ultrastructurale , citoplasmatic, de natură ribo-nucleoproteică , cu dimensiuni cuprinse între 80 și 300 Å prezente în toate tipurile de celule. Au fost descoperiți de către Palade în 1953, în omogenate de celule hepatice și în ultrasecțiuni celulare și din această cauză se numesc *granulele lui Palade*. La plante, ribozomii au fost puși în evidență de către E. Robinson și R. Brown (1953) în celulele rădăcinii de bob. În celulele vegetale, ribozomii se găsesc:

- ❖ atașați peretelui exterior al canaliculelor reticulului endoplasmatic rugos
- ❖ atașați și pe suprafața externă a membranei nucleare.
- ❖ în stare liberă în interiorul cloroplastelor și al mitocondriilor.
- ❖ sub formă liberă în hialoplasmă (în celulele meristemate, ribozomii sunt liberi în citoplasmă, reticulul endoplasmatic la aceste celule fiind puțin dezvoltat).

În privința compoziției chimice, ribozomii sunt de natură nucleoproteică, fiind alcătuiți din molecule de ARN asociate cu molecule de proteine bazice, în părți egale, la care se adaugă ioni de Ca^{++} și Mg^{++} legați de ARN ribozomal. În interiorul ribozomului predomină ARN, iar proteinele se găsesc într-un strat monomolecular la suprafață. În ribozomi mai există ribonuclează în

stare legată, precum și esteraze, fosfataze etc., enzime implicate în fotosinteză și în proteosinteză.

Funcția principală a ribozomilor este sinteza proteinelor, fenomen care se desfășoară mai intens la nivelul reticulului endoplasmatic rugos. Ribozomii izolați sunt inactivi în procesul de proteosinteză. Procesul de sinteză a proteinelor este declanșat prin acțiunea acizilor nucleici, cu ajutorul ATP-ului care determină unirea aminoacizilor în lanțuri polipeptidice. Aminoacizii sunt transportați din diferite părți ale citoplasmei de către moleculele de ARN-transportor. Ordinea de aranjare a aminoacizilor în molecula proteică este determinată de ARN-mesager, care vine din nucleu în citoplasmă aducând informații genetice specifice transmise de ADN-nuclear. ARN-mesager este fixat pe ribozomi după un anumit „cod” și joacă rol de tipar, pe care se asamblează aminoacizii într-o anumită ordine.

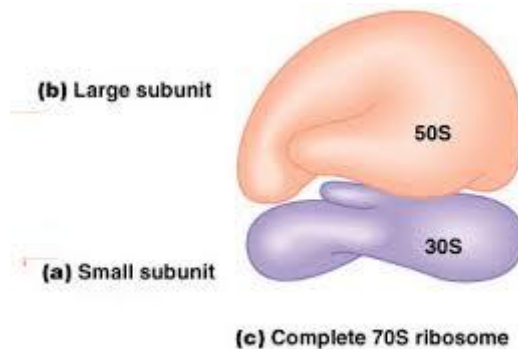


Figura 3- Componente ribozomale

Lizozomii. Sunt formațiuni citoplasmatică veziculare, de formă aproximativ sferică, având dimensiuni ceva mai mici decât mitocondriile și mai mari decât ribozomii. La exterior sunt delimitați de o membrană lipoproteică simplă. Această membrană învește o stromă densă, în care se găsesc aproximativ 12 tipuri de enzime hidrolizante, ca: fosfataze, esteraze, nucleaze, proteaze, ADN-aze, sulfalaze, etc. Funcția fundamentală a lizozomilor este

descompunerea substanțelor de rezervă cu moleculă mare (poliglucide, proteide, lipide, lipoide) din celulă. Acest lucru se realizează prin dezorganizarea membranei lizozomilor și trecerea enzimelor hidrolizante în hialoplasmă, unde produc descompunerea substanțelor complexe și trecerea lor în substanțe cu molecula mai simplă, care pot fi utilizate în nutriția intracelulară. În felul acesta, în procesul germinării semințelor, embrionul crește pe seama substanțelor de rezervă din celulele endospermului sau a cotiledoanelor, hidrolizate de către enzimele din lizozomi. În mod obișnuit, lizozomii se adună în jurul mitocondriilor din celulă, iar produșii de hidroliză rezultați sunt folosiți de către mitocondrii în procesul de respirație. Degradarea hidrolitică a substanțelor complexe din celulă duce uneori la lezarea integrității celulei. Acest lucru se petrece în condiții de inaniție sau la moartea celulei, când membrana lizozomilor se dezagregă ușor, iar enzimele lizozomului trec cu ușurință în hialoplasmă unde provoacă necrozarea materiei vii și autoliza totală a hialoplasmei.

Membranele plasmatică

Citoplasma celulelor vegetale este delimitată la periferie de către o membrană celulară numită **plasmalema**, iar spre vacuole de o altă membrană, mai puțin permeabilă, numită **tonoplast**. Întrucât ambele membrane fac corp comun cu citoplasma celulei și nu pot fi detașate, așa cum se poate detașa membrana pectocelulozică, poartă denumirea de membrane plasmatică.

Plasmalema. Este o peliculă extrem de subțire, nedetașabilă, diferențiată din citoplasmă la periferia acesteia, aderentă la peretele pectocelulozic al celulei. Această peliculă, mai densă decât restul citoplasmei, posedă însușiri de membrană relative semipermeabilă-selectivă. Ea reprezintă o barieră care permite pătrunderea unor substanțe în celulă și oprește pătrunderea altora, permițând în același timp ieșirea afară din celulă a diferitelor substanțe sau a unor

produși de catabolism. Prin aceste însușiri ale sale plasmalema participă la activitatea vitală a celulei pe care o influențează. Plasmalema poate fi pusă în evidență în mod indirect prin fenomenul de plasmoliză - deplasmoliză.

La microscopul electronic, plasmalema apare ca o membrană dublă, formată din două foițe dense și omogene, de 75-90Å în care se afla apă și anumiți constituenți necunoscuți. Fiecare din cele două foițe este constituită din două straturi de molecule proteice, dispuse paralel, care la microscopul electronic apar întunecate (dense, netransparente). Între acestea se află două straturi de molecule fosfolipidice, care la microscop apar mai transparente (mai luminoase). Moleculele de fosfolipide sunt bipolare și se aliniază paralel între ele și perpendicular pe suprafața membranei; grupările hidrofile sunt asociate cu straturile proteice, iar grupările hidrofobe sunt așezate față în față spre interior. Compoziția chimică a plasmalemei este alcătuită din circa 2/3 lipide (steride, lecitine), circa 1/3 proteine și cantități infime de poliglucide și enzime, care facilitează transportul activ al substanțelor prin membrane și reglează ordinea de desfășurarea reacțiilor biochimice din plasmalemă. Lipidele conferă membranelor o permeabilitate redusă pentru ioni și o permeabilitate mare pentru substanțele solubile în grăsimi. Modul de aranjare a moleculelor proteice în lamelele externe imprimă plasmalemei o anumită rezistență mecanică și elasticitate. Elasticitatea este dovedită de prezența firelor de citoplasmă (plasmodesme) întinse între conținutul contractat al unei celule plasmolizate și membrana pectocelulozică (firele lui Hecht). Plasmalema prezintă din loc în loc pori fini, corespunzător terminațiilor reticulului endoplasmatic. Cercetările au stabilit că plasmalema joacă un rol important în reglarea schimburilor osmotice dintre celulă și mediul extracelular.

Plasmodesmele sunt fire de citoplasmă și plasmalemă care leagă conținutul viu al celulelor învecinate, făcând din întregul organism pluricelular o singură unitate plasmatică și funcțională.

Tonoplastul. Este o peliculă membranoasă ca și plasmalema, care delimitează citoplasma spre vacuole. Are însă o structură submicroscopică mai consistentă decât plasmalema, fiind alcătuit dintr-un număr dublu de straturi fosfolipoproteice, ceea ce îi conferă un caracter mai pronunțat de semipermeabilitate și un schimb selectiv de substanțe mai strict decât plasmalema. Existența tonoplastului a fost pusă în evidență prin experiențe cu izotopi radioactivi care demonstrează acumularea temporară a unor substanțe în citoplasmă înainte de a trece în sucii vacuolar. Elasticitatea tonoplastului atestă faptul că în structura sa chimică se găsesc proteine, iar dezintegrarea sa în solvenții lipidelor dovedește prezența lipoizilor. Tonoplastul are deci aceeași compoziție chimică ca și plasmalema. Ambele membrane plasmatică sunt alcătuite din substanțe identice cu cele existente în masa de citoplasmă și de aceea se pot reface ușor în caz de rănire.

Nucleul

Este un corpuscul mai dens decât citoplasma, de formă sferică sau ovală, discoidală, bastonaș etc. Nucleul este alcătuit dintr-un sistem coloidal complex, cu vâscozitate variabilă, ce trece de la starea de sol la cea de gel, cu indice de refracție mare, ceea ce asigură observarea sa la orice microscop. Marimea nucleului este în general, sub 0,5 μ m diametru. La exterior, nucleul este delimitat de o membrană nucleară dublă, similară membranelor mitocondriilor sau plastidelor. Membrana nucleară este formată din două foițe lipoproteice. În anumite puncte cele două foițe se unesc formând pori. În interiorul nucleului se găsește plasma nucleară (carioplasma) care este o masă fluidă, coloidală, asemănătoare citoplasmei, dar, cu un conținut mai bogat în nucleoproteide. În carioplasmă se găsesc unul sau mai mulți nucleoli, filamente de cromatină, ioni

minerali, picături de lipide, enzime cu acțiune sintetică și hidrolitică (arginază, peptidază, esterază, lipază, fosfatază alcalină, ribonuclează etc.).

Nucleolii din interiorul nucleului sunt foarte refringenti și au un conținut ridicat de acizi ribonucleici (ARN), care dau acestora o mare activitate și labilitate în sinteza proteinelor.

În toate manestrările vitale ale celulei nucleul are rol fiziologic primordial, fiind cea mai importantă formațiune subcelulară, în strânsă interrelație cu citoplasma. El participă nu numai la transmiterea caracterelor ereditare, ci și la alte procese, cum ar fi: reglarea formării moleculelor enzimatică; dirijarea proceselor de sinteză a proteinelor; formarea membranei celulozice; asigurarea valorii tampon a protoplasmei împotriva modificării pH; participarea sa la procesele de diferențiere celulară, regenerare și cicatrizare a rănilor etc.

Vacuolele

Vacuolele sunt constituenți ai celulelor pline cu suc vacuolar. Vacuolele provin din dilatarea reticulului endoplasmatic. Forma și numărul vacuolelor diferă, funcție de vârsta celulei; în celulele tinere din țesuturile meristemice, vacuolele sunt foarte mici și au forme globulare. Pe măsură ce se maturizează celula, vacuolele mici se umplu cu apă și se măresc, confluează unele cu altele, numărul lor scade, iar în final rămâne o singură vacuolă mare, care ocupă partea centrală a celulei, în timp ce protoplasma vie este împinsă la exterior spre membrana celulozică. Vacuola este delimitată la exterior de tonoplast, care permite trecerea apei și a substanțelor cu moleculă mică și oprește substanțele organice cu molecula mare. Vacuola reprezintă rezervorul de apă al celulei. În vacuolă se găsesc diferite săruri minerale și molecule organice. Printre acestea amintim: acizi organici (malic, citric, tartric, oxalic), glucide (glucoza, fructoza, zaharoza, inulina, gume, mucilagii), uleiuri eterice, alcaloizi, glicosizi, taninuri etc. Toate aceste substanțe dau sucului vacuolar un pH acid,

care diferă de acela al citoplasmei, în general neutru sau ușor alcalin. Rolul fiziologic al vacuolelor constă în participarea sucului vacuolar la funcțiile esențiale din viața celulei: hidratarea celulei pe principii osmotice, aprovizionarea cu elemente minerale, reținerea substanțelor toxice, etc. (Milică și colab. 1982).

Peretele celular de natură celulozică

Este un constituent propriu numai celulelor vegetale. Membrana celulozică este un produs metabolic al protoplasmei și alcătuiește un schelet pericelular relativ rigid. Membranele celulare de natură celulozică prezintă și unele modificări secundare, ca: cerificare, cutinizare, lignificare, suberificare, mineralizare, gelificare, lichefiere etc. Membrana celulară îndeplinește o serie de funcții importante în viața celulei, și anume: funcție de apărare a protoplasmei; rol de susținere mecanică a celulelor și țesuturilor; permite trecerea plasmodesmelor de la o celulă la alta etc.

1.3.2. Organizarea structurală și funcțională a celulei animale

Celulele animale intră în alcătuirea organismelor animale. Celula animală conține un nucleu care reprezintă un corpuscul de formă rotundă acoperit cu o membrană dublă. Nucleul este așezat în partea centrală a celulei animale. Citoplasma este prezentă în celula animală și reprezintă conținutul dintre membrana plasmatică și nucleu. Citoplasma are mai multe funcții dintre care amintim:

- servește drept mediu favorabil de plasare și integrare funcțională a multor organite celulare;
- la nivelul citoplasmei se produc procese chimice importante;
- citoplasma este sediul principalelor substanțe organice și anorganice necesare activității eficiente a celulei.

Mitocondriile prezente în celula animală ca și în cea vegetală au rolul de descompunere a substanțelor organice, proces însoțit de eliberarea de energie. Ribozomii sunt prezenți în citoplasmă și au rol în sinteza proteinilor. Aparatul Golgi fiind un organit citoplasmatic al celulei este format din mai mulți dictiozomi cu rol de stocare a proteinilor. Celula animală nu are perete celular cu excepția unor celule epiteliale. Lipsesc plastidile, iar vacuolele sunt mici. Structura heterogenă a celulei a fost descrisă de morfologi, la nivelul microscopiei optice și apoi la microscopul electronic, de la formularea teoriei celulare de către Schwann (1839) până în zilele noastre, când complexitatea structurilor funcționale ale celulei este susținută de datele oferite de biochimie, biofizică și fiziologie.

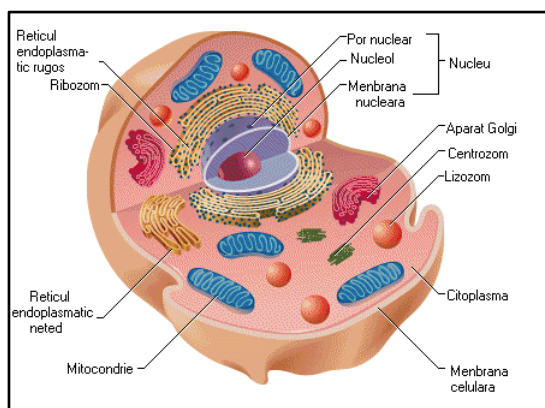


Figura 4 - Structura celulei animale

Membrana celulară și endomembranele nu sunt complet asemănătoare, dar prezintă o serie de caracteristici comune întregului sistem celular de membrane:

- au același tip structural, biochimic, biofizic, morfologic și funcțional;
- au permeabilitate selectivă, dinamică, ciclică;
- au o polarizație electrică, ce se poate modifica în strânsă dependență de variațiile permeabilității;

- au sisteme enzimatic proprii, care le conferă funcțiuni metabolice specifice.

Una din funcțiile principale ale membranelor celulare este asigurarea schimbului permanent și adecvat de substanțe dintre mediile pe care le separă. Membranele celulare manifestă o permeabilitate selectivă, dinamică. Procesele de difuziune pasivă și cele ale transferului activ sunt asigurate de existența sistemului de enzime proprii pe care le conține fiecare categorie de membrane (mitocondriale, ergastoplastice, ale sistemului Golgi etc.) funcții specifice. Capacitatea membranelor de a-și modifica permeabilitatea pentru ioni este datorată: labilității structurii membranei, existenței unor cicluri de permeabilitate și controlului acestor cicluri.

Permeabilitatea selectivă a sistemului de membrane celulare asigură și menține un gradient chimic la nivelul membranei periplasmatică, între mediul intracelular și mediul extracelular precum și la nivelul endomembranelor, între citoplasma fundamentală (hiatoplasma) și matricea omogenă a diferitelor organele celulare.

Fiecare categorie de membrane poate fi privită ca un mozaic heterogen de unități funcționale, ce asigură o permeabilitate diferențială a regiunilor celulare.

Membranele (cu enzimele adiacente) reprezintă 60-90% din totalul substanței celulare. Membrana periplasmatică și endomembranele reprezintă faza structurală celulară care îndeplinește două funcții bine stabilite și anume transportul selectiv de substanțe și transferul de energie, și dispune de proprietatea de a înmagazina informație și de a participa la coordonarea activității celulare, reprezentând astfel baza moleculară a integrării celulare. Ribozomii, centrozomul celular etc., au funcții importante în sintezele celulare, în înmulțirea celulelor etc.

II. ELEMENTE DE MICROBIOLOGIE

2.1. Importanța microbiologiei. Obiectul microbiologiei

Microorganismele fiind un grup de viețuitoare cu implicații majore în viața tuturor sistemelor biologice, necesită un studiu aprofundat, pentru a înțelege rolul lor în aceste sisteme, astfel încât activitatea lor să poată fi modelată în sensul dorit de om fără a se crea perturbații ireparabile.

Microbiologia prezintă:

- ❖ descrierea microorganismelor, alcătuirea lor morfo-structurală, modul de hrănire prin care ele intervin în lanțurile trofice ale ecosistemelor și modul de reproducere prin care ele se răspândesc și populează diferite habitate;
- ❖ rolul microorganismelor în ecosisteme și implicațiile lor asupra organismelor;
- ❖ interrelațiile complexe care există între microorganisme și mediul lor de viață, făcându-se referire la factorii mediului abiotic, dar și a celorlalte viețuitoare din ecosistem cu care microorganismele stabilesc diferite tipuri de interrelații care contribuie la funcționarea ecosistemului din care fac parte.

Cunoștințe de microbiologie generală privind: descrierea celor mai commune microorganisme din punct de vedere al caracteristici lor morfologice, structurale și fiziologice, prezentarea grupelor sistematice și funcționale și a corelațiilor ecologice ale acestora sunt completate de aspecte particulare din domeniile microbiologiei solului, apelor, alimentare, agricole etc., prezentate într-un context sistemic, astfel încât însușirea lor să constituie fundamentul științific pentru folosirea lor în practică. Înțelegerea și acumularea de cunoștințe se bazează pe elemente de chimie, biochimie, ecologie, etc.

2.2. Definiția microbiologiei ca știință

Microbiologia este știința biologică care se ocupă cu studiul structurii, dezvoltării și acțiunii microorganismelor. Ea are un caracter aplicativ care cuprinde un sistem organizat de cunoștințe, prin care se explică legile după care se desfășoară viața microorganismelor.

Microbiologia studiază morfologia, fiziologia, biochimia, sistematica microorganismelor, originea și evoluția fenomenelor ereditare și variabilitatea microorganismelor, cât și relațiile lor cu mediul abiotic și biotic. Microorganismele sunt un grup heterogen de organisme unicelulare și pluricelulare, care dispun de un metabolism propriu și sunt capabile de a se înmulți. Microorganismele sunt viețuitoare unicelulare sau pluricelulare, observabile numai la microscop.

Dimensiunile celulei, reprezentând un organism, sunt de ordinul micrometrilor. Coloniile lor, formate din milioane de celule, se văd cu ochiul liber.

2.3. Clasificarea microorganismelor

Microorganismele se clasifică, după organizarea tipului celular, în următoarele grupe:

- ❖ virusuri și viroizi - forme acelulare;
- ❖ procariote - bacterii, cianobacterii, actinomicete, richetsii, micoplasme;
- ❖ eucariote - fungi: drojdii (levuri), micromicete (ciuperci microscopice, mucegaiuri, fungi filamentoși), alge microscopice (alge verzi, verzi-gălbui), diatomee, protozoare, rotifere (metazoare).

În prezent este acceptată ideea că virusurile și virozii nu sunt organisme vii, ele fiind considerate entități intermediare între lumea vie și lumea chimică organică.

Virusurile și virozii sunt paraziți obligați intracelulari, care se pot multiplica doar într-o celulă gazdă vie. De asemenea transmiterea lor se face exclusiv prin mediatori celulari.

Microorganismele, ca forme celulare, pot trăi heterotrof parazit pe diferite viețuitoare, producând boli, heterotrof saprofit pe materii organice sau anorganice sau autotrof.

Cunoașterea microorganismelor sub diverse aspecte și în special din punct de vedere al transformărilor pe care acestea le produc asupra substratelor anorganice sau organice pe care se dezvoltă este deosebit de importantă în practică. Nu de mai mică importanță sunt microorganismele parazite, care ocupă un loc important în patologia agricolă, zootehnică și medicală.

2.4. Ramurile microbiologiei

În funcție de aplicațiile practice, microbiologia se împarte în numeroase ramuri:

- *virusologia (inframiobiologia)*-studiază forme acelulare de organizare ale materiei vii
- *bacteriologia* - studiază bacteriile,
- *micologia* - studiază funghi,
- *imunologia* - studiază reacția gazdei la acțiunea unui agent infecțios,
- *microbiologia agricolă* - studiază transformările produse de microorganisme asupra elementelor chimice din sol (*microbiologia solului*), cât și cu studiul microorganismelor patogene pentru plantele de cultură (*fitopatologia*) și pentru speciile de animale din zootehnie (*microbiologia veterinară*).
- *microbiologia medicală* - se ocupă cu studiul microorganismelor patogene pentru om și combaterea lor.
- *microbiologia industrială* - se ocupă cu studiul modificărilor (alterărilor) produse de unele microorganisme saprofite sau utilizarea altora în scopul preparării diferitelor alimente.

- *microbiologia acvatică* studiază microorganismele care se dezvoltă în ape și acționează în productivitatea bazinelor acvatice și interacțiunea lor cu celelalte tipuri de organisme vii din acest mediu.

2.5. Dezvoltarea microbiologiei ca știință

Studiul microorganismelor a preocupat oamenii de știință încă din antichitate. Microbiologia este o știință nouă deoarece microorganismele au putut fi evidențiate numai în sec. al VII-lea, o dată cu descoperirea microscopului. Se poate spune că microbiologia s-a dezvoltat ca știință numai după ce în optică s-au acumulat o serie de cunoștințe care au permis inventarea și perfecționarea microscopului. Astfel, lumea microorganismelor începe să fie cunoscută odată cu observațiile făcute de cercetătorul amator *Antonie van Leeuwenhoek*, care a construit primul microscop care mărea de 160 de ori. În Olanda, la 1695, *Antonie van Leeuwenhoek*, ca pasionat al studiului la microscopul care mărea de 160-300 de ori, a descoperit „o lume într-o picătură de apă”; a examinat apa de ploaie, apa din canalele orașului, infuzia de piper, saliva umană și a descoperit o lume minusculă, formată din „animalicule”, mobile în câmpul microscopic. În salivă a observat mai multe tipuri de bacterii. A efectuat primele desene care demonstrează existența microorganismelor.

◆ Perioada morfologică a microbiologiei, a început după descoperirea bacteriilor și protozoarelor de către *Leeuwenhoek*.

Savanții au urmărit:

- evidențierea microorganismelor din medii naturale (ape, soluri, produse alimentare),

- stabilirea și clasificarea tipurilor morfologice de microorganisme.

Savantul suedez *Karol Linné*, în 1735, nu a putut clasifica microorganismele, denumindu-le „chaos”. Dar, nomenclatura binară a speciilor, introdusă de *Linné*, este utilizată în microbiologie. Astfel, antraxul este denumit *Bacillus anthracis*.

◆ Perioada fiziologică a microbiologiei este introdusă de *Louis Pasteur* (1822- 1895), care poate fi considerat părintele microbiologiei moderne. El a dat o interpretare științifică fenomenelor produse de microorganisme, a imaginat o serie de tehnici de studiu a acestora și a descoperit o serie de microorganisme. Între 1850-1890, din rațiuni practice, pentru obținerea berii, oțetului etc, descoperă bacteriile patogene. Solicitat de industriași francezi pentru problemele alterării vinurilor și berii, a examinat o picătură de bere nealterată, în care a observat celulele de drojdie sferice și o picătură de bere alterată, în care a observat pe lângă celulele sferice de drojdie și celule în formă de bastonașe-cauza alterării. Descoperirile lui au revoluționat biologia, medicina, științele agricole, industria alimentară. Pasteur a obținut primele vaccinuri (vaccinul antirabic) și a realizat primele vaccinări împotriva turbării. A studiat microorganismele care produc boli (antrax-dalac-cărbune produs de *Bacillus antracis*). A folosit pentru studierea microorganismelor, medii nutritive lichide (urina umană, care conține urme de glucide-zaharuri, azot, uree, NH₃, săruri minerale, unde bacteriile se pot dezvolta, cresc și produc opalescență).

Medicul *Robert Koch* (1843-1916), bacteriolog, a introdus tehnica colorării preparatelor microscopice în studiul unor agenți patogeni, descoperind agentul infecțios al tuberculozei, a introdus mediile nutritive solidificate, pe bază de agar-agar (polizaharid produs de algele roșii), a descris cu entuziasm cele mai gingașe „forme artistice ale naturii”.

Alte nume de marcă ale microbiologiei sunt *Iliia Mecinikov*, (1845- 1916) care a pus bazele imunologiei, *Paul Ehrlich* (1854-1915), *Alexander Fleming* (1881-1915), care a deschis era antibioticelor și mulți alții. În 1875 *Martin Mateevici Terekovski* a folosit primul experimentul în microbiologie, arătând că în infuzia de fân trăiesc ființe vii care respiră și se înmulțesc. *Serghei Nicolaevici Vinogradski*, studiind microorganismele din sol, a descoperit

chimiosinteza, procesul de sinteză a substanțelor organice celulare utilizând energia chimică obținută prin reacții de oxidare: NH_3 - NO_2 - NO_3 (în cazul bacteriilor nitrificatoare care formează nitrați); S - SO_4 - (în cazul bacteriilor sulfocitoare care formează sulfati).

În țara noastră bazele microbiologiei au fost puse de *Victor Babeș* (1854-1926), care a studiat bacteriile ce produc boli la om și animale, a studiat boli infecțioase ca lepra, tuberculoza, holera, febra tifoidă, turbarea. a introdus în tehnica de laborator procedeul de colorare vitală, care a permis punerea în evidență a structurii bacteriilor și profilaxia unor boli., a descoperit antibioza—capacitatea unor microorganisme de a lupta împotriva altora, de a inhiba dezvoltarea altora; și antibioticul, produs al antibiozei. Victor Babeș este fondatorul virusologiei în România.

Ioan Cantacuzino (1863-1934) a pus bazele imunologiei în țara noastră, fiind organizatorul școlii românești de microbiologie. *Traian Săvulescu* a pus bazele fitopatologiei, iar *Dumitru Moțoc* (1898-1969) a avut contribuții importante în domeniul microbiologiei alimentare.

Realizările microbiologiei actuale au devenit posibile pe baza dezvoltării fizicii, biologiei și în special a biochimiei. Perioada actuală este perioada biologiei și geneticii moleculare în microbiologiei.

2.6. Importanța microorganismelor

Microorganismele din ecosistemele acvatice au o deosebită importanță pentru viața acestor medii. Astfel, unele microorganisme pot sintetiza substanțe organice din elemente chimice anorganice participând la producția primară a bazinelor acvatice.

Alte microorganisme sintetizează substanțe organice pornind de la alte tipuri de substanțe organice mai simple ducând astfel la fertilizarea apelor și îmbogățirea lor în nutrienți mai ales azotați.

Rolul cel mai important este însă în descompunerea resturilor de plante și animale din care transformă substanțele organice până la

substanțe anorganice capabile a fi asimilate de plantele verzi în producția primară.

În felul acesta microorganismele acvatice contribuie la reciclarea elementelor chimice necesare vieții în bazinele respective.

Microorganismele din sol au un rol primordial în fertilitatea solului, transformând substanțele organice în substanțe anorganice. În absența lor, s-ar acumula în sol resturile de plante și animale și treptat s-ar epuiza rezervele de săruri minerale și bioxid de carbon, iar viața nu ar mai fi posibilă. Microorganismele joacă un anumit rol și în descompunerea rocilor, în formarea sulfatilor și nitraților, unele fixează azotul atmosferic, iar altele produc bioxid de carbon, atât de necesar în producția primară a plantelor superioare.

2.7. Activitatea specifică a microorganismelor

Microorganismele sunt răspândite în natură pretutindeni, ele având capacități de adaptabilitate mai mari decât orice alt organism viu. Ele au toate dimensiuni microscopice, adică nu pot fi observate cu ochiul liber decât prin intermediul microscopului. Observația lor microscopică este însă destul de anevoioasă. Pentru a ușura cunoașterea lor se recurge la observația indirectă, fie prin observarea activității lor (a transformărilor induse de către ele în mediul de viață), fie prin izolare și cultivare artificială în laborator.

Activitatea microorganismelor se concretizează în transformarea mediului lor de viață. Este ceea ce se numește degradarea substratului. În cursul degradării substratului, microorganismele, prin activitatea lor vitală, induc o serie de transformări biochimice ale acestuia. Se folosește termenul de degradare a substratului întrucât microorganismele folosesc substanțe complexe din substrat pe care le transformă în substanțe mai simple. Toată activitatea microorganismelor are la bază transformări (reacții) biochimice. Pentru ca o reacție biochimică să aibe loc, în afară de condiții de mediu favorabile (temperatură, pH,

prezența sau absența de oxigen și substrat), are nevoie de catalizatori, reprezentați de enzime secretate de către microorganisme. Deci toate reacțiile de transformare a substratelor prin intermediul microorganismelor sunt reacții enzimatică care au loc în interiorul celulei lor sau în mediu sub acțiunea enzimelor secretate pe substrat.

Activitatea microorganismelor se desfășoară, după cum am văzut, pretutindeni în natură. Pentru activitatea umană este importantă atât această activitate naturală a microorganismelor, cum este cazul descompunerii materiilor organice din sol și ape, putrezirea produselor naturale cât și activitatea lor în cadrul unor amenajări artificiale, în incinte industriale în domeniul medical și agricol.

În natură, microorganismele trăiesc în biocenoze complexe împreună cu alte microorganisme cât și cu alte tipuri de viețuitoare, între ele existând interrelații deosebit de complexe a căror cunoaștere este importantă pentru a putea ghida aceste procese în funcție de interesul practic al omului. Creșterea microorganismelor în laborator nu reprezintă un scop în sine decât în activitatea de cercetare. În laborator microorganismele sunt izolate și purificate din natură pentru a fi folosite în activitatea practică *Bacteriile* sunt microorganisme unicelulare, cu organizare celulară procariotă, caracterizată prin faptul că nu au un nucleu adevărat, ci doar un echivalent al acestuia, fără membrană nucleară, numit **nucleoid**, format dintr-un singur cromozom, alcătuit din AND bicatenar circular. Din punct de vedere genetic sunt haploide. Reproducerea este asexuată.

În natură, sunt răspândite în toate mediile de viață, ocupând toate habitatele naturale. Marea lor răspândire se datorește prolificității și plasticității lor metabolice, care a permis adaptarea lor rapidă la condițiile variate de mediu.

Rezervorul natural de bacterii este solul de unde ele sunt răspândite și în celelalte medii de viață, apa și aerul.

Marea varietate de bacterii este determinată de echipamentul lor enzimatic și de proprietățile structurale.

2.8. Regnul Procariote

Acest regn cuprinde microorganismele a căror celulă sunt primitive, de tip *procariot*, lipsite de nucleu adevărat și de organite celulare nespecifice, dar cu un înveliș suplimentar numit perete celular.

- ✓ nu au nucleu adevărat ci un cromozom haploid format dintr-o moleculă circulară de ADN
- ✓ lipsite de organite celulare comune cu excepția ribozomilor
- ✓ au perete celular rigid
- ✓ Se divid direct
- *Archaeobacteriile* sunt bacterii termofile, producătoare de metan.
- *Eubacteriile* cuprind un număr foarte mare de bacterii, dintre care cele mai importante sunt:
 - bacteriile clasice - cu forme variate și cu perete celular,
 - chlamydiile - bacterii cu parazitism intracelular obligatoriu și care prezintă un mecanism de multiplicare unic în lumea bacteriilor,
 - rickettsiile - bacterii cu habitat intracelular (cu o excepție), dar cu diviziune directă, întâlnită la majoritatea bacteriilor,
 - micoplasmele - bacterii cărora le lipsește în mod natural peretele celular.

În prezent sunt incluse în eubacterii și cyanobacteriile sau algele albastre, care sunt microorganisme acvatiche.

2.8.1. Morfologia și structura bacteriilor

Dimensiunea bacteriilor se exprimă în micrometri ($1\mu=10^{-3}$ mm), fiind cuprinsă între 1-10 μ . Dimensiunea, forma și așezarea bacteriilor se apreciază prin microscopie optică, iar detaliile morfologice și structurale prin microscopie electronică. Forma bacteriilor constituie baza clasificării lor. În raport cu forma lor deosebim 4 categorii de bacterii:

- rotunde (cocii),
- alungite (bacili),
- încurbate (spirili, spirochete, vibrioni)
- filamentoase (actinomicetele).

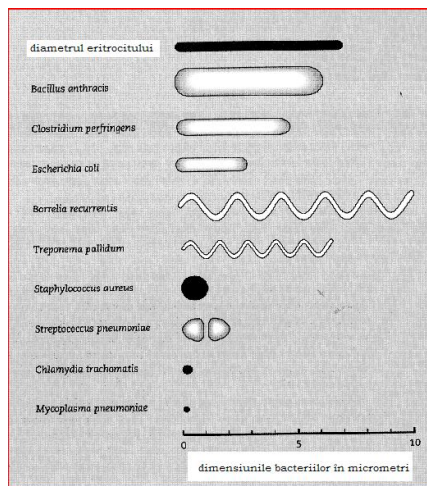


Figura 5 – Forma și dimensiunile bacteriilor

- **cocii** sunt bacterii rotunde, așezate în grămezi (genul *Staphylococcus*), ovalare, așezate în lanțuri (genul *Streptococcus*), lanceolate, dispuse în diplo ca două flăcări de lumânare, (specia *Streptococcus pneumoniae*) și reniforme

dispuse ca două boabe de cafea ce se privesc față în față (genul *Neisseria*) cu \emptyset de 0,8 - 1 μ ;

- **bacilii** sunt bacterii cu formă alungită de bastonaș cu dimensiuni între 1,5 - 10 μ .
- **cocobacilii** sunt forme intermediare între coci și bacili (*Yersinia pestis*, *Bordetella pertussis*, *Haemophilus influenzae*);
- **vibrionii** sunt bacterii încurbate în formă de virgulă (*Vibrio cholerae*);
- **spirilii** sunt bacterii spiralate cu 1-2 spire rigide (*Spirillum volutans*);
- **spirochetele** sunt bacterii spiralate cu corpul flexibil și 12-20 de spire (*Treponema pallidum*), foarte multe spire strânse (*Leptospira*) sau 2-3 spire (*Borrelia*);
- **actinomicetele** sunt bacterii foarte asemănătoare fungilor și formează filamente sau hife lungi și ramificate care se rup, rezultând forme bacilare (*Actinomyces*).

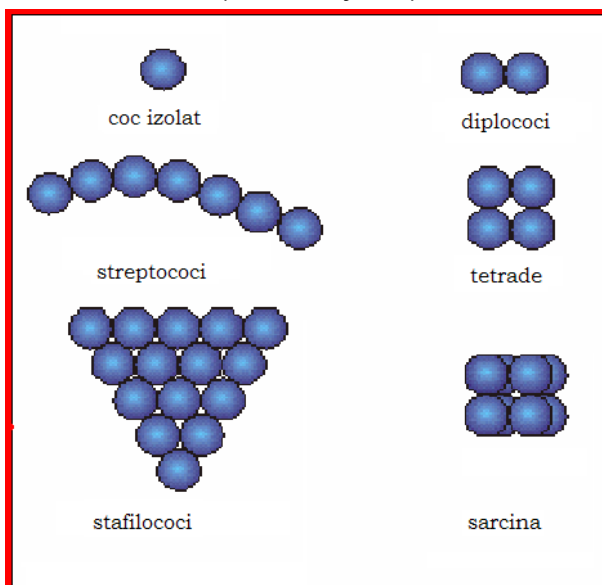


Figura 6 – Așezarea cocilor

2.8.2. Structura celulei bacteriene

În studiul celulei bacteriene, peretele celular reprezintă un element de referință pentru poziționarea elementelor de ultrastructură.

Peretele celular al bacteriilor este o structură complexă, semirigidă care conferă stabilitate morfologică celulei. El asigură protecția componentelor interne celulare, față de acțiunea factorilor nocivi. Aproape toate organismele procariote au perete celular.

El este format dintr-un strat bazal sau peptidoglican, asemănător la toate bacteriile și un strat al structurilor superficiale, foarte diferențiat, în funcție de care bacteriile manifestă caractere tinctoriale diferite: bacterii gram - pozitive, gram - negative și acido-alcoolorezistente.

Peptidoglicanul sau mureina este structura chimică responsabilă de rigiditatea peretelui celular și care asigură forma și rezistența mecanică a bacteriei. Prezent la toate bacteriile, el constă dintr-un schelet, format din molecule lungi paralele polizaharidice de N-acetil-glucozamină și acid N-acetil-muramic. Moleculele de acid N-acetil-muramic din lanțurile vecine sunt legate între ele prin punți polipeptidice, transversale.

La **bacteriile gram - pozitive**, peptidoglicanul are o grosime de 15-30 nm și conține până la 200 de lanțuri paralele de mureină.

Stratul structurilor speciale este redus și alcătuit din polimeri hidrosolubili care sunt acizii theicoici. Ei reprezintă antigenele de suprafață ale bacteriilor gram-pozitive.

Peretele celular al bacteriilor gram-pozitive este sensibil la acțiunea *lizozimului* care rupe legăturile dintre acidul N-acetil muramic și N-acetilglucozamină.

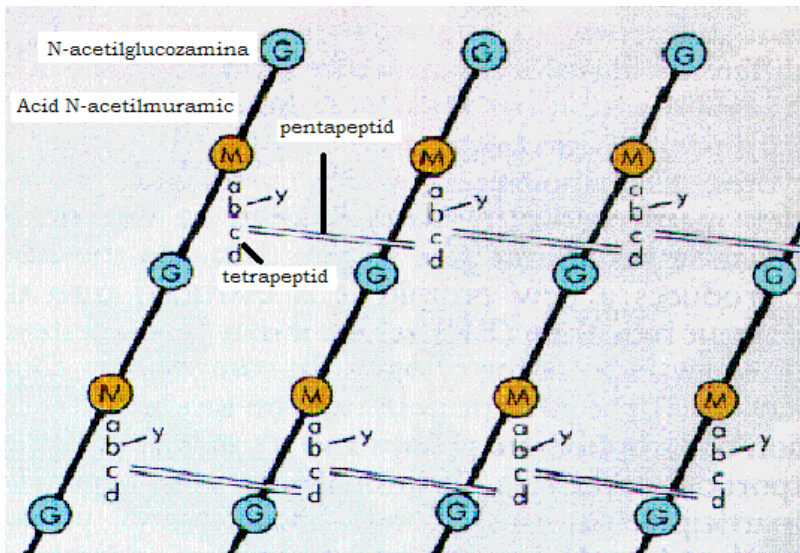


Figura 7 – Structura peptidoglicanului

La **bacteriile gram-negative**, peptidoglicanul are o grosime de 4-5nm. Stratul superficial este însă mult mai complex decât la bacteriile gram - pozitive fiind alcătuit dintr-o membrană externă, lipoproteine și lipopolizaharidul de perete.

Membrana externă este formată dintr-un strat dublu fosfolipoproteic ce cuprinde o cantitate foarte mare de molecule proteice. Membrana externă se leagă de protoplast prin intermediul unei lipoproteine din membrana externă.

Spațiul periplasmic. Sistemul structural dublu al peretelui celular la bacteriile gram-negative creează un compartiment ce se întinde de la membrana celulară până la membrana externă, numit spațiu periplasmic. El conține peptidoglicanul și un gel care favorizează nutriția bacteriei prin conținutul în enzime degradative ca, de pildă, fosfataze, nucleaze, proteaze etc. Tot aici sunt prezente enzimele de inactivare ale unor antibiotice cum sunt beta-lactamazele și cefalosporinazele.

Funcțiile peretelui celular:

- asigură forma, rezistența mecanică și osmotică a bacteriei;
- reglează traficul molecular de perete în ambele sensuri
- este sediul antigenelor de suprafață
- este sediul unor factori de patogenitate;
- are rol în diviziunea bacteriană și în procesul de sporulare.

Față de peretele celular constituenții celulei bacteriene pot fi grupați în două mari categorii: **intraparietali și extraparietali**. Elementele structurale intraparietale, sunt următoarele: membrana plasmatică, mezozomii, citoplasma, nucleoidul, ribosomii, sporul, aparatul fotosintetic, incluziunile, vacuolele și magnetosomii

Elemente intraparietale

Membrana citoplasmatică

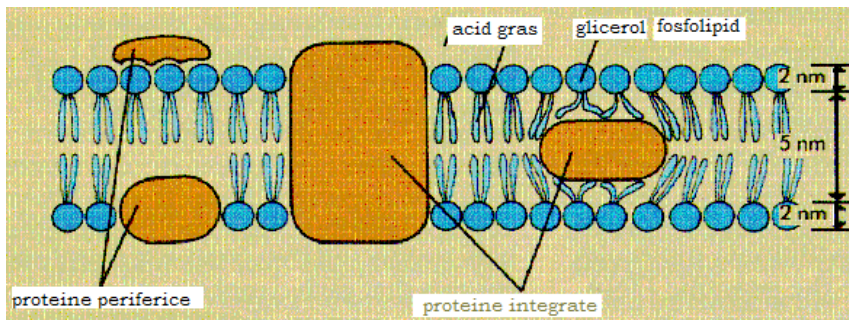


Figura 8 – Structura membranei citoplasmatică

Este o membrană fină (6,5-7nm), elastică, lipsită de rezistență mecanică. Pe secțiune apare trilaminată, fiind alcătuită din două straturi fosfolipidice dispuse cu părțile hidrofobe față în față. Printre moleculele fosfolipidice se găsesc molecule proteice, situate fie la nivelul unuia dintre cele două straturi fosfolipidice, fie le traversează fiind expuse la ambele fețe ale membranei.

Funcțiile membranei citoplasmatică:

- este o membrană cu permeabilitate selectivă, îndeplinind funcția de barieră osmotică ce reglează schimburile celulei bacteriene, în ambele sensuri cu mediul înconjurător.
- secretă enzime hidrolitice în mediul înconjurător unde scindează substratul nutritiv în unități absorbabile,
- îndeplinește rolul mitocondriilor de la celulele eucariote, fiind centrul energenezei celulare,
- este sediul sintezei acizilor grași, a fosfolipidelor,
- este implicată în sinteza peretelui celular, al polizaharidelor capsulare, participând activ la creșterea și diviziunea celulei bacteriene și la formarea sporului bacterian.

Mezozomii. Sunt structuri membranare care se formează prin invaginarea membranei citoplasmatică sub formă de buzunar, prezente la bacteriile gram - pozitive și ocazional la cele gram - negative. Ei sunt în contact direct cu materialul nuclear fiind implicați în diviziunea cromozomului.

Materialul nuclear

Este un nucleoid sau echivalent nuclear, cu o structură primitivă în comparație cu nucleul celulelor eucariote. Nucleoidul este format dintr-o moleculă circulară de ADN, organizată sub forma unui cromozom haploid care este în contact direct cu citoplasma datorită lipsei membrane nucleare. Molecula de ADN dublu spiralat este la rândul ei suprahelicată în jurul unui miez de ARN, dispoziție necesară funcționalității materialului nuclear.

Funcția nucleului bacterian constă în depozitarea informației genetice necesară autoreplicării, organizării structurale și funcționale a celulei bacteriene, deci a caracterelor ce definesc specia.

Citoplasma

Situată între materialul nuclear și fața internă a membranei citoplasmice, citoplasma este un sistem coloidal alcătuit din 80% apă, în care se găsește o cantitate mare de molecule organice, ioni anorganici, enzime, ARN, vacuole și incluzii. Este lipsită de organele celulare prezente la celulele eucariote cum sunt reticulul endoplasmatic, aparatul Golgi, mitocondriile, centrul celular, ergastoplasma.

Ribozomii. Se apreciază că o celulă bacteriană are 20.000 de ribozomi ce conțin 80-90% din ARN-ul citoplasmatic. Ribozomii reprezintă sediul sintezelor proteice din celulă.

Incluziile citoplasmice, descrise la unele specii bacteriene, sunt formațiuni structurale inerte, temporare, de diferite dimensiuni, variind în funcție de specia bacteriană și condițiile de mediu. Ele sunt structuri legate de activitatea metabolică a celulei bacteriene și reprezintă un material de rezervă care poate fi folosit ca sursă de energie.

Vacuolele sunt structuri relativ sferice, cu diametrul de 0,3 – 0,5 micrometri, înconjurate de un înveliș lipoproteic unistratificat de 0,3 nm grosime numit tonoplast, și apar în celulă în faza ei de creștere activă. Numărul lor variază între 6 – 20, în funcție de compoziția mediului de cultură. În funcție de conținut se cunosc două categorii de vacuole: cu suc celular și cu gaze.

Vacuolele cu suc celular conțin diferite substanțe organice și minerale solvite sau picături lipidice.

Vacuolele cu gaze sunt întâlnite la bacteriile imobile fotosintetizante și au o formă în general alungită.

Mecanismul de formare a vacuolelor a fost explicat de Knaysi. (1951). După părerea acestuia, în celula bacteriană se acumulează, în timpul fazei de creștere activă, cantități mari de apă. La un moment dat excesul de apă se separă sub formă de picături, în care se dizolvă produșii de metabolism solubili. La suprafața acestor picături se acumulează un strat de lipide combinate cu proteine citoplasmatică, formând tonoplastul.

Magnetosomii. La unele bacterii acvatice apar în interiorul celulei o serie de incluziuni care conțin fier și determină o anumită orientare și deplasare a acestora, sub influența câmpurilor magnetice slabe. Sub raport structural, magnetosomii sunt alcătuiți dintr-o zonă centrală bogată în fier, înconjurată de un strat transparent clar. Fierul se prezintă sub forma oxidată de magnetit (Fe_3O_4). Magnetosomii acționează ca o busolă biomagnetică, asigurând orientarea pozitivă și deplasarea bacteriilor în câmpurile magnetice.

Elemente extraparietale

Capsula este un înveliș compact, intim legat de celula bacteriană, vizibilă pe preparatele uzuale sub forma unui halou clar ce înconjoară bacteria.

Din punct de vedere chimic, capsula tuturor bacteriilor este de natură polizaharidică (*Streptococcus pneumoniae*, *Klebsiella* etc.) cu excepția capsulei bacilului cărbunos care este polipeptidică.

Capsula are rol în rezistența bacteriilor față de fagocitoză, fiind astfel un factor de virulență. Variantele necapsulate ale aceluiași specii sunt nepatogene. De exemplu, *Streptococcus pneumoniae*, de tip S, capsulat, produce la șoarecele alb de laborator o septicemie mortală, pe când varinata necapsulată nu este patogenă.

Capsula este o structură cu proprietăți antigenice specifice (antigenele K) care permit diferențierea unor serotipuri în cadrul speciei.

Microcapsula este o structură discretă cu o grosime sub 0,2μm care nu se evidențiază la microscopul optic, ci numai prin metode imunologice sau electronomicroscopice (*Neisseria gonorrhoeae*). Ea constituie un factor de virulență.

Stratul mucos, glicocalixul este un strat amorf și vâscos ce învelește bacteria. El este format din lanțuri lungi de polizaharide, cum sunt levanii și dextranii, cu rol major în adezivitatea bacteriilor de suprafețe. Astfel, de pildă, *Streptococcus mutans* produce cantități mari de dextran și levan prin intermediul cărora se atașează de suprafața dinților contribuind la formarea cariilor și a plăcii dentare.

Funcțiile capsulei:

- este un factor de aderență și colonizare a bacteriile pe suprafețe;
- protejează bacteriile de diferiți agenți antibacterieni din mediu cum sunt: bacteriofagii, colicinele, complementul, lizozimul sau alte enzime bacteriolitice;
- protejează bacteriile de acțiunea fagocitelor, fiind deci un factor de virulență;
- reprezintă sediul antigenelor capsulare, importante în identificarea acestor bacterii.

Cilii sau flagelii bacterieni

Sunt apendici filamentoși ai speciilor bacteriene mobile, cu originea în citoplasma bacteriană, și servesc ca organe de locomoție. Ei sunt prezenți mai ales la bacili. Dispoziția și numărul cililor sunt caracteristice speciei. S-au descris bacterii atriche (fără cili),

monotriche - cu un cil polar (*Vibro cholerae*), lofotriche - cu un smoc de cili situat la unul din polii bacteriei - (*Pseudomonas fluorescens*), amfitriche - cu cili situați la ambii poli ai bacteriei (la genul *Spirillum*) și peritriche - cu cili dispuși pe întreaga suprafață a bacteriei (*Salmonella*, *E. coli*, *Proteus* etc.).

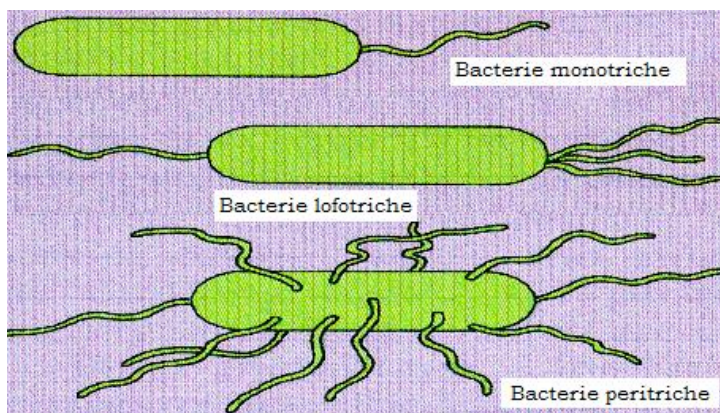


Figura 9 – Cili bacterieni

Pili bacterieni

Numeroase specii bacteriene gram-negativă au pe suprafața lor niște apendici filamentoși, rigizi, mai scurți decât flagelii, în număr mare (100-500/celulă) și cu dispoziție în general peritrichă. Ei se evidențiază numai prin microscopie electronică.

Din punct de vedere funcțional, pili se împart în:

- sex pili codificați plasmidic și care au rol în transferul de material genetic între bacterii. Sunt prezenți mai ales la bacteriile gram-negativă (*Enterobacteriaceae*, *Pseudomonas*),
- pili comuni sau pili de aderență (fimbrii), în număr mare, codificați cromozomial, și care servesc bacteriilor la fixarea fermă de mediul de cultură sau de celulele pe care se află. Ei constituie,

deci, un factor important de virulență. În afară de aderență, pili comuni mai au și proprietăți antifagocitare.

Sporii

Unele bacterii se transformă în spori, care sunt forme primitive de diferențiere celulară, cu rezistență crescută la factorii de mediu și care apar endocelular în condiții nefavorabile de viață. Ei au un inveliș rezistent, format din mai multe straturi datorită căruia rezistă în mediul extern zeci de ani. Sporogeneza se întâlnește numai la 2 genuri de bacterii gram-pozitive de interes medical, *Clostridium* și *Bacillus*.

Poziția sporului bacterian constituie un caracter taxonomic. Poate fi centrală, subterminală și terminală.

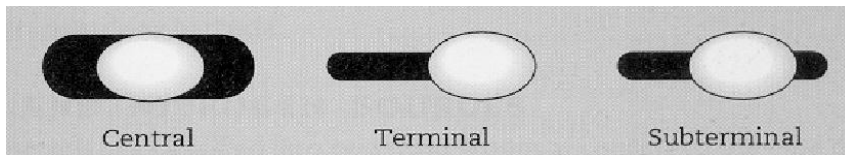


Figura 10 – Poziția sporului

Sporularea se declanșează în condiții nefavorabile de viață, când bacteriile sunt lipsite de surse nutritive.

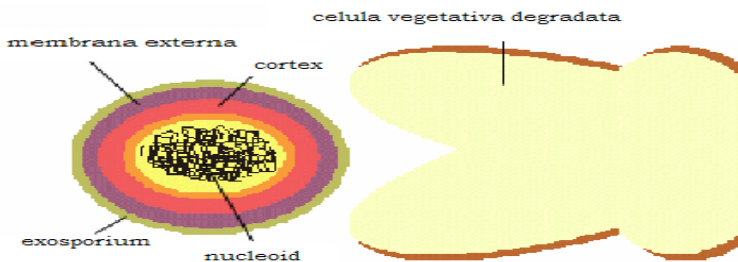


Figura 11 - Structura sporului

Sporii nu sunt forme de înmulțire ale bacteriilor. Dintr-o bacterie vegetativă se formează un singur spor, care în condiții favorabile de viață germinează și va da naștere unei singure celule bacteriene vegetative identice cu aceea în care s-a format.

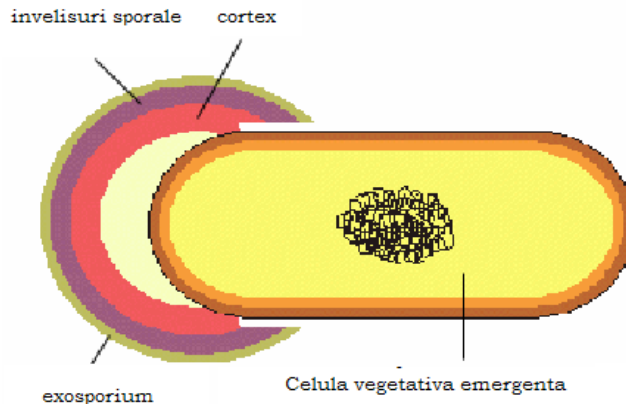


Figura 12 - Germinarea sporului

Sporii au un rol important în epidemiologia unor infecții, cum sunt antraxul, tetanosul, botulismul și gangrena gazoasă.

2.8.3. Notiuni de fiziologie bacteriană

Fiziologia bacteriană se ocupă cu studiul nutriției, metabolismului și multiplicarea bacteriilor.

Nutriția bacteriană reprezintă totalitatea proceselor prin care bacteriile își procură din mediul înconjurător substanțele necesare supraviețuirii, creșterii și înmulțirii, iar respirația bacteriană modalitatea de a-și produce energia necesară activității metabolice.

După sursa de carbon și azot bacteriile se clasifică în:

- *autotrofe*, care sintetizează compuși organici utilizând ca sursă de carbon CO_2 și ca sursă de azot amoniacul, nitriții sau nitrații

- *heterotrofe*, care utilizează ca sursă de carbon numai substanțe organice.

Bacteriile patogene sunt, cu foarte puține excepții, heterotrofe. Ele au nevoie pentru multiplicare de substanțe organice, diverși ioni, oligoelemente și factori de creștere (vitaminele B1, B2, acid pantotenic, biotină, lactoflavină acid folic etc.). Necesitățile nutritive diferă chiar și în cadrul aceleiași specii. În cadrul bacteriilor heterotrofe se găsesc cele paratrofe, cu habitat obligatoriu intracelular care sunt dependente de celula gazdă. Aceste microorganisme sunt rickettsiile și chlamydiile.

Respirația bacteriană

Din punct de vedere practic, bacteriile se împart după necesarul de oxigen, în:

- *bacterii strict aerobe*, care se dezvoltă numai în prezența oxigenului atmosferic, folosind exclusiv respirația aerobă și deci oxigenul ca acceptor final de hidrogen ca, de exemplu, *Pseudomonas aeruginosa*, *Mycobacterium tuberculosis* etc.
- *bacterii strict anaerobe*, care nu se dezvoltă decât în absența oxigenului, prezența lui fiind foarte toxică culturii chiar la o presiune de numai 10^{-5} atm. Aceste bacterii folosesc ca reacție energogenetică exclusiv fermentația, în condiții anaerobe. Dacă fermentația se produce în prezența oxigenului, se formează radicali de superoxid (O_2^-) foarte toxici. Bacteriile strict anaerobe, spre deosebire de cele aerobe, sunt lipsite de *superoxid-dismutază* care transformă radicalul superoxid în apă oxigenată și *catalază* care descompune apa oxigenată. Exemple de bacterii strict anaerobe sunt cele din genurile *Clostridium*, *Bacteroides*, *Prevotella*, *Fusobacterium* etc.

- *bacterii facultativ anaerobe*, care se pot dezvolta atât în prezența cât și în absența oxigenului atmosferic. Ele utilizează ca reacții energenetice respirația aerobă și fermentația.
- *bacterii anaerobe aerotolerante* folosesc numai fermentația în prezența aerului atmosferic, fără participarea oxigenului la reacțiile energenetice. Ele tolerează oxigenul în mediu fie pentru că au în echipamentul enzimatic superoxidismutază și catalază, fie că enzimele există în mediul de cultură. Astfel, bacteriile din genul *Streptococcus* sunt lipsite de catalază, dar pot fi cultivate în condiții de aerobioză pe medii cu sânge, care suplinește catalaza.
- *bacterii microaerofile* folosesc respirația și fermentația, dar necesită o concentrație mai mare de bioxid de carbon decât cea din atmosferă pentru reacții de carboxilare. Astfel, unele specii, ca cele din genurile *Neisseria*, *Brucella*, *Campylobacter*, necesită concentrații de bioxid de carbon de 6-10%.

Curba de creștere și înmulțire a bacteriilor într-un mediu limitat

Bacteriile se înmulțesc prin diviziune directă. Dacă se introduce un inocul (un număr redus) de celule bacteriene într-un mediu de cultură proaspăt și se incubează într-o atmosferă prielnică speciei respective, bacteriile vor crește și se vor înmulți, iar timpul care trece de la o diviziune celulară la următoarea se numește *timp de generație*.

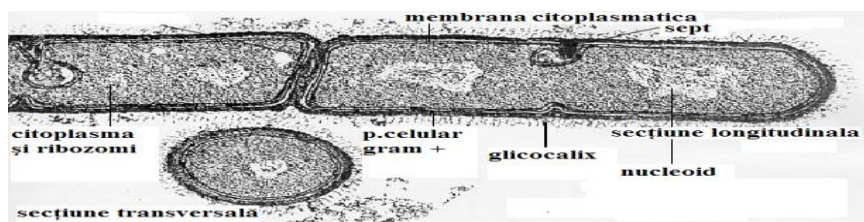


Figura 13– Diviziunea bacteriana a bacteriilor gram pozitiv

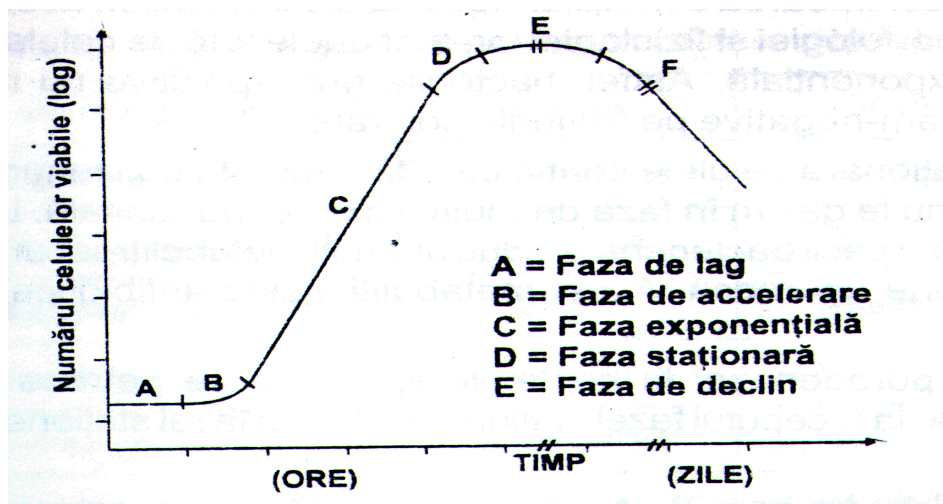


Figura 14– Curba de multiplicarea a bacteriilor in mediu limitat

Dacă se apreciază numărul de celule bacteriene vii la intervale diferite de timp de la momentul inoculării și reprezentăm grafic raportul care se stabilește între acest număr și timpul care s-a scurs, vom obține o curbă caracteristică ce cuprinde următoarele faze:

- *Faza de lag*. În această perioadă nu se remarcă o creștere a numărului de celule, cu toate că ele cresc în volum și dovedesc o activitate metabolică intensă. Durata acestei faze variază în funcție de specie, condițiile de mediu, de numărul de celule din inocul și este intervalul de timp în care celulele se adaptează noilor condiții de mediu. La majoritatea bacteriilor, durata ei este în jur de 1/2 de oră, iar la formele sporulate 3-4 ore.
- *Faza exponențială sau logaritmică* este precedată de o fază de accelerare în care celulele bacteriene încep să se înmulțească. Celulele se divid constant prin fisiune binară, deci în progresie logaritmică, raportul dintre numărul bacteriilor și timp fiind liniar. Această rată intensă de multiplicare este posibilă doar *in vitro*, *in vivo* ea fiind mult frânată de mecanismele apărării antiinfecțioase. Durata acestei perioade este dependentă de aceleași condiții de

mediu ca și faza precedentă dar și de specie. Astfel *E.coli* are un timp de generație de aproximativ 10 minute iar *Mycobacterium tuberculosis* peste 25 ore. Compoziția mediului de cultură se modifică până la sfârșitul acestei faze pe de o parte datorită consumului principiilor nutritivi iar pe de altă parte, acumulării de metaboliți.

- **Faza staționară.** Multiplicarea bacteriilor în progresie logaritmică nu mai este posibilă, rata de înmulțire scade treptat până când bacteriile trec în faza staționară. În această fază, celulele nu mai cresc, ci are loc o activitate metabolică endogenă, prin care celula își sintetizează rezerve de energie și produși intermediari necesari menținerii în viața în noile condiții. Încetarea multiplicării în faza staționară se datorează în principal epuizării unui factor nutritiv esențial din mediu, numit factor limitant și acumulării unor produși toxici. În această fază scade sensibilitatea tulpinilor la chimioterapice.

La începutul fazei staționare, unele specii bacteriene produc anumiți metaboliți secundari cu distribuție taxonomică foarte riguroasă. Acești metaboliți includ antibiotice, colicine și exotoxine.

Inițierea sporogenezei la bacteriile sporulate se petrece la sfârșitul fazei exponențiale sau la începutul fazei staționare. Durata fazei staționare este în general de câteva ore.

- **Faza de declin** care durează mai multe zile se caracterizează prin scăderea numărului de bacterii. Ea se datorează scăderii substanțelor nutritive și acumulării de substanțe toxice pentru bacterii. La acești factori se adaugă la unele specii bacteriene proprietatea de autoliză cu eliberarea conținutului citoplasmatic în mediu. Modificările morfologice sunt pregnante atât în ceea ce privește forma, dimensiunile cât și caracterele tinctoriale. În timp mor toate bacteriile, cu excepția celor sporulate, și cultura se autosterilizează.

În fapt, cultura bacteriană este rezultatul înmulțirii, creșterii numărului de germeni, într-un mediu favorabil formându-se o populație având caractere asemănătoare. Aspectul culturii bacteriene depinde de specia, vârsta indivizilor precum și de mediul de cultură. Culturile bacteriene se dezvoltă pe medii artificiale lichide și solide. Primele determină apariția după o perioadă de 18-20 ore a unei turbidități (tulbureli) ce poate fi omogenă, datorată germenilor de vârstă tânără, cu vigoare ridicată care dispersează uniform și rapid în mediu, denumită *culturi S* (*smooth – netede*) sau neomogenă, cu grade de turbiditate diferite și uneori chiar limpezi dar cu depuneri pe vasele de cultură sau văluri de suprafață, purtând denumirea de *culturi R* (*rough – rugoase*).

Culturile pe medii solide sunt obținute prin însămânțarea germenilor bacterieni rezultați din multiplicarea unei singure celule bacteriene și se numesc colonii de culturi pure sau culturi clonare. Colonia bacteriană reprezintă cultura pură apărută după un timp de multiplicare de 2 - 6 ore, în care, din punct de vedere genetic, indivizii sunt identici.

După aspect, coloniile pot avea o formă geometrică regulată sau neregulată, conturate sau difuze, colorate sau necolorate, lucioase sau rugoase, limpezi, opace sau semimate, cu sau fără caracteristici specifice speciei.

Coloniile - S au aspect lucios, cu margini conturate, forma rotundă sau ovoidală, diametru 1-2 mm, consistentă onctuoasă.

Coloniile - R au suprafața aspră, forme cu margini neregulate, crenelate, uneori difuze în mediul de cultură, în general colorate și mate.

Coloniile - M sunt variante ale tipului S dar conțin germeni cu capsula și au o consistență gelatinoasă sau mucilaginoasă, prezentând tendința de a difuza în mediu sau de jonctiune între ele.

Coloniile - G sunt colonii pitice obținute din germeni normali dar afectați de intervenții exterioare (ex. antibiotice, antiseptice, carente nutriționale, etc.).

Coloniile bacteriene se deosebesc între ele prin anumite caracteristici de cultură, care, singure sau împreună, constituie criterii de departajare. Astfel, *diametrul* coloniei bacteriene împarte coloniile în mari – cele care au diametrul mai mare de 2 mm, mijlocii și mici – coloniile cu diametrul sub 1 mm. O alta caracteristica este *transparența coloniilor*. Sub acest aspect exista colonii translucide, ca cele date de streptococi și opace, caracteristice, în general, coloniilor de stafilococi. În funcție de proprietatea de a produce pigmenti, bacteriile pot fi pigmentogene (cromogene), dacă produc pigmenti, caz în care: a) se colorează doar colonia (cazul bacteriilor cromofore și paracromofore) – de exemplu *coloniile stafilococice* colorate în alb, galben, auriu și b) se colorează și mediul, fiind cazul bacteriilor cromopare la care pigmentul este eliberat în exteriorul celulei – ca de exemplu *bacilul piocianic* care sintetizează și eliberează în exterior doi pigmenti: *piocanina* – albastră și *pioverina* – verde. Alte caracteristici ce pot constitui criterii de identificare a coloniilor bacteriene, sunt: *forma coloniei*, *rugozitatea coloniei*, *consistența*, *forma conturului marginal*, etc.

2.8.4. Acțiunea factorilor fizico-chimici asupra bacteriilor

Bacteriile sunt cele mai ubicviste organisme, prezente în toți biotopii care conțin viață. Ele au reușit să se adapteze, prin diversitatea specifică, la condiții de existență foarte variate și chiar extreme sub raportul valorilor parametrilor fizici și chimici ai mediului.

Speciile și-au dezvoltat sisteme proprii de tolerare și chiar de valorificare a unor elemente de biotop, care pot fi pentru alte organisme factori de inhibiție. Temperatura, presiunea hidrostatică, salinitatea, pH-ul, care variază în mediile naturale în limite ample, acționează asupra bacteriilor pozitiv sau negativ, în funcție de exigențele ecologice ale acestora.

Factorii fizici

O serie de factori fizici pot influența profund creșterea și multiplicarea bacteriilor. Cei mai importanți dintre ei sunt temperatura, presiunea și radiațiile.

Temperatura

Temperatura reprezintă un factor fundamental în creșterea și multiplicarea bacteriilor, în evoluția diferitelor procese microbiene. În general, viteza reacțiilor chimice crește pe măsură ce se ridică temperatura mediului. La fiecare creștere a temperaturii cu 10^0 C viteza reacțiilor enzimatică se dublează. Ca rezultat are loc o creștere a vitezei de multiplicare a microorganismelor.

Cele două procese (activitate enzimatică și multiplicare) se amplifică progresiv odată cu creșterea temperaturii până se atinge un nivel optim. Peste această limită viteza lor scade, în final enzimele fiind denaturate de temperatura ridicată.

Fiecare specie bacteriană se dezvoltă activ la o anumită temperatură sau interval termic. În mod convențional aceasta este numită temperatura optimă de dezvoltare, respectiv temperatura la care se produce cea mai rapidă diviziune celulară, rezultând un număr maxim de celule pe unitatea de timp. Ea este cantonată într-un interval foarte restrâns la microorganismele stenoterme ($35 - 40^0$ C la bacteriile patogene) și mult mai amplu la cele euriterme. În același timp însă, bacteriile se pot multiplica și la o temperatură

inferioară celei optime, numită temperatura minimă de dezvoltare. În condiții termice mai puțin favorabile diviziunea celulară poate diminua ca ritm în mod semnificativ. Astfel, durata unei generații poate crește de la 20 de minute la 6 – 7 ore și chiar mai mult. Interesant este faptul că temperatura minimă a dezvoltării nu se oprește la 0°C ci poate coborî chiar până la -5°C și chiar mai mult, datorită faptului că punctul de congelare a constituenților celulari este mai scăzut decât cel al apei pure, în prezența substanțelor minerale și organice ce le conțin celulele microbiene.

Temperatura maximă a dezvoltării reprezintă valoarea cea mai ridicată la care activitatea biologică a unui anumit microorganism este încă posibilă, iar multiplicarea poate fi evidențiată. Ea este de obicei cu $10 - 15^{\circ}\text{C}$ superioară temperaturii optime a speciei respective și corespunde cu limita de toleranță a proteinelor și acizilor nucleici.

În funcție de preferințele termice, bacteriile au fost grupate în trei categorii: *psihrofile*, *mezofile* și *termofile*.

Denumirea de psihrofile este rezervată pentru bacteriile care se dezvoltă optim la circa 15°C și își încetează creșterea la valori termice de peste 20°C . Din acest motiv cultivarea lor în termostate reglate la temperaturi superioare acestei valori nu dă rezultate. Bacteriile psihrofile sunt caracteristice zonelor profunde ale oceanelor și regiunilor polare.

Bacteriile mezofile se dezvoltă optim la temperaturi cuprinse între $25 - 40^{\circ}\text{C}$. La temperaturi mai mici de 10°C ele nu se pot dezvolta datorită inactivării unor procese metabolice esențiale. Cele mai cunoscute bacterii mezofile parazitează corpul omului și animalelor homeoterme, dezvoltându-se optim la temperaturi ce oscilează în jurul valorii de 37°C .

Bacteriile termofile au un preferendum termic cuprins între 55 – 75⁰C. Asemenea temperaturi sunt caracteristice unor medii naturale (soluri însorite, izvoare termale, produse organice fermentabile, ape uzate calde provenite de la diferite industrii, depozite de fân și cereale).

Presiunea osmotică

Bacteriile trăiesc în medii umede, prezența apei fiind esențială pentru desfășurarea proceselor metabolice. Majoritatea microorganismelor sunt insensibile la variațiile presiunii osmotice și se pot acomoda la concentrații saline variate. În funcție de comportarea lor în raport cu presiunea osmotică a mediului, bacteriile se împart în următoarele categorii:

- bacterii intolerante la presiuni osmotice ridicate;
- bacterii osmotolerante sau facultativ osmofile, care se pot dezvolta la presiuni osmotice variabile;
- bacterii osmofile, care cresc optim la presiuni osmotice ridicate.

Ele pot fi halofile, dacă presiunea este dată de concentrația unor săruri anorganice, sau zaharofile, de exemplu, dacă presiunea se datorează concentrației ridicate în glucide.

Presiunea hidrostatică

În mediile marine și oceanice, presiunea hidrostatică crește odată cu adâncimea, cu o atmosferă la fiecare 10 m. În zonele abisale ale acestor ecosisteme presiunea depășește 1.000 atmosfere, influențând o serie de caracteristici abiotice ale mediului.(scăderea pH-ului ca rezultat al modificării solubilității nutrienților).

Bacteriile s-au adaptat la variatele presiuni caracteristice biotopilor acvatici, fiind întâlnite și în zonele profunde ale oceanelor. Cu toate acestea, presiunile foarte ridicate pot avea un efect letal asupra lor.

În funcție de comportarea lor în raport cu valoarea presiunii osmotice, bacteriile pot fi grupate astfel:

- *bacterii barofobe*, care nu suportă presiuni hidrostatice ridicate;

- *bacterii barotolerante*, care preferă presiunile mici, dar suportă și presiuni moderat ridicate;

- *bacterii barofile*, care se dezvoltă la presiuni ridicate ce pot depăși 400 – 500 atmosfere. Unele specii sunt strict adaptate la asemenea presiuni, în lipsa cărora nu se pot dezvolta;

- *bacterii barodure*, care rezistă la presiuni foarte mari.

Ca și în cazul acțiunii altor factori fizico-chimici, bacteriile pot fi grupate în două mari categorii: **euribare**, dacă suportă variații mari de presiune hidrostatică (1 – 600 atmosfere) și **stenobare**, dacă tolerează diferențe mici de presiune.

Ultrasunetele

Dacă asupra unei suspensii microbiene acționează o sursă de ultrasunete se constată că masa microbiană se depune pe fundul recipientului. Explicația fenomenului constă în efectele pe care le exercită ultrasunetele asupra celulei microbiene. Într-o primă fază de acțiune a ultrasunetelor se formează în interiorul citoplasmei cavități umplute cu gaze. Prin activarea gazelor de către același factor presiunea intracelulară crește foarte mult și cauzează distrugerea membranei plasmatică și a peretelui celular.

Rezistența bacteriilor față de acțiunea ultrasunetelor depinde de specie și starea fiziologică a celulei microbiene. Sporii sunt mai rezistenți decât celulele vegetative, dar printr-o expunere îndelungată și ei pot fi distruși.

Factorii chimici

Substanțele chimice se pot afla, în raport cu bacteriile, în trei ipostaze:

- nutrienți, factori de creștere – necesari desfășurării normale a proceselor metabolice;
- substanțe cu acțiune toxică, care blochează multiplicarea (microbiostatice) sau omoară microbii (microbicide);
- substanțe inactice față de bacterii.

În practică substanțele chimice se clasifică după scopul utilizării împotriva agenților patogeni în: substanțe dezinfectante folosite pentru sterilizarea spațiilor, instrumentarului de laborator, instalațiilor sanitare și substanțe chimioterapice, naturale sau sintetice, care acționează asupra microorganismelor patogene pătrunse în corpul omului sau animalelor.

Agenții chimici dezinfectanți

Un dezinfectant este un agent chimic care omoară microorganismele patogene și nepatogene, mai ales a formelor vegetative. Dacă el se poate aplica pe țesuturile vii fără să le afecteze se numește și antiseptic.

Un bun dezinfectant trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- ❖ Să omoare germenii la concentrații mici și într-un timp scurt;
- ❖ Să aibă un spectru microbial cât mai larg;

- ❖ Să fie solubil și stabil în apă sau în alt solvent fără a-și pierde puterea bactericidă;
- ❖ Să fie relativ netoxic pentru țesuturi;
- ❖ Să fie penetrant și să nu se combine cu materia organică.

În practica dezinfecției se folosesc următoarele grupe de agenți chimici: acizii, alcalii, alcoolii, fenolii, metalele grele, halogenii, coloranții, detergenții, substanțele gazoase.

Acizii și alcalii. Acțiunea lor dezinfectantă este legată de disocierea electrolitică și de concentrația ionilor de H^+ și OH^- sau de molecula nedisociată. Sensibilitatea microorganismelor la acțiunea lor depinde de specie și agentul chimic. Acizii organici sunt mai activi față de cei anorganici. Alcalii, deși disociază mai puțin, sunt mai toxici datorită ionului metalic care completează agresivitatea ionului hidroxil.

Alcoolii În soluție apoasă puterea lor dezinfectantă crește paralel cu greutatea moleculară sau cu lungimea lanțului alifatic; alcoolul izopropilic este mai eficace decât cel etilic, iar acesta mai activ decât cel metilic. Efectul bactericid al alcoolilor este evident la concentrații ridicate, de 50 –70%.

Acțiunea lor se manifestă prin distrugerea complexelor lipidice din membrană, denaturarea proteinelor și reducerea tensiunii superficiale.

Fenolii și derivații lor. Fenolul a fost utilizat ca dezinfectant în domeniul chirurgical de către Lister. În soluție apoasă de 5% omorâ formele vegetative, dar puterea bactericidă este parțial redusă de prezența substanțelor organice. În concentrație de 0,5% este folosit la conservarea vaccinurilor și serurilor.

Metalele grele. Numeroase metale grele exercită o acțiune negativă asupra bacteriilor, cele mai eficiente fiind mercurul, argintul

și cuprul. Ele acționează prin interferență cu grupările active ale proteinelor microbiene (carboxilice, aminice, sulfhidrice, fenolice).

Mercurul inhibă creșterea și multiplicarea bacteriilor prin formarea de săruri slab disociabile cu gruparea – SH. Clorura mercurică în concentrație de 1/1000 este un bactericid foarte puternic. Oxicianura de mercur 1- 5% omoară toate microorganismele, fiind însă toxică pentru țesuturi.

Argintul inhibă activitatea enzimatică a bacteriilor. Unii compuși organici ai argintului (argirol, protargol) se utilizează ca substanțe antiseptice.

Halogenii în stare liberă sunt foarte toxici pentru celula bacteriană, ei acționează ca oxidanți sau prin halogenarea moleculei proteice.

Clorul și compușii de clor sunt larg utilizați în dezinfecție. Efectul antibacterian al clorului este legat de formarea acidului hipocloros care disociază și eliberează oxigen nativ.

Iodul acționează asupra microorganismelor prin iodarea proteinei. Este cel mai vechi dezinfectant cunoscut cu acțiune bactericidă și fungicidă. În ultima vreme se folosesc o serie de compuși ai iodului cu detergenți anionici, cationici sau neionici, cunoscuți sub numele de iodofori, care eliberează iodul lent, dar progresiv.

Coloranții sunt folosiți în bacteriologie pentru colorarea germenilor, ca indicatori de pH și ca sterilizanți față de unii microbi.

Substanțele gazoase. Pentru sterilizarea obiectelor care nu rezistă la temperaturi ridicate se pot folosi agenți gazoși cum ar fi aldehida formică, oxidul de etilen, beta-propiolactona.

Agenții oxidanți exercită o acțiune antimicrobiană prin oxidarea componentelor celulare. Cei mai cunoscuți agenți oxidanți sunt ozonul și peroxidul de hidrogen. Ozonul este un derivat al oxigenului generat în atmosferă prin descărcările electrice de mare voltaj. Se utilizează deja ca sterilizant al apei potabile, dar are o remanență redusă și preț de cost ridicat.

Peroxidul de hidrogen este un antiseptic eficient. În concentrație de 3% se folosește pentru dezinfectarea plăgilor, dar eficacitatea lui este limitată deoarece se descompune rapid în contact cu țesuturile.

2.8.5. Răspândirea și rolul bacteriilor

Ca urmare a capacității de adaptare la condițiile de mediu, în cursul evoluției și a selecției naturale, bacteriile s-au răspândit și în prezent se găsesc în cantități mari în toate mediile naturale.

Rezervorul natural al bacteriilor este solul unde concentrația de celule poate ajunge la valori de 10^7 - 10^9 /g atât în straturile superficiale (bacterii aerobe), cât și în straturile de profunzime (bacterii anaerobe).

În sol bacteriile au un rol foarte important în mineralizarea compușilor organici cu formarea unor săruri (azotați, sulfatați, fosfați) folosite în nutriția autotrofă a plantelor. Actinomicetele conferă pământului culoarea închisă.

Masa de bacterii este răspândită neuniform în sol, astfel ca, pornind de la straturile superioare către adâncime, numărul microorganismelor devine tot mai mic. Dar nici microflora nu mai este aceeași, ea modificându-se în diferite stadii de mineralizare: la început bacterii asporogene, apoi sporogene.

Astfel, în ordinea succesiunii apar următoarele grupe de bacterii:

- a. Bacterii nitrificatoare - genul *Nitrobacter*
- b. Bacterii denitrificatoare - *Bacterium denitrificans*
Bacterium fluorescens
- c. Bacterii fixatoare de azot - genul *Azotobacter*
Clostridium pasteurianum
- d. Bacterii ce se găsesc în nodozități - *Rhizobium phaseolus*
la plantele leguminoase *Rhizobium leguminosarum*
- e. Bacterii de putrefacție - *Bacillus sporogenes*
- f. Bacterii butirice - *Clostridium butyricum*
- g. Bacterii sporogene - *Bacillus mycoides*
Bacillus mesentericus

Din sol, bacteriile s-au adaptat să trăiască în ape, unde concentrația de celule poate fi între $10/\text{cm}^3$ în apa de izvor, până la valori de $10^{12}/\text{cm}^3$, de exemplu, în ape fecalo-menajere. Bacteriile se pot întâlni la adâncimi mari în apa mărilor și oceanelor, în ape termale.

Apele subterane și de izvor sunt mai sărace în bacterii, din cauza lipsei de substanțe nutritive. Apa de ploaie și de zapadă conține foarte puține bacterii dacă cade pe locuri fără praf, în caz contrar conținând zeci și sute de germeni.

Se întâlnesc mai des:

- a. Bacterii sulfuroase
- b. Bacteriile fierului
- c. Bacterii ce fermentează celuloza
- d. Bacterii de putrefacție
- e. Bacterii butirice

Purificarea apelor se poate face natural, proces numit autopurificare, care se poate realiza prin:

- diluare prin afluenți;
- scăderea substanțelor nutritive;
- sedimentare;
- distrugerea bacteriilor de către protozoare.

Purificarea apei potabile se realizează prin diferite procedee combinate:

- sedimentare: se reduc cca 75% din microorganisme;
- coagulare: se reduc cca 90% din microorganisme;
- filtrare: se reduc cca 99% din microorganisme;
- tratare cu clor: se aplică numai după filtrare.

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 sunt agreate de aer, rămân suspendate timp îndelungat, se fixează pe particulele de praf. Dintre ele o parte mor datorită radiațiilor ultraviolete.

În regnul vegetal bacteriile fac parte din microflora epifită a plantelor, din microflora rizosferă a plantelor - zona rădăcinii foarte bogată în substanțe nutritive. O parte din bacterii sunt parazite și conduc la bacterioze obturând vasele liberolemnnoase și conducând la ofilirea plantelor.

Bacteriile s-au adaptat și condițiilor regnului animal. În organism, microorganismele au rol în degradarea bolului alimentar, stimulează sistemul imunitar al organismului. Din microflora intestinală sunt eliminate împreună cu materia de dejecție cu un conținut de 10^9 bacterii/gram. În rumenul animalelor erbivore s-au adaptat și există bacterii capabile să degradeze celuloza. Unele bacterii sunt parazite și se cunosc peste 300 de boli datorate acestora: tuberculoza, bruceloza, antraxul, tetanosul sunt câteva dintre acestea.

2.8.6. Rolul bacteriilor în natură și în industrie

Microorganismele au un rol important în solubilizarea elementelor minerale indispensabile vieții plantelor: calciu, fosfor, potasiu. Se crează astfel, un circuit al diferitelor elemente: carbon, azot, fosfor, sulf. Fără activitatea bacteriilor agenți ai putrefacției – “pământul s-ar transforma treptat într-un uriaș cimitir”.

Bacteriile au o mare importanță în industria alimentară: fie că stau la baza unor biotehnologii (bacteriile lactice folosite în industrializarea laptelui, bacteriile propionice folosite la obținerea brânzei Schweitzer și în panificație, bacteriile acetice folosite la obținerea acidului acetic și alte specii folosite la obținerea de antibiotice, alcooli, enzime, hormoni, insecticide), fie au efecte negative (bacteriile de putrefacție, bacteriile producătoare de toxine ce pot conduce la toxiinfecții alimentare, bacteriile patogene).

bacteriile lactice –sunt utilizate la fabricarea produselor lactate, a brânzeturilor, în industria panificației, la conservarea legumelor, măslinelor, furajelor verzi etc.

Agenți ai fermentației lactice

Bacteriile care produc acid lactic fac parte din categoria *cocilor* (*grec. kokkos = bob*) sau a bacililor (*latin. bacillus = bastonaș*) și ca majoritatea bacteriilor, se dezvoltă la temperaturi de 28 - 35°C (sunt mezofile). Există însă și specii termofile (cu temperaturi optime de dezvoltare între 35 - 62°C) sau psihrofile (care preferă temperaturi scăzute, până la 10°C). Procesul de fermentare poate produce în final doar acid lactic, situație în care bacteriile lactice se numesc homofermentative, sau pe lângă acid lactic, ca produs principal, și alți produși secundari: alcool etilic, bioxid de carbon, acid propionic, s.a., caz în care agenții de fermentație se numesc heterofermentativi.

Cateva exemple de agenți de fermentație lactică sunt:

- Termobacteriile lactice heterofermentative: *Leuconostoc caucasicus* (chefir, brânză, 37 - 45°C), *Lactobacillus lactis* (lapte, brânză, 36 - 45°C), *L. helveticus* (brânza, 37 - 45°C);
- Termobacteriile lactice homofermentative: *L. bulgaricus* sinonim *Thermobacterium bulgaricum* (iaurt, 45 - 62°C), *L. thermophilus* (iaurt, 45 - 62°C), *L. acidophilus* (fecale nou-nascuți, 37-45°C), *L. delbruckii* (plămezi cereale, 50°C);
- Bacteriile lactice mezofile heterofermentative: *L. buchnerii* (vin, plămezi acide, melasă, 28-32°C), *L. brevis* (lapte, varza murată, 28-32°C), *L. pastorianus* (bere, 28-32°C);
- Bacteriile lactice mezofile homofermentative: *L. casei* (lapte, 28-32°C), *L. plantarum* (lapte, 28-32°C);

bacteriile propionice –sunt folosite la fabricarea brânzeturilor tip Schwaitzer. Fermentația propionică este un proces biochimic

anaerob, prin care substratul glucidic este transformat, prin reacții enzimatic datorate enzimelor specifice din componența bacteriilor propionice, în acid propionic.

Fermentația propionică are importanță specială în producerea brânzeturilor maturate cu pastă tare și goluri interioare (tip Schweitzer), carora le imprima, în afara incluziunilor alveolare, caracteristici organoleptice specifice și o valoare nutritivă ridicată. Totodată, bacteriile propionice produc, la maturarea pâinii, o fermentație suplimentară, transformând acidul lactic în acid propionic și bioxid de carbon, îmbunătățind gustul și creșterea în volum a pâinii. Bacteriile propionice sunt incluse în familia *Lactobacteriaceae*, genul *Propionibacterium*.

Printre cele mai importante, din punct de vedere al utilității în domeniul agroalimentar, se amintesc: *Propionibacterium freudenreichii* van Niels sinonim cu *Bacterium acidi propionici*, *Propionibacterium shermanii*, bacterii utile în sectoarele produselor lactate și de panificație și *Propionibacterium rubrum* van Niels, bacterie ce formează petele roșii pe brânzeturi, *Clostridium propionicum* Neillonela, s.a., care nu au prea mare importanță industrială.

Fiziologic, bacteriile propionice pot folosi ca substrat de fermentație diverse hexoze (glucoza, lactoza, maltoza), acizi organici (lactic, malic), glicerina, acționând în medii neutre, slab acide (pH optim 6,9) și domenii de temperatură mezofile (35-37°C). Valori de temperatură de peste 60°C le inactivează, ca de altfel și concentrații de clorură de sodiu mai mari de 4%.

bacteriile acetice –produc fermentația alcoolului etilic și astfel sunt utilizate la obținerea industrială a oțetului .

Principalii agenți ai fermentației acetice sunt bacteriile acetice din genurile *Acetobacter*, *Acetomonas* (*Gluconobacter*), cuprinse în familia *Pseudomonodaceae*, ordinul *Pseudomonodales*, bacterii strict aerobe, nesporulate și Gram negative. Acestea au formă de bastonașe, uneori cu capete rotunjite sau umflate, altele ușor curbate, care se dezvoltă sub formă de voal strălucitor, transparent și fragil.

În cea mai mare parte, bacteriile acetice sunt mezofile, având temperatura optimă în jurul valorii de 30°C (19 - 36°C), producând acid acetic în concentrații de 2% (*Bacterium suboxidans*) până la 11% (*B. schutzenbachii*).

După mediul în care se dezvoltă, Hannenberg și Lazăr clasifică bacteriile acetice în:

- bacterii acetice izolate din plamezi amidonoase (*Gluconobacter suboxidans*, *Acetobacter industrium*);
- bacterii acetice izolate din bere (*Acetobacter kutzingianum*, *A. Pasteurianum*);
- bacterii acetice izolate din vin (*A. Ascendens*, *A. Teurianum*);
- bacterii acetice industriale (*Bacterium acetigenum*).

Fermentatia acetica prezintă importanță practică în activitățile gospodărești și industriale.

Principalul aspect practic legat de fermentația acetică este obținerea oțetului folosit la marinarea unor produse culinare și pentru conservarea legumelor și fructelor. De asemenea, fermentarea boabelor de cacao, prin care acestea capătă aromă și alte caracteristici organoleptice specifice este acetică.

O importanță deosebită o prezintă cunoașterea caracteristicilor microorganismelor acetice și a mecanismului fermentației acetice pentru prevenirea și combaterea oțetirii vinului.

În vinurile slabe se dezvoltă bacterii acetice (mai importante fiind: *Acetobacter ascendens*, *A. orlenense*, *A. pasteurianus*, *A. vini acetati*, *A. xylinoides*, *A. xylinum*), care oxidează, treptat, alcoolul din vin. Condițiile favorizante ale oțetirii vinurilor sunt următoarele: conținut de alcool sub 12%, aciditate volatilă peste 1,4 g/l (în cazul vinurilor albe), respectiv 1,7 g/l (la vinurile roșii), accesul aerului, temperaturi ambiante de 19 - 38°C. Oțetirea vinului este o boală gravă și periculoasă, deoarece, odată contaminat vinul, nu mai există remediu curativ. Prevenirea este necesară, în acest scop folosindu-se acidul sulfuros liber, ca antiseptic.

Microflora patogenă poate proveni din soluri infectate unde se cultivă fructele și legumele, din apa de irigare sau chiar de ploaie, atunci când atmosfera este poluată, din particulele de praf vehiculate de curenții de aer, precum și din multe alte surse de infecție (prezența cadavrelor, etc.).

Majoritatea microflorei patogene este constituită din bacteriile ce fac parte din majoritatea familiilor cunoscute, atât bacterii aerobe, cât și germeni anaerobi. Cele mai răspândite specii de bacterii patogene gasite pe fructe și legume fac parte din familia *Enterobacteriaceae*. Astfel, genul *Escherichia* provoacă infecțiile colibacilare, genul *Shigella* produce infecția dizenterică, genul *Salmonella* dă salmonazele, genurile *Proteus*, *Aerobacter*, *Klebsiella* și altele produc infecții specifice.

Și familia *Mycobacteriaceae* cuprinde specii patogene pentru om. Specia *Mycobacterium tuberculosis* din genul *Mycobacterium* provoacă infecția tuberculoasă. Genul *Brucella* din familia *Brucellaceae* are specii ce produc infecția bruceloasă, boală epidemică răspândită prin contaminare alimentară digestivă sau prin contaminare indirectă și deosebit de periculoasă.

Dintre germenii de bacterii aerobe sau facultativ aerobe periculoase pentru om, în microflora epifită a fructelor (în special) și a legumelor, importante sunt bacteriile din *genul Brucella*, aflate în sol, praf și noroi, care produc infecția bruceloasă. Din *genul Bacillus*, specia *B. anthracis* prezintă patogenicitate ridicată pentru om și animale (ovine, în special), producând infecția cărbunoasă (buba neagră). Alte specii de *Bacillus* sunt nepatogene (*B. megaterium*, *B. polymyxa*, *B. brevis*, etc.).

Din microflora anaerobă (bacterii din *genul Clostridium*), multe specii sunt patogene pentru om și animale, producând toxinfecții foarte grave. (*C. perfringens*, *C. septicum*, *C. botulinum*, *C. tetani*, etc.).

Bacterii patogene

Microbiologia este știința strâns legată de descoperirea microorganismelor patogene la om și animale, de înțelegerea naturii efectelor dăunătoare ale acestora și de necesitatea de a controla maladiile. Există un mare număr de bacterii specifice patogene pentru om și animale. Cele mai multe boli produse de bacteriile patogene la om sunt bine cunoscute și intens studiate. Cu toate acestea încă se mai descoperă boli noi; un exemplu este boala produsă de *Legionella pneumophila*. În plus, despre unele bacterii cunoscute ca nepatogene au apărut informații privind faptul că sunt agenții unor noi maladii.

Patogenii de orice fel pătrund în organism prin piele, mucoase, epiteliu, răni sau alte porți de intrare. Pătrunderea în piele produce adesea un focar de infecție, proces însoțit de obicei de inflamații. Când patogenul ajunge în sistemul sanguin rezultă o infecție generalizată. Producerea infecției bacteriene se bazează pe două procese: aderarea și penetrarea. Microorganismul trebuie să aibă capacitatea de a se infiltra în mucoase sau de a penetra

epiteliile, pentru a ajunge la țesuturile subiacente. Pentru a supraviețui în gazda specifică, bacteriile trebuie să aibă acces la substanțele nutritive necesare. Este evident că patogenitatea nu implică cerințe nutritive specifice pentru tulpinile patogene față de cele nepatogene, dar diferențele încă nu au fost explicate. Printre factorii care determină patogenitatea, toxinele joacă un rol important; mulți patogeni au capacitatea de a produce exotoxine și endotoxine. Toxinele au acțiune neurologică și cardiacă. Nu toate bacteriile patogene induc boli evidente clinic la persoanele potențial susceptibile infecției. Rezultatul acțiunii invazive a microorganismului depinde în mare măsură de starea gazdei.

Principalele bacterii patogene ce pot produce boli grave la om și animale sunt următoarele:

1. *Corynebacterium diphtheriae* este o bacterie neflagelată, gram-pozitivă, ce are forma de ace cu gămălie. Bacteria este necapsulată, și nesporulată, imobilă. La microscop bacteria apare sub formă de bastonașe grupate sub forma literei V sau Y. Este facultativ anaeroba, oxidazonegativă și catalazopozitivă. Poate determina o afecțiune cutanată sau poate produce ulcere cutanate tropicale. Boala se poate relativ ușor eradica prin vaccinare deoarece singurul rezervor natural al bacteriei este omul. Astfel dacă în timpul celui de al doilea război mondial s-au înregistrat peste 3 milioane de îmbolnăviri azi incidența bolii în Europa este foarte redusă, aproape inexistentă. Transmiterea bolii se produce prin contact cu persoana bolnavă care împrăștie germeii patogeni prin tuse, strănut se transmite mai rar prin obiecte contaminate. Poarta de intrare fiind mucoasa conjunctivă sau respiratorie care vor fi distruse de tulpinile mai toxicogene, cu formarea pseudeomembranelor, care dacă se găsesc în laringe duc frecvent la moarte prin asfixiere. Toxina produsă de bacterie distruge țesutul cardiac, renal și hepatic, ca și nervii motori asociate cu dermatite.

2. *Mycobacterium tuberculosis* este bacteria care cauzează cele mai multe cazuri de tuberculoză. A fost descrisă pentru prima dată de Robert Koch, în martie 1882. Este o bacterie obligatoriu aerobă, care se divide la 16-20 ore (o rată mică de multiplicare, comparativ cu alte bacterii, cum ar fi *E. coli*, care se divide la 20 de minute). Spre deosebire de alți germeni, datorită conținutului mare de mureină din peretele celular, se colorează foarte greu și, ulterior, rezistă la decolorarea cu alcool și acizi minerali diluați. Sunt așadar, bacili acid-alcoolorezistenți. De asemenea se dezvoltă lent și numai pe medii speciale. Bacilul este rezistent la acțiunea majorității antibioticelor, acest lucru fiind în mare parte explicat prin faptul că infecția este intracelulară; este sensibil la streptomycină, hidrazida acidului izonicotinic, cicloserină și la bacteriofagi. Tratamentul se face în trei etape, de la caz la caz, folosind, la început, trei antibiotice, apoi două și în final un singur antibiotic, cel mai puțin toxic. Eșecul vindecării apare mai ales din cauza neglijenței pacientului, care, la un moment dat renunță la tratament, crezând că s-a vindecat. În SUA, chiar se dau bani la pacienți pentru a-și lua medicamentul. O variantă foarte dură de TBC apare în închisorile rusești, unde lipsa finanțelor duce la nevindecarea bolnavilor; ulterior ei fiind eliberați, vor constitui surse de infecție extrem de periculoase.

3. *Clostridium tetani* este o bacterie saprofită anaerobă din genul *Clostridium*, larg răspândită în natură sub formă de spori în sol, în tractul digestiv și în fecalele animalelor și omului. Poate infecta plăgile, secretând o neurotoxină care difuzează în organism, producând la om boala numită tetanos. Rata de purtători în cazul oamenilor, variază între 0 și 25% și se considera că *C. tetani* este un membru tranzient al florei intestinale, prezenta microorganismului depinzând de ingestie. Bacteria produce spori terminali. Tetanosul este o boala adesea fatală pentru oameni. Mortalitatea variază între 40% și 78%. Boala este provocată de o neurotoxină puternică, toxina

tetanică sau tetanospasmina, produsă atunci când sporii germinează și încep să crească celulele vegetative, după infectarea unei leziuni deschise. Organismul se multiplică local dar simptomele apar și în alte zone, la distanță de locul infecției. Majoritatea cazurilor de tetanos apar prin infectarea cu spori de *Clostridium tetani* în urma unor mici răni sau înțepături. Infecția rămâne localizată adesea fără inflamație majoră. Toxina este produsă în timpul creșterii bacteriilor, sporulare și liză. Infecția migrează de-a lungul căilor neurale, de la locul infecției până la nivelul sistemului nervos central. În cazul tetanosului generalizat, apar spasme dureroase și rigiditate a mușchilor voluntari. Un simptom timpuriu al tetanosului îl constituie spasmele și rigidizarea mușchilor feței (fălcile), în special mușchii maseteri, urmate apoi de rigiditate progresivă și spasme ale membrelor și trunchiului. Apar probleme de deglutiție (înghițire) atunci când apar spasme la nivelul mușchilor faringelui. De obicei, moartea apare datorită afectării mușchilor implicați în respirație.

4. *Mycobacterium leprae* a fost descoperit ca agent etiologic al leprei în anul 1869 de medicul norvegian „Gerhard Armauer Hansen” (1841-1912), boală care în prezent există în mai multe țări cu climă tropicală. Bacteria se dezvoltă în celulele macrofage (celule cu rol de apărare a organismului) și celule Schwann (celule gliale care formează o teacă protectoare de mielină a axonului neuronal). În infecția cu *Mycobacterium leprae*, după o incubatie lungă de luni sau ani de zile, bacteria produce inflamații tumorale urmate de ulceratii prin distrugerea nervilor și descompunerea țesuturilor pe fața bolnavului sau prin căderea extremităților. Boala apare la toate mamiferele și om, un caz de excepție fiind animalele din grupa furnicarului și leneșului ordinul (*Cingulata*) familia (*Dasypodidae*) care au temperatura corpului mai scăzută. Acest fapt este deosebit de important în cercetarea bolii și în producerea vaccinului. Bacteria

leprei este până în prezent singura bacterie la care nu s-a reușit înmulțirea pe medii de cultură din laborator.

5. *Staphylococcus* (Gr. *staphylē* = ciorhine + *coccus* = boabe,) este un gen de bacterii gram-pozitive. La microscop apar ca celule rotunde (coci), grupate similar boabelor într-un ciorchine. Genul *Staphylococcus* include la ora actuală 31 de specii - denumite generic "stafilococi". Majoritatea sunt nepatogene și fac parte din microbiota indigenă, colonizând pielea și mucoasele oamenilor și altor organisme. O parte pot fi întâlnite și în flora microbiană prezentă în sol. Stafilococii patogeni pot cauza o mare varietate de boli la animale și oameni, prin secreția de toxine sau prin înmulțirea rapidă și invadarea țesuturilor. Stafilococii patogeni dispun de o serie de factori de virulență: leucocidina, hemolizina, diferite toxine, coagulaza - o adezină specifică importantă în procesul infecțios și altele. În laboratorul de microbiologie se testează în mod curent calitatea stafilococilor de a produce coagulază, pentru diferențierea între speciile patogene și cele nepatogene (care cel mai adesea nu produc coagulază). În urma acestui test, stafilococii sunt grupați în coagulazo-pozitivi și coagulazo-negativi.

Toxinele stafilococice sunt o cauză comună a toxiinfecțiilor alimentare. Bacteriile se pot dezvolta pe hrana stocată în condiții necorespunzătoare, fiind capabili să se multiplice chiar și în alimentele cu un conținut relativ redus de apă. Deși procesul de gătit omorâ bacteriile, unele toxine sunt rezistente la temperatură, nefiind distruse nici după fierberea câteva minute. Una dintre speciile cu un potențial patogen ridicat este *Staphylococcus aureus*. Această bacterie poate supraviețui pe suprafețele uscate, ceea ce-i oferă șanse sporite de transmitere și are o rezistență intrinsecă la penicilină datorită structurii modificate a uneia sau mai multor proteine implicate în sinteza peretelui bacterian. Prin toxinele sale *S. aureus* poate cauza diferite afecțiuni, de la reacții cutanate la

sindromul șocului toxic. *S. aureus* cauzează în general infecții piogene localizate, de tipul abceselor sau furunculelor, dar sunt cazuri în care poate cauza infecții sistemice, determinând uneori un tip special de septicemie, numită piemie. Tratatamentul chimioterapic antistafilococic în infecțiile grave se realizează utilizând Cefalosporine, Fluorochinolone precum și mai noile antibiotice Carbapeneme.

O altă specie de *Staphylococcus* coagulazo-pozitivă este *Staphylococcus intermedius*, un colonist frecvent al dermei unor animale. Poate produce infecții la câini și pisici și, mai rar, la oameni (zoonoze). Această specie este frecvent purtătoare de gene care conferă multirezistență la antibiotice. *S. epidermidis*, este o specie coagulazo-negativă, o bacterie comensală întâlnită frecvent pe piele. Deși în mod obișnuit nu este patogenă, poate cauza infecții severe la pacienții imunocompromiși, imunosupresați sau cu catetere.

S. saprophyticus este o altă specie coagulazo-negativă care poate cauza infecții ale căilor urinare.

6. *Streptococcus pneumoniae*, cunoscut și sub denumirea de pneumococ, este o bacterie sferică, gram pozitivă, alfa-hemolitică. Este un germen comensal, care face parte din flora normală a căilor respiratorii superioare, procentajul de purtători oro-faringieni asimptomatici în populație variind între 30-70%. Poate coloniza de asemenea tractul intestinal și mucoasele uro-genitale. În anumite condiții, poate provoca boli: fie infecții prin propagare în regiuni anatomice învecinate nazo-faringelui (otite, sinuzite, infecții ale căilor respiratorii inferioare, inclusiv pneumonie), fie infecții invazive prin diseminare în sânge (bacteriemie) și apariția de focare infecțioase la distanță: septicemie, meningită, endocardită, pericardită, osteomielită, artrite septice, pneumonie prin mecanism invaziv etc.

Bacteria a fost identificată pentru prima dată în anul 1881, independent de medicul american George Sternberg și de către chimistul francez Louis Pasteur. Denumit inițial *Diplococcus pneumoniae*, încă din anul 1926 (din cauza modului caracteristic de grupare în cazul colorației gram), a fost redenumit în anul 1974, *Streptococcus pneumoniae* datorită creșterii sale în medii lichide.

7. *Bacillus anthracis*, cunoscut sub denumire de bacilul antraxului sau bacilul cărbunos este factorul patogen ce determină antraxul. Aparține genului *Bacillus*, fiind o bacterie gram pozitivă. Primul care semnalează bacilul ca principal factor al antraxului este bacteriologul Robert Koch, în anul 1877. Denumirea de anthracis provine din grecescul *anthrakis*, cărbune, care se referă la o leziune des întâlnită antraxul cutanat (pielea afectată este de culoare neagră, cu aspect de cărbune). În condiții vitrege sau de secetă bacilul produce endospori, care pot rămâne îngropați în sol mulți ani. Atunci când animalele (oi, vite sau alte rumegătoare) pasc pe solul respectiv, sporii ajung în interiorul organismului animal, unde se înmulțesc, putând provoca chiar moartea acestuia, iar înmulțirea poate continua și pe animalul mort. Odată nutrienții epuizați, sporii ajung din nou la nivelul solului unde ciclul se reia.

8. *Helicobacter pylori* este o bacterie care infectează mucoasa stomacului și a duodenului. Denumirea ei provine de la forma de helix, formă care se pare că este responsabilă de adaptabilitatea și capacitatea de infectare în mediul puternic acid de la nivelul stomacului. Mucoasa gastrică este bine protejată împotriva infecțiilor bacteriene. *Helicobacter pylori* este bine adaptat la această nișă ecologică, având caractere unice, care îi permit intrarea în mucus, atașarea la celulele epiteliale, evitarea răspunsului imun și în consecință colonizarea persistentă și transmiterea. După ce este ingerată, bacteria trebuie să eludeze activitatea bactericidă a conținutului gastric și să pătrundă în stratul mucos. Producția de

urează și motilitatea sunt esențiale pentru acest prim pas al infecției. Ureaza hidrolizează ureea în dioxid de carbon și amoniac, permițând bacteriei *Helicobacter pylori* să supraviețuiască în mediul acid. Motilitatea este esențială pentru colonizare. *Helicobacter pylori* determină o inflamație continuă a mucoasei gastrice la toate persoanele infectate. Eradicarea acestei bacterii grăbește vindecarea și reduce riscul de recurențe sau hemoragii la pacienții cu ulcer gastric sau duodenal.

9. *Legionella* a fost identificată împreună cu amoeba și cu reprezentanți din genul Francisella. Este principalul agent ce cauzează boala legionarului, și a formei mai ușoare numită febra Pontiac. Ea se transmite pe calea aerului, fiind inhalată cu ușurință. Se pare că o sursă importantă ar fi turnurile de răcire și instalațiile de aer condiționat. Ca surse naturale se poate întâlni în ape curgătoare sau heleștee. Odată intrată în organism, bacteria incubează o perioadă de circa 2 săptămâni. Simptomele includ manifestări asemănătoare cu cele ale gripei: febră, frisoane și tuse uscată. În cazul stadiilor avansate, apar probleme gastrointestinale, afectarea sistemului nervos, diaree, greață, stare generală alterată și care se agravează în fiecare zi cu decompensare respiratorie, cei mai afectați fiind copiii până în 12 ani și bătrânii. Se pare că principalul vinovat de boala legionarului este *Legionella pneumophila*, cu o putere foarte mare de răspândire. La nivel european, a fost creat Grupul European de Lucru pentru infecțiile cu *Legionella* (European Working Group for Legionella Infections), pentru monitorizarea surselor potențiale de *Legionella*. Acesta a elaborat un ghid ce cuprinde acțiunile ce trebuie efectuate atunci când coloniile de *Legionella* depășesc o anumită valoare colonii/ml la 30°C (cu minim 48 ore de incubare). Oamenii aparent sănătoși, purtători ai acestei bacterii, prin strănut, prin simpla conversație, împrăștie picături de salivă care plutesc în aer. Acestea sunt preluate de instalațiile de aer

condiționat și repuse în circulație și inhalate. Pentru prevenirea dezvoltării și supraviețuirii coloniilor bacteriei *Legionella*, este recomandat ca în sistemele de răcire-încălzire (aparate de aer condiționat, atât cele tip industrial cât și cele de apartament), boilere etc să se intervină pentru dezinfectarea acestora cel puțin o dată pe an.

Un factor determinant pentru supraviețuirea bacteriei *Legionella* este temperatura:

- 70 to 80 °C (158 to 176 °F) - temperatură de dezinfecție
- At 66 °C (151 °F) - *Legionella* distrusă în 2 minute
- At 60 °C (140 °F) - *Legionella* distrusă în 32 minute
- At 55 °C (131 °F) - *Legionella* distrusă în 5-6h
- 50 to 55 °C (122 to 131 °F) - *Legionella* supraviețuiește dar nu se poate înmulți
- 20 to 50 °C (68 to 122 °F) - *Legionella* se dezvoltă

10. *Brucella* produce boala numită bruceloza, o boală infecțioasă gravă. Brucelele sunt o familie de bacterii, gram negative, aerobe, capsulate, care apar la microscop sub formă de bastonașe sau coci. Agentul patogen a fost izolat în anul 1887 de la soldații bolnavi, de medicul militar „David Bruce”.

Boala este o antropozoonoză care se manifestă sub formă de:

- Febra de Malta - *brucella melitensis* infectează caprele și oile;
- Morbus Bang (Boala Bang) - *brucella abortus* infectează vitele.

Ambele boli determină "Avortul brucelic" la animalele gestante.

După un timp de incubație care poate varia între 14 și 21 de zile, apar primele simptome de boală manifestate prin creșterea temperaturii (febris undularis), însoțit de frisoane. Dacă boala nu este tratată adecvat, trece în forma cronică care poate dura ani de zile, caracterizată prin simptome atipice cu dureri articulare reumatoide. Cu toate că este o boală infecțioasă gravă pentru unele cazuri, s-a constatat că omul se infectează numai de la animal. Până în prezent nu s-a putut constata o transmitere de la om la om. Boala se transmite la om prin consumul de produse animale, ca produse lactate care provin din lapte nepasteurizat, sau prin pătrunderea bacteriei prin piele, mucoase la îngrijitorii de animale sau personalul veterinar fiind considerată la aceștia boală profesională. Bruceloza afectează mai mult bărbații decât femeile, majoritatea infecțiilor rămânând nemanifestate.

Speciile de Brucelle mai frecvente care se transmit de la animal la om sunt:

- *Brucella abortus* (bovine)
- *Brucella canis* (canine)
- *Brucella melitensis* (oaie, capră la om „Febra de Malta”)
- *Brucella suis* (porc și iepure, nepatogen pentru om)
- *Brucella ovis* (ovine)

11. *Vibrio cholerae* produce boala numită holera, o boală infecțioasă bacteriană foarte gravă, care afectează în mod deosebit intestinul subțire. Boala se manifestă prin tulburări digestive ca o diaree gravă, vomități excesive, care duc la o deshidratare rapidă a bolnavului (exicose), prin pierdere de electroliți (substanțe minerale). Vibriionul holeric „*Vibrio cholerae*”, produce toxina holerică, aceasta fiind cauza diareei. Cu toate că boala evoluează frecvent atipic, poate fi recunoscută ușor prin mortalitatea ridicată de 85 % la

izbucnirea bolii, ca ulterior acest indice de letalitate să scadă între 20 și 70 % la cazurile netratate.

După o perioadă de incubație între 2-3 zile urmează de obicei trei stadii de evoluare:

1. stadiul de vomitare, fecalele fiind moi cu aspect de orez, apar rar colici.
2. stadiul de deshidratare (exicoză), hipotermie apar riduri, față suptă cu oase proeminente.
3. stadiul general grav, cu febră, abatere, dezorientare, comă cu erupții cutanate. În cazul complicațiilor apar forme de pneumonie, parotidită și septicemie.

S-a observat că persoanele cu grupa „0” sanguină sunt mai predispuși la îmbolnăvire. Holera apare frecvent în țările sărace, unde nu se pot respecta regulile de igienă:

- apa de băut infectată, fiind cauza principală a îmbolnăvirilor;
- canalizarea deficitară, determinând infiltrarea apei de canal în apa de băut;
- bacilul fiind prezent prin fecale în apele curgătoare, stătătoare sau pești. În țările industriale din cauza respectării regulilor de igienă, holera apare foarte rar și sporadic.

Cel mai important obiectiv al tratamentului este rehidratarea organismului prin administrare pe cale orală de soluții ce conțin glucoză, carbonat de sodiu, clorură de sodiu și clorură de potasiu

12. *Leptospirele* - microorganisme sub formă de spirală (spirochete - *Leptospira interrogans*) produc boala numită leptospiroza o boală infecțioasă acută care se manifestă prin febră, intoxicație, cefalee, dureri musculare, mai ales la gambe, afectarea

rinichilor, a ficatului, sistemului nervos și cardiovascular. A fost descrisă prima dată de Adolf Weil în 1886, motiv pentru care se numește și *Boala lui Weil*. Acestea sunt rezistente la temperaturi joase și sensibile la temperaturi înalte. Sursa de infecție o constituie șobolanii și alte rozătoare, vitele, porcii. Leptospirele se elimină prin urină, infectând solul, bazinele de apă și produsele alimentare. Oamenii se îmbolnăvesc în timpul scăldatului în iazuri infectate, în timpul lucrărilor agricole pe terenuri umede, etc. Microbul pătrunde în organism prin piele, prin mucoasele nazale sau oculare. Ajunși în organism, microbii pătrund în sânge unde se înmulțesc și apoi trec în diverse organe - rinichi, ficat, inimă, etc. Perioada de incubație este de 2-20 zile. Boala începe brusc cu frisoane, febră, cefalee puternică, dureri în articulații, insomnie și slăbiciune generală. Apar tulburări hemoragice sub formă de hemoragii nazale, gastrointestinale. Forma icterică se manifestă prin apariția icterului, pielea și mucoasele devin galbene. Icterul apare în a 2 -3 zi de boală, apoi dispare peste 2-3 săptămâni. Forma renală se manifestă prin apariția anuriei. Dacă în asemenea cazuri bolnavul nu se adresează medicului, survine decesul. Boala poate evolua în forme ușoare sau grave cu o durată de 3- 4 săptămâni, convalescența este de lungă durată și se manifestă printr-o astenie pronunțată. Uneori poate da complicații oculare sau cardiace - miocardita (inflamația mușchilor inimii). Tratamentul se efectuează numai în condiții spitalicești obligatorii. Cu cât spitalizarea e mai precoce, cu atât rezultatele tratamentului sunt mai încurajatoare.

Pentru evitarea îmbolnăvirii, se recomandă :

- evitarea scăldatului;
- evitarea contactului prelungit cu apa. Pentru cei care muncesc la refacerea caselor, în construcții, etc. este recomandat să poarte cizme și mănuși de cauciuc;

- păstrarea normelor de igienă –spălatul pe mâini cu săpun, consumul de apă îmbuteliată sau fiartă și răcită, păstrarea igienei individuale și a condițiilor de păstrare a alimentelor;
- evitarea automedicației în situația apariției unor simptome de boală diareică sau viroză respiratorie.

13. *Treponema pallidum* o bacterie în formă de spirală determină apariția sifilisului una dintre cele mai răspândite boli cu transmitere sexuală. Este o boală gravă prin consecințele pe care le are în timp asupra tuturor organelor, în special asupra sistemelor nervos și cardiovascular. Contaminarea cu microbul sifilisului se face prin raport sexual, prin atingerea leziunilor unui bolnav, prin sărut, atingerea obiectelor contaminate (pahar, briciul de la frizer, instrumente medicale insuficient sterilizate). Contaminarea se mai poate face pe cale congenitală când femeile însărcinate nu sunt controlate la timp de către medic. Când contaminarea mamei are loc în prima perioadă a sarcinii, fătul va fi mort și expulzat prematur. Dacă infecția s-a produs mai târziu, fătul se va naște viu, însă cu urme vizibile de sifilis. Reprezintă încă o boală cu transmitere sexuală larg răspândită chiar și în țările cu nivel înalt de dezvoltare. Este o afecțiune asociată cu consumul de droguri și infecția cu virusul HIV. Sifilisul apare atunci când, microorganismele numite spirochete -*Treponema pallidum* se inoculează în membranele mucoase. Acest lucru se întâmplă cel mai des prin contact sexual. *T. pallidum* pătrunde în organism prin piele și mucoase la nivelul microleziunilor produse prin abraziune și ajunge în sânge și limfă, unde se multiplică până la apariția leziunii primare - șancrul sifilitic primar, timp în care sângele acestor pacienți este contagios. Leziunea primară dispare spontan după această perioadă, boala trecând în etapa de sifilis secundar. Perioada de incubație este de 21 de zile, excepțional poate dura până la 6 săptămâni. Diagnosticul sifilisului poate fi întârziat sau complicat, pentru că simptomele sale

sunt asemănătoare cu a multor altor boli. Sifilisul este cunoscut și sub denumirea de marele imitator.

14. *Clostridium botulinum* determină apariția botulismului, o afecțiune neuromusculară (paralitică) cauzată de o toxină bacteriană care acționează la nivelul intestinului și determină "otrăvirea" neuromusculară.

Există 3 tipuri de botulism:- botulismul alimentar - botulismul "de plagă" - botulismul sugarilor. Botulismul alimentar apare atunci când toxina botulinică, produsă în alimente contaminate, este ingerată sau sporiile acestei toxine sunt inhalate. Botulismul "de plagă" este determinat de toxina botulinică care se află la nivelul unei plăgi infectate cu această bacterie. Botulismul sugarilor, cea mai frecventă formă de botulism din țările dezvoltate, este determinat de ingestia sau inhalarea sporiilor de *Clostridium botulinum* și de producerea ulterioară a toxinei botulinice de către intestinalele sugarilor afectați. Orice caz de botulism este considerat a fi o urgență de sănătate publică datorită potențialului de contaminare a altor persoane care ingeră alimentele infestate și de a folosi toxina botulinică ca pe o armă biologică. Este obligatorie prin lege declararea oricărui caz de botulism.

2.9. Regnul Protista

Regnul Protista - conține cea mai mare parte a microorganismelor eucariote unicelulare care sunt lipsite de țesuturi. Acest regn cuprinde alge microscopice care se caracterizează prin celule fotosintetizante și protozoare care sunt lipsite de perete celular și se hrănesc pe seama altor organisme prin ingestie.

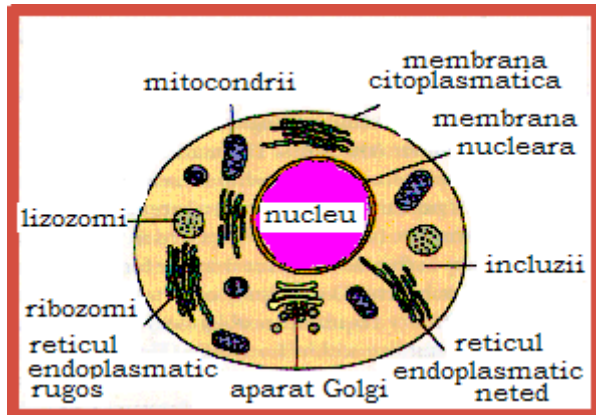


Figura 15 – Celula de tip eucariot

2.9.1. Microalge

Algele sunt organisme eucariote capabile să realizeze fotosinteza. Ele sunt în special acvatice trăind în habitate expuse la lumină. Unele alge sunt heterotrofe, de exemplu diatomeele care trăiesc la întuneric în mările adânci. Multe alge au relații filogenetice strânse cu protozoarele flagelate.

Clasificarea algelor se bazează pe pigmentație, ciclul de viață, tipul de flageli și compoziția peretelui celular. Algele sunt asemănătoare plantelor superioare, în privința prezenței clorofilei, printre pigmenții fotosintetizanți. În timpul fotosintezei se formează oxigen. Algele acvatice se întâlnesc în apele dulci, salmastre și marine. Ca producători primari au mare importanță ecologică. Algele terestre se găsesc pe soluri umede, roci, trunchiuri de copaci, pe gheață și zăpadă și ca simbiote ale lichenilor.

Principalele grupe de alge se caracterizează astfel:

1. *Rodoficeele* (algele roșii) sunt în special forme pluricelulare marine. Algele roșii unicelulare se întâlnesc în nisipuri sau pe pietrele scufundate în bălți. Ciclul de viață este adesea complet. Unele alge sunt utilizate ca sursă de agar .

2. *Cloroficeele* (algele verzi) trăiesc în apele dulci și marine precum și în mediul terestru. Dintre speciile terestre unele specii simbiote ale lichenilor, altele pot endosimbiote la unele protozoare. La cele mai multe specii se întâlnește procesul sexuat, unele prezentând alternanță de generații.

În încrengătura algelor verzi sunt cuprinse peste 5000 de specii de plante cu talul unicelular sau pluricelular, simplu sau ramificat. Acestea sunt răspândite în apele dulci și pe soluri umede.

Algele verzi unicelulare

Speciile cu talul unicelular prezintă asemănări evidente cu flagelatele, din care, de altfel, au derivat. Dintre algele verzi unicelulare amintim: verzeala –zidurilor (*Pleurococcus*) și *Chlamydomonas* (prezentă în apele dulci stătătoare)

Algele verzi pluricelulare

Algele verzi pluricelulare trăiesc în ape dulci, salmastre și marine. La noi cea mai frecventă algă verde pluricelulară este reprezentată de mătasea – broaștei. În apele dulci și sărate trăiește și lâna – broaștei (*Cladophora*), care este recunoscută după talul său ramificat, alcătuit din filamente aspre la pipăit. În apele dulci curgătoare, se poate întâlni frecvent o altă algă verde, *Ulothrix zonata*, al cărei tal este simplu, filamentos.

O altă algă, salata de mare (*Ulva lactuca*), trăiește în apele marine. Ea poate fi ușor recunoscută după talul ei lățit ca o frunză. Deseori poate fi observată pe plaja Mării Negre, aruncată de valuri.

Algele verzi constituie un grup heterogen, care datorită răspândirii lor largi prezintă o organizare variată a aparatului vegetativ și reproducător, rezultat al direcțiilor diferite ale evoluției lor.

3. *Euglenoficeele* sunt alge de apă dulce, salmastră sau marină, găsindu-se și în sol. Toate speciile sunt unicelulare și mobile având flageli pentru deplasare. Flagelatele sunt talofite unicelulare, cu nucleu diferențiat, înconjurat de o membrană nucleară distinctă. După structura celulei, plantele din această încrengătură aparțin grupului eucariote.

Apariția plantelor eucariote reprezintă un salt calitativ în evoluția plantelor, față de procariote. Cercetările recente ne arată că atât procariotele cât și atât eucariotele au o origine comună și o evoluție paralelă.

Flagelatele trăiesc în ape dulci și marine, în bălți și lacuri; se hrănesc autotrof sau heterotrof și se înmulțesc, de obicei, prin diviziune directă longitudinală. Din flagelate fac parte euglenele (*Euglena sp.*). Corpul lor, protejat de o membrană plasmatică, prezintă în partea anterioară un singur flagel cu ajutorul căruia se deplasează în apă. Tot în partea anterioară a corpului se află o formațiune sensibilă la variațiile de lumină numită stigmă, cu rol în captarea radiațiilor solare, roșu-violet. În masa citoplasmatică, se observă un nucleu voluminos, bine individualizat, câțiva cromatofori, care conțin pigmenți verzi –galbeni-bruni și numeroase vacuole.

Dacă este ținută la întuneric, euglena se hrănește heterotrof.

Flagelatele constituie un important nod filogenetic din care au derivat cele două regnuri. Din flgelatele autotrofe a evoluat regnul vegetal,

iar din cele heterotrofe, regnul animal.

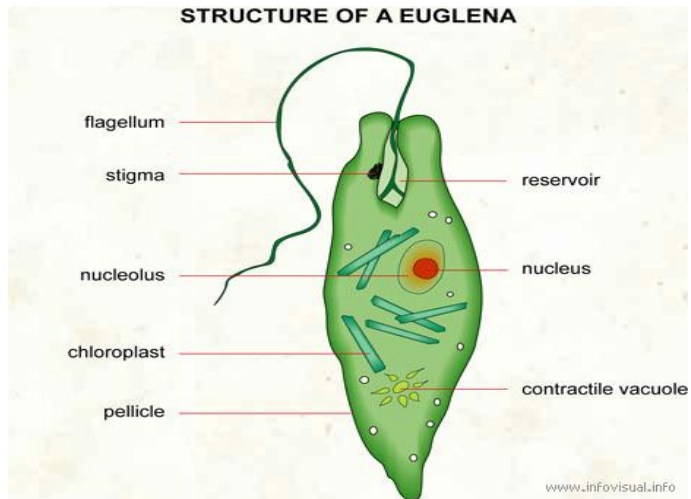


Figura 16 - Euglena verde

4. *Bacilarioficeele* (diatomee) sunt forme acvatice sau terestre, sunt unicelulare și mobile prin glisare. Peretele celular cu structură silicioasă constă din două părți care se potrivesc una cu cealaltă ca în cazul unei cutii cu capacul ei.

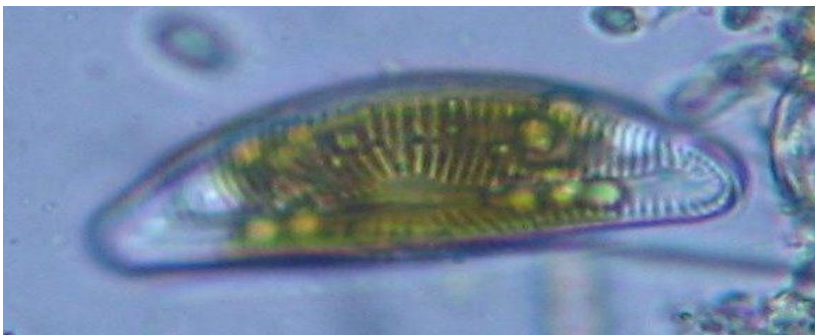


Figura 17- Diatomee

5. *Dinoficeele* (dinoflagelate) sunt forme microplanctonice prezente în mări și lacuri. Cele mai multe sunt libere, iar unele sunt endosimbionte în radiolari și corali.

6. *Crisoficeele* (algele galbene) sunt alge de apă dulce. Majoritatea sunt mobile prin unul sau doi flageli apicali. Există și forme lipsite de flageli și deci imobile.

7. *Xantoficeele* (algele galben – verzi) sunt în special organisme de apă dulce; unele sunt marine, altele sunt terestre. Ele sunt mai des pluricelulare. Formele unicelulare se întâlnesc mai ales în sol și în plancton.

8. *Cianoficeele* (algele albastre sau alge albastre – verzi) sunt organisme procariote pentru că nucleul lor este primitiv, netipic, lipsit de membrană. Algele albastre sunt foarte răspândite în natură. Se întâlnesc în apele marine, dulci (bogate în substanțe organice în descompunere), pe soluri umede, stânci și pereți umezi, precum și pe uscat.

Algele albastre sunt plante unicelulare, cu celulele izolate sau reunite în colonii. La speciile coloniale filamentoase, talul este înconjurat, pe lângă peretele celulozopectic, de o teacă albuminoidă, mucilaginoasă. Cea mai cunoscută algă albastră este cleiul – pământului (*Nostoc commune*)

Nutriția . Algele albastre sunt, în general, plante autotrofe. Ca produs de asimilație se formează un amidon specific (care nu se colorează cu iodul). După unii autori algele albastre sunt capabile să asimileze și azotul liber din aer, pe care-l utilizează în sinteza de substanțe organice mai complexe.

Înmulțirea. Se face pe calea diviziunii directe; celulele rezultate rămân izolate sau apropiate unele de altele, dând naștere la colonii, ca în cazul algelor *Nostoc*, *Rivularia*, etc.

Ținând seama de simplitatea organizării celulei se presupune că algele albastre au o vechime foarte mare. Ca fosile ele sunt semnalate din era precambriană, numită din acest motiv “era algelor albastre”.

Modul de organizare al celulei (procariot), precum și felul de înmulțire, demonstrează că algele albastre se află pe o treaptă inferioară de evoluție. Din acest motiv mulți specialiști le plasează alături de bacterii, adică în grupul procariotelor. Algele albastre sunt considerate ca un grup cu evoluție închisă, deoarece din ele nu s-au diferențiat, în decursul timpului, alte plante.



Figura 18 - Nostoc (algă albastră)

Importanța algelor

Pe lângă importanța teoretică, algele prezintă și o importanță practică. În cadrul ecosistemelor acvatice, algele reprezintă adevărate uzine de sinteză a substanțelor organice și de degajare a oxigenului, făcând parte deci, din veriga producătorilor în rețeaua lanțurilor trofice.

Algele au o mare utilitate, constituind materie primă în diferite ramuri ale industriei alimentare, de medicamente, chimice etc. Din algele brune (*Fucus*, *Laminaria*, *Cystoseira*) se pot extrage iodul, bromul și potasiul. S-a constatat că cenușa algelor conține un procent de 18 – 20% din aceste elemente, motiv pentru care ea se folosește ca îngrășământ chimic în agricultură. Prin distilarea uscată a talurilor unor alge, se poate obține: alcool metilic, acid acetic, acetonă, alginatul de sodiu folosit pentru apretarea țesăturilor etc.

Popoarele din Extremul Orient și cele insulare folosesc unele specii de alge ca aliment (*Ulva*, *Laminaria* etc).

Din algele roșii se obține geloza vegetală (agar –agar), utilizată ca mediu de cultură pentru bacterii: geloza se folosește și la prepararea unor produse de cofetărie (jелеuri).

Alte alge (*Cladophora*) sunt folosite la fabricarea hârtiei, datorită conținutului ridicat de celuloză din pereții celulari.

2.9.2. Protozoare

Protozoarele sunt microorganisme unicelulare eucariote, fiind clasificate în mod curent în regnul animal. Multe protozoare sunt prădători ai bacteriilor, fungilor, algelor sau altor protozoare, dar unele sunt parazite la animale. Din cauza afinităților filogenetice cu unele forme algale unicelulare, nu există o clasificare unanim acceptată. Din considerente ecologice este necesar să separăm organismele fotosintetizante cum sunt algele de omoloagele lor nepigmentate cum sunt protozoarele. Relațiile evolutive dintre protozoare și animalele pluricelulare (metazoare) nu sunt încă complet elucidate. Protozoarele libere populează mediile acvatice (apele dulci, râurile și lacurile, mările și oceanele). În apele dulci predomină ciliatele și flagelatele în timp ce în habitatele marine predomină formaniferele și radiolarii. De asemenea, multe specii se găsesc în nămoluri și soluri umede. În condiții de uscăciune, unele

protozoare pot supraviețui în forme închistate. Speciile parazite și patogene se întâlnesc în general în sânge, alimente sau căile genitale ale gazdelor. Unele protozoare se află în relații de simbioză cu bacterii, insecte sau alte organisme. Majoritatea protozoarelor sunt aerobe, unele specii libere sau parazite sunt microaerofile sau anaerobe. Organisme unicelulare protozoarele au corpul format dintr-o singură celulă care este formată din plasmalemă la exterior, citoplasmă la interior, unul sau mai mulți nuclei. Plasmalema este formată din macromoleculele stratului superficial al citoplasmei. Aceste macromolecule sunt orientate mai mult sau mai puțin perpendicular pe suprafața celulei. Grosimea acestei plasmaleme variază. Astfel la amibă ea are câteva sute de Å. Are o refringență mai mare decât a apei și o structură coloidală. Citoplasma prin această structură coloidală permite trecerea între gel și sol.

Caracteristici biologice Ele se hrănesc în principal cu substanțe organice sau cu alge unicelulare, sunt deci organisme heterotrofe, dar unele grupe (de exemplu euglenele) în prezența luminii se hrănesc prin fotosinteză, deci autotrof. Digestia se realizează cu ajutorul vacuolelor digestive. În citoplasma au loc arderea, în urma cărora rezultă energia necesară vieții și a dioxidului de carbon, care este eliminat tot prin membrana celulei. Excreția se realizează cu ajutorul vacuolelor contractile sau pulsatile. Reproducerea se realizează prin diviziune (longitudinală sau transversală). Locomoția protozoarelor se realizează cu ajutorul organelor specializate cum ar fi cilii la ciliate (de ex. parameciul). Amiba se deplasează cu ajutorul pseudopodelor. Protozoarele sunt importante în studiul teoretic pentru că ele fac legătura dintre plante și animale. Unele din consecințele practice ale existenței lor într-un ecosistem sunt: curățarea mediilor acvatice în care trăiesc și reprezintă hrană pentru alte animale.

Principalele categorii de protozoare sunt:

1. *Sarcomastigoforele* sunt protozoare flagelate sau amiboide; formele libere sunt prădători în sol.

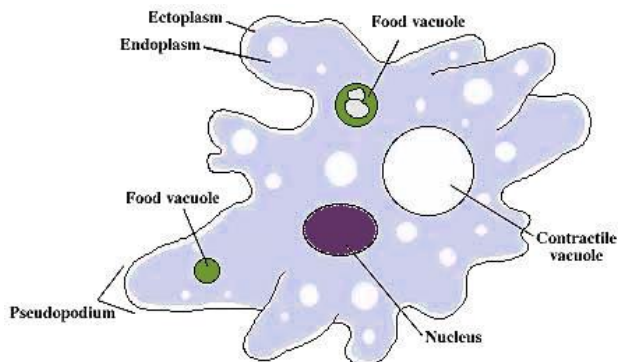


Figura 19- *Amoeba proteus*

Entamoeba histolitica este o specie parazitară producând boli la om. Contaminarea - Boala se contractează prin ingestia de chisturi ambiene care contaminează apa, fructele sau legumele. Amiba ajunge în intestinul gros și se instalează aici (cel mai adesea în colon), mai întâi la suprafața mucoasei: "purtător sănătos", subiectul nu prezintă atunci nici un simptom; totuși, materiile lui fecale conțin chisturi infecțioase susceptibile să contamineze alte persoane. Într-o a doua etapă, amiba se implantează în grosimea peretelui intestinului gros: atunci se declară amibiaza propriu-zisă. Simptome și evoluție - Amibiaza se manifestă printr-o dizenterie (diaree dureroasă cu pierdere de sânge): se vorbește atunci de dizenteria amibiană. Complicațiile grave și destul de frecvente, amibiaza hepatică și abcesul amibian al ficatului se manifesta prin febră, durere a ficatului și jenă respiratorie. Abcesul ficatului poate să se rupă sau să comprime vasele sangvine și canalul coledoc. Amibiaza poate, de asemenea, să genereze un abces amibian al plămânului: bolnavul suferă atunci de dureri în torace și de febră, tuse și respiră cu greu; în anumite cazuri, el expectorează un puroi maroniu, mai mult sau mai puțin sangvinolent. Amibiaza mai poate, deși mai rar, să antreneze formarea unui abces al creierului, al rinichiului sau al altor organe.

Diagnostic și tratament - Parazitul este căutat în scaune prin examen microscopic. Amibiazele hepatice și pulmonare sunt diagnosticate prin cercetarea anticorpilor specifici în sânge. Abcesele sunt localizate prin ecografie sau scanografie, abcesul amibian al ficatului necesitând adesea o puncție sub control ecografic. Tratamentul amibiazei constă în administrarea de amibocide difuzibile (dehidroemetina, metronidazol etc.) și de amibocide de contact (hidroxichinolone) pentru purtătorii sănătoși. Acest tratament, deosebit de eficace, asigură vindecarea. Prevenirea constă în urmărirea regulilor de igienă alimentară: consumarea de apă minerală din butelii capsulate sau de apă potabilă, spălarea fructelor și legumelor cu apă fiartă sau clorată.

2.9.3. Ciliate

Ciliatele cuprind mai mult de 6.000 de specii de apă dulce și marine, cu diametrul de la 10 micrometri la câțiva mm. Speciile de apă dulce sunt importante în procesul de tratare a apelor de canal deoarece se hrănesc cu bacterii. Ca exemple cunoscute avem *Paramecium*, *Vorticella*.

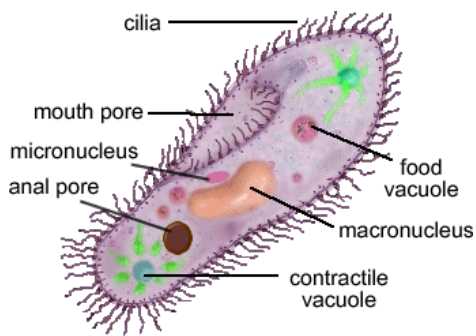


Figura 20 - *Paramecium caudatum*

2.9.4. Sporozoare

Sporozoarele sunt parazite la animale și om. Ex. *Plasmodium* produce malaria. Boala infecțioasă parazitara tropicală, transmisă de

țânțari, caracterizată prin accese periodice de febră și prin splină mărită. Când o femelă-tântar din genul *Anopheles* înțeapă un om bolnav de malarie preia, o dată cu sângele uman, și una dintre cele patru specii de protozoare din genul *Plasmodium*. Acest protozoar se maturizează în organismul insectei și este apoi transmis, prin înțepătura, unei noi victime. Malaria afectează anual circa 267 milioane de persoane în 103 țări, iar în 1995 circa 2,1 milioane de oameni au murit de pe urma acestei boli. Numai în Africa subsahariană între 1,5 și 2 milioane de copii mor anual de malarie sau în urma complicațiilor acesteia. În noiembrie 1998, s-a ajuns la o înțelegere în vederea lansării unui program de cercetare și control al bolii. Printre agențiile implicate se numără Organizația Mondială a Sănătății (OMS), Banca Mondială, Fondul Națiunilor Unite destinat Copiilor și Programul de Dezvoltare al Națiunilor Unite. Campania de luptă împotriva malariei intenționează ca până în 2010 să înjumătățească numărul deceselor cauzate de această boală.

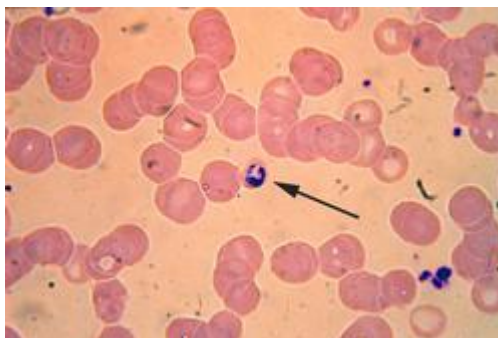


Figura 21- *Plasmodium malariae*

2.9.5. Foraminifere și radiolari

Foraminiferele și radiarii au o structură scheletică internă sau externă. Unele sunt patogene în intestinul mamiferelor, altele sunt simbiote în intestinul insectelor.

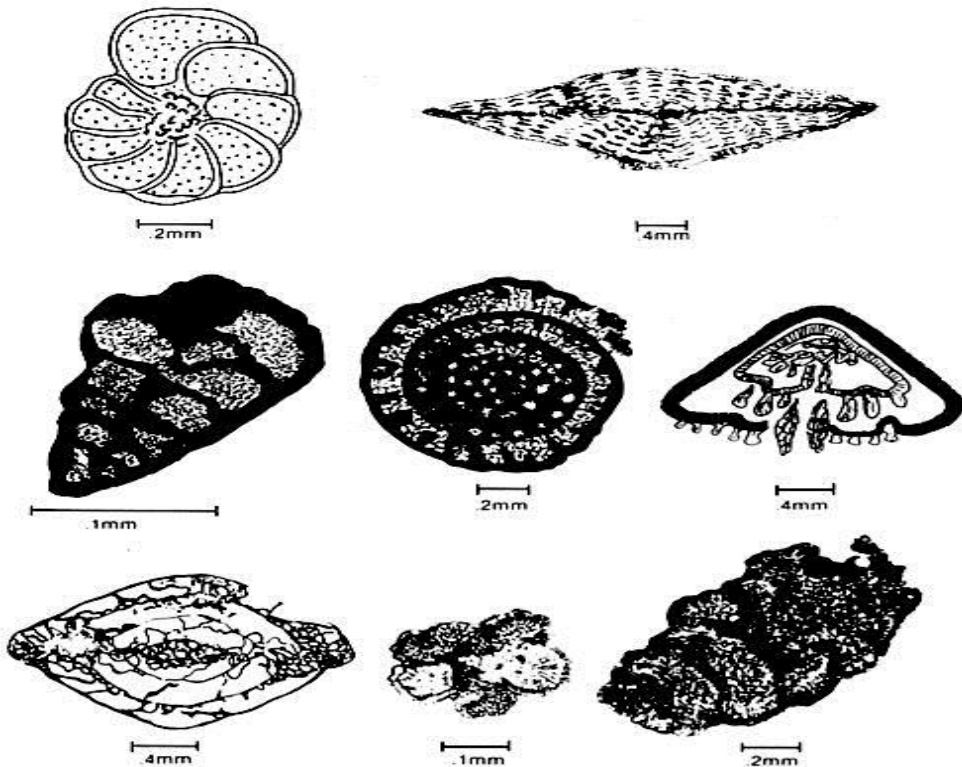


Figura 22- Forme de foraminifere

2.10. Regnul Funghi

Regnul Funghi cuprinde organisme eucariote unicelulare sau pluricelulare fiind grupate în drojdii (levuri) și ciuperci. Ciupercile pot fi: micromicete (ciuperci microscopice – mucegaiuri) și macromicete (ciuperci macroscopice – ciuperci cu pălărie)

2.10.1. Ciuperci microscopice (Mucegaiuri)

Ciupercile microscopice sunt larg răspândite în natură, având capacitatea de a putea să se dezvolte pe medii diferite compoziționale, dar cu predilecție pe cele glucidice. Ele au efecte

benefice sau dăunătoare activității umane. Printre cele folositoare se pot aminti: obținerea îngrășămintelor naturale, a composturilor vegetale din resurse neconvenționale slab valorificate (scoarța copacilor, resturile vegetale autumnale), producerea unor alimente de mare importanță în alimentația umană (pâinea dospită, brânzeturile fermentate, vinul, berea și alcoolul), obținerea unor enzime cu utilitate industrială (amilazele) sau medicală (de exemplu preparate de nucleaze cuplate pe dextran cu acțiune antitumorală), etc. Efectele dăunătoare mai importante provocate de ciuperci sunt: alterarea alimentelor, producerea unor toxine alimentare (aflatoxine), provocarea unor boli de către ciuperci (micoze), etc.

Ciupercile microscopice se răspândesc ușor în natură, cu predilecție prin spori, deoarece sporii produși de un singur miceliu sunt numeroși, dispun de mijloace ce permit propagarea, și, spre deosebire de sporii bacterieni, sunt în primul rând forme de înmulțire și nu de rezistență. Ciupercile microscopice care prezintă interes pentru agricultură, alimentație și alte activități umane fac parte din Regnul Micelia, Subregnul Mycota, Ramura Eumiceta ce cuprinde: micomicete unicelulare (drozii și mucegaiuri inferioare) și micomicete pluricelulare filamentoase (mucegaiuri superioare).

Mucegaiurile sunt microorganisme de tip eucariot, diferențiate morfologic în monocelulare și pluricelulare, ce se reproduc prin spori rezultați pe cale asexuată, sexuată sau mixtă, caracterizate prin: aspect filamentos, lipsa de mobilitate și incapabile de a realiza fotosinteza.

Răspândirea mucegaiurilor

Datorită capacității lor deosebite de adaptare la cele mai diverse condiții ale mediului ambiant, mucegaiurile sunt răspândite în toate habitatele naturale. Această capacitate naturală de adaptare se datorează faptului că ele dispun de un echipament enzimatic

complex care le permite degradarea unor compuși macromoleculari, foarte diferiți ca structură și compoziție, folosiți ca substanțe nutritiv-energetice. Totodată, necesitățile relativ modeste în privința umidității, a factorilor de creștere, a vitaminelor și a altor compuși nutritivi sau biocatalizatori, contribuie la capacitatea lor de adaptare în aproape orice condiții de mediu.

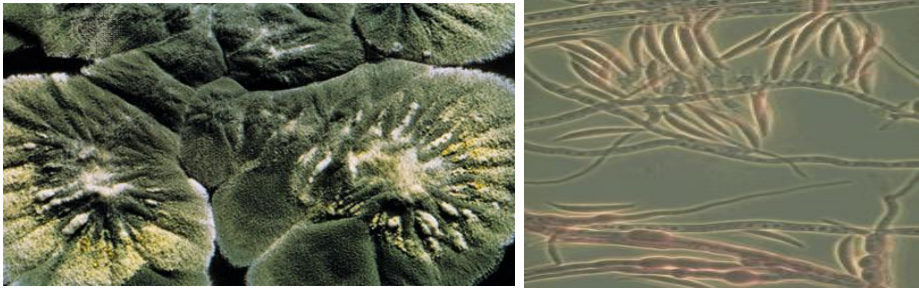


Figura 23 - Mucegai- aspect macroscopic si microscopic

Stratul superficial al solului constituie un habitat în care mucegaiurile sporofite degradează compușii organici (hidrați de carbon omogeni și heterogeni, protide, lipide etc.) din resturile vegetale și animale moarte, fiind considerate agenți tipici ai putrezirii. Prin degradarea compușilor din stratul superficial al solului, mucegaiurile participă la circuitul natural al carbonului, îmbogățind solul în compuși cu molecule mai mici, ce reprezintă, la rândul lor, mediu propice de dezvoltare al altor microorganisme sau plante. Acestea continuă degradarea până ce, în final, dioxidul de carbon și apa rezultate sunt prelucrate de plante și transformate, în cadrul acestui circuit trofic, în hidrocarbonate, monoze și polioze, prin procesul de fotosinteză.

Din sol, prin intermediul factorilor fizici și biologici, sporiile mucegaiurilor, reprezentând mijlocul principal de reproducere, sunt vehiculați în aer, unde pot supraviețui un timp îndelungat, după care, în lipsa curenților, se pot depune pe diverse alte medii în care sporiile

supraviețuiesc perioade mari de timp, chiar zeci de ani, până se creează condiții favorabile de viață. În aceste condiții favorabile are loc germinarea sporilor și dezvoltarea miceliului, vegetativ și producător. Mucegaiurile pot fi întâlnite ca parte constitutivă a microflorei epifite a plantelor, unde pot produce alterarea fructelor, legumelor și semințelor.

O serie de mucegaiuri patogene găsesc condiții de dezvoltare pe țesuturi vegetale și animale vii, cărora le pot produce îmbolnăviri (de exemplu mătura, rugina, făinarea, fuzariozele la plante, micoze respiratorii, tricofitia epidermofitică, flavisul la om și la animale).

Alte mucegaiuri sunt folosite de om ca agenți productivi de importanță industrială și farmacodinamică, în alimentație, medicină, biotehnologii, obținându-se cu ajutorul lor acizi organici (citric, lactic, malic, fumaric), vitamine hidrosolubile (B₁₂) liposolubile (ergosteroli), maturarea unor salamuri crude uscate și brânzeturi fermentate (tip Roquefort, cu pastă albastră sau Camembert și Brie cu pastă moale), amonificarea substanțelor proteice în timpul compostării îngrășămintelor naturale (în care intervin mucegaiurile *Trichoderma Konongi*, *Aspergillus terricola*, *Botrytis sp.*, etc.), producția de antibiotice (penicilina, streptomycină etc.), ori producerea de proteină, folosindu-se ca materii prime reziduurile petroliere (genurile *Mucor*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Cephalosporium*).

Morfologia mucegaiurilor

Mucegaiurile sunt celule de tip eucariot, heterotrofe, imobile și nefotosintetizante. *Peretele celular*, care asigură forma celulei de mucegai, este mai gros, bogat în celuloză sau chitină, în funcție de gruparea taxonomică din care face parte microorganismul, alte polizaharide ca: mucilagii, pectine, hemiceluloze, proteine și pigmenți. Sub peretele celular se găsește *membrana citoplasmatică* ce delimitează *citoplasma*, în care se află toate

organitele. Membrana citoplasmatică este aderentă la peretele celular, între cele două membrane neexistând spațiu. O caracteristică oarecum specifică mucegaiurilor, o reprezintă *formațiunile vacuolare* conținând rezerva de glicogen, care formează o rețea în miceliile tinere, în timp ce în cele bătrâne se concentrează în zona centrală. Citoplasma conține, de asemenea, incluziuni lipidice cu lipocromi solubili, taninuri și oxalat de calciu cristalizat.

Celula mucegaiului poate avea unul sau mai mulți nuclei, în fiecare nucleu găsiindu-se 2 - 4 cromozomi. Nucleii sunt mici și delimitați de o membrană celulară.

În funcție de organizarea celulară, se diferențiază mucegaiuri monocelulare, formate dintr-o singură celulă, având ramificații în care componentele intracelulare, întâlnite la microorganismele inferioare, circulă liber și pluricelulare, la care peretele celular este comun mai multor celule, separate între ele de un perete despărțitor numit septum.

Mucegaiurile, ciuperci filamentoase, formează micelii (tal) la care se disting două structuri morfologice și fiziologice: *vegetativă* și *reproducătoare*.

Partea *vegetativă*, numită tal, asigură creșterea mucegaiului și este alcătuită din filamente miceline sau hife tubulare mai mult sau mai puțin lungi și ramificate.

Reproducerea mucegaiurilor

Partea de reproducere și rezistență este denumită spor, ou sau artrospor, care ia naștere din tal fiind reprezentat din elemente de forma rotundă sau dreptunghiulară cu marime variabilă. Sporii pot avea două origini: *sexuată*, când sunt rezultatul fecundării sau meiozei și *asexuată*, când sporii rezultă din mitoze simple și sunt cunoscuți

sub denumirea de conidii (conidiospori) și servesc la înmulțirea ciupercilor imperfecte.

Formarea sporilor

Sporii se pot forma prin reproducere sexuată (perfectă), care reprezintă conjugarea (contopirea) a doi gameți din care rezultă un ou. Gameții se formează pe două hife învecinate numite suspensori. Din cei doi gameți rezultă un gametangiu din care se dezvoltă sporul ce are mai multe forme: zigosporul – rezultat din conjugarea a doi gameți *identici*; oosporul – ca rezultat al fecundării a doi gameți *heterozigoți (diferiți)*, numiți *anteridium* (mascul) și *oogonium* (femel); ascosporul format din fuziunea a două celule vecine din același miceliu sau din micelii diferite, în interiorul căruia se formează ascospori care se răspândesc în mediul înconjurător; bazidiosporul – ce se formează în interiorul unei *bazidii* - celulă binucleată la extremitatea unei hife – cuprinzând bazidiospori prinși cu un peduncul de bazidie.

Formarea sporilor imperfecti prin reproducerea asexuată are loc atunci când unele celule miceliene devin thalospori sau când prin morfogeneza unor structuri specializate se transformă în corpi fructificanți.

Thalosporii sunt de mai multe feluri, și anume: *Blastospori* – spori obținuți prin înmugurire; *Artrospori* (sinonim *oidii*) – formați din ruptura unui filament micelian; *Chlamidospori* – rezultați dintr-o celulă a miceliului pe suprafața acestuia și având o formă ovoidală și un perete protector dublu lamelar.

Corpii fructificanți au diferite forme: *sporangiospor*, *conidiofor* (conidie), *balistospor*, *microconidie* (aleurie), și *macroconidie* (megaconidie).

Sporangiosporul se formează dintr-un filament vertical care se ridică din rețeaua filamentoasă a talului. La capătul acestui filament se

separă o celulă terminală care se umple – *columela* – formând o sferă – *sporangiu*, în care se vor diferenția un număr mare de spori – sporangiospori – endogeni, haploizi (un singur set de cromozomi) și monocelulari.

Conidia ia naștere prin condensarea protoplasmei într-un punct oarecare de pe suprafața unui filament micelian unde apare o formațiune sferică, ovoidală sau alungită, izolată sau grupată în grămezi la suprafața miceliului care cuprinde conidiosporii.

Balistosporul are formă rotundă, neregulată, poliformă la capătul unei hife, iar la maturitate este aruncat la distanță.

Microconidiile sunt spori de dimensiuni reduse în raport cu alte tipuri de spori, grupați ca un ciorchine sau spic, fixați bine pe hifa reproducătoare (*sinonim aleurispori*).

Megasporul are dimensiuni mai mari și formă fusiformă, întâlnindu-se îndeosebi la ciupercile dermatofite (parazitează pielea).

Fialosporii sunt spori *liberi, exogeni*, cu forme și dimensiuni foarte diferite în funcție de specie, formați pe hife vegetative (g. *Aspergillus*) sau reproducătoare (g. *Penicillium*). La suprafața acestora se formează un picior având în capăt o *veziculă* pe care se dezvoltă *fialidele* ce generează *fialosporii*.

Diferitele forme de spori se răspândesc în natură, menținându-se în starea aceasta până ajung pe un mediu nutritiv cu suficientă apă care să le permită absorbția substanțelor nutritive.

Transformarea sporilor în forma vegetativă are loc, în general, în următoarele faze:

- într-o primă fază are loc o absorbție a apei și o activitate a sistemelor enzimatică, fază care are o durată medie de 3-4 ore;

- în cea de a doua fază, sporul germinează, crește în dimensiuni și formează tuburi germinative denumite *hife* sau *tal*. Talul se extinde în profunzimea mediului și are rol de absorbant și de susținere, fiind cunoscut sub acest nume: *tal de susținere sau rizoide*. Cu aportul lor, forma vegetativă ce se dezvoltă pe suprafața mediului își asigură stabilitatea și totodată alimentează cu apă, substanțe nutritive și energie întregul fundament micelian.

La suprafața mediului hifele de răspândire se dezvoltă prin extindere care are loc paralel cu mediul prin împingere sau impuls. Mucegaiurile inferioare adoptă și modalitatea de extindere prin stoloni. În stadiul al treilea are loc extinderea colonială, care, la un moment dat la maturitate, în funcție de specie, se oprește, pregătindu-se de reproducere.

În fine, în ultima fază, apar hifele reproducătoare generatoare de spori, alcătuind, împreună cu talul vegetativ, așa-numitul *miceliu*, o pâslă densă cuprinzând ambele forme.

Dezvoltarea mucegaiurilor are loc destul de repede, în 2-4 zile formându-se colonii vizibile.

Atunci când sporul de mucegai se dezvoltă pe un mediu nutritiv solid, de exemplu, pe un produs alimentar, ca rezultat al înmulțirii și extinderii miceliene se formează colonii fenotipice ca rezultat al interacțiunii dintre mediu și caracteristicile genetice specifice ale speciei de mucegai.

În cazul mucegaiurilor inferioare, coloniile au aspect păslos, se extind pe întreaga suprafață, fiind colorate diferențiat în raport cu specia și vârsta, de la alb, cenușiu, brun, până la negru.

Coloniile mucegaiurilor superioare, cu miceliu septat, cresc radial și limitat, ajungând, după câteva zile (2-3) la un diametru de 3-4 cm. Culoarea coloniei variază și, în funcție de vârstă, se închide,

putând fi albă, galbenă, brună, verde-multinuanțat, portocalie, nuanțe de albastru, negru etc. Ele au un aspect păslos, cu tal vegetativ mai slab dezvoltat.

Atunci când sporii se dezvoltă pe un mediu lichid, dezvoltarea poate avea loc, în funcție de specie, la suprafața, în adâncime (submers) în condiții aerobe și/sau anaerobe.

Dacă se dezvoltă la suprafața mediului lichid, sporii formează un voal – derma – cu aspect de piele, la început netedă, care apoi se cutează, în aceste pliuri formându-se sporii.

În condițiile inoculării sporilor în interiorul mediului lichid – așa-numitele culturi agitate sau submerse – aceștia netrăind în contact cu mediul pe întreaga suprafața sporală și în prezența oxigenului obținut prin insuflare cu presiune sau prin agitarea lichidului, se formează numai hife vegetative sub forma de sferule (perle), având culoarea speciei, dar în general albicioasă, deoarece conglomeratele de sferule, destul de numeroase, favorizează difracția luminii, având ca rezultat colorarea albă.

Majoritatea biotehnologiilor care folosesc ca agenți mucegaiurile pentru producerea de antibiotice, enzime, acizi organici, aminoacizi, au adoptat maniera culturilor submerse, a căror dezvoltare și productivitate pot fi controlate mai ușor.

Proprietatile fiziologice generale ale mucegaiurilor

Având un sistem enzimatic divers și adaptabil unor condiții foarte diferite de mediu, mucegaiurile se pot dezvolta pe substraturi de orice natură. Ele pot degrada cu ușurință produse agro-alimentare, vegetale și animale, fibre textile – lână, bumbac, cauciuc, materiale polimerice, beton, lemn, în general necunoscându-se multe produse în natură ce nu pot constitui mediu propice dezvoltării mucegaiurilor,

capabile să producă enzime adaptive oricăror materiale organice sau minerale.

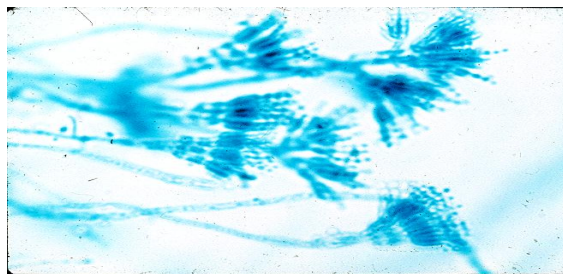


Figura 24- Spori asexuați (conidia) de *Penicillium* sp

În funcție de utilizarea oxigenului, majoritatea mucegaiurilor sunt *aerobe*, oxigenul fiind luat atât din aer, cât și din alte surse, ca oxigenul dizolvat în apă, sau *anaerobe* (de exemplu genul *Mucor* folosește oxigenul din hidrații de carbon din mustul de struguri pe care-l poate fermenta până la concentrații de 1% alcool). Un număr limitat de mucegaiuri sunt *microaerofile* (provoacă, de exemplu, mucegăirea untului sau se dezvoltă în camera de aer a ouălelor).

Față de umiditate, mucegaiurile sunt foarte puțin pretențioase, rezistă la uscăciune chiar și sub formă vegetativă, cu atât mai mult în formă sporulată, ele fiind din acest punct de vedere *xerofile*, datorită membranei celulare mult îngroșată. Ele pot, astfel, produce degradarea pereților în încăperile cu condens, fiind capabile să absoarbă apa din mediul ambiant.

În raport cu reacția mediului, mucegaiurile se pot dezvolta în limite largi de pH de 2 – 10, dar, în general, valoarea optimă a pH-ului este în domeniul slab acid 5,5 – 6,5.

Sub aspectul temperaturii, majoritatea mucegaiurilor sunt *mezofile*, temperatura optimă de dezvoltare fiind apropiată, în

ambele sensuri de 25⁰C. Un număr restrâns, în special cele patogene se dezvoltă bine la temperaturi în jurul valorii de 37⁰C, iar altele, *criofile*, sunt adaptate la temperaturi negative.

Mucegaiurile sunt mai puțin rezistente la temperaturile ridicate (80 - 90⁰C) care le inactivează în timp scurt; astfel, la temperatura de 88⁰C chiar formele sporulate cele mai rezistente sunt distruse în 10 minute.

2.10.2. Drojdii (Levuri)

Descriere generală, importanță, rol, răspândire

Levurile sunt ciuperci microscopice, formând un sistem complex și eterogen de celule eucariote monocelulare, care au drept mod de reproducere general înmugurirea prin mitoză. Unele specii adoptă reproducerea prin sporulare, formând ascospori, rezultați pe cale asexuată sau sexuată.

Fiind organisme heterotrofe cu metabolism mixt, oxidativ și fermentativ, levurile sunt răspândite în diverse habitate naturale ca rezultat al capacității de adaptare în diverse condiții de mediu (sol, apă, aer, produse vegetale și animale).

Importanța și rolul drojdiilor rezidă din utilizările lor pe scară largă, industrială, în alimentație, datorită capacității lor de a-și procura energia necesară vieții prin reacții oxidative anaerobe și aerobe care transformă hidrații de carbon naturali în produse de utilitate pentru om (băuturile alcoolice și nealcoolice fermentate, pâinea dospită, acizii organici alimentari etc.). Unele specii de drojdii sunt cultivate în scopul obținerii de biomasă bogată în proteine sub formă de izolate proteice, autolizate de drojdii bogate în vitamine hidrosolubile (din grupul B), liposolubile (din grupul D) și hormoni, utilizate ca aditivi alimentari, preparate enzimatic (invertaza) sau produse farmaceutice (interferonul cu efect antiviral).

Alte specii de drojdii (*Candida albicans*) prezintă interes datorită caracterului lor patogen, cunoașterea morfologiei, fiziologiei și a metabolismului acestora fiind necesară în combaterea diverselor boli pe care le pot produce.

Morfologia levurilor

Celula de drojdie este de tip eucariot și poate avea, în funcție de specie, dimensiuni și forme diferite.

Formele mai des întâlnite la drojdii sunt cele sferice (genul *Torulopsis*), elipsoidale (genul *Saccharomyces*), cilindrice (genul *Candida*), apiculate (genul *Hanseniospora*), dar caracterul de polimorfism este destul de frecvent întâlnit la levuri.

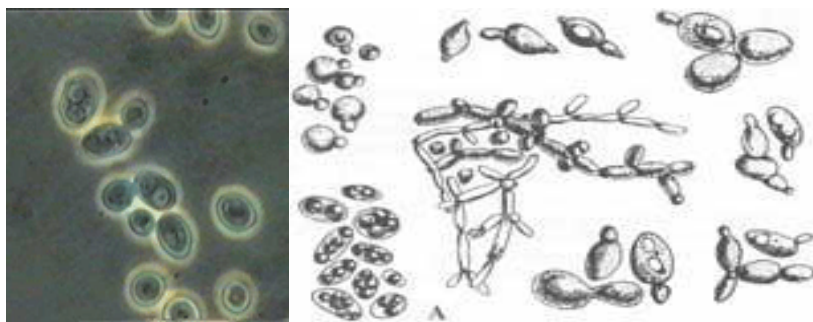


Figura 25 - Aspecte morfologice ale levurilor

Dimensiunile levurilor, de 4 până la 15 micrometri, sunt, de regulă, mai mari ca ale bacteriilor.

Sub aspect morfologic, celula de drojdie se compune din: invelisul celulei, citoplasma și nucleu.

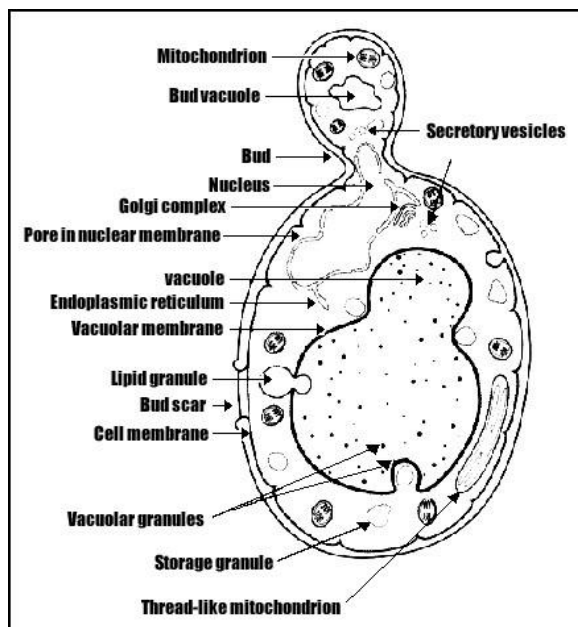


Figura 26 - Structura celulei levuriene

Învelișul celulei se compune din *peretele celular*, gros de aproximativ 10 micrometri, având în compoziție polizaharide omogene și neomogene, inexistente în peretele celulei bacteriene, ca: glucani, manani, chitina și *membrana citoplasmică* cu structură trilamelară similară cu a bacteriilor, compusă din polizaharide, lipoproteine și nucleotide. Învelișul celulei este mai subțire, mai flexibil la celulele tinere de drojdii, mai gros și mai rigid la cele mature, care din acest motiv sunt mai puțin vulnerabile la acțiunea agenților sterilizanți. Unele specii de levuri au celula înconjurată de o *capsulă de polizaharide*.

La nivelul peretelui celular sunt localizate enzime având un important rol în transferul bidirecțional al metaboliților care asigură viața celulei (invertaze, fosfataze). Rolul peretelui celular este de a asigura forma celulei, agregarea acestora și facilitarea depunerii lor în timpul limpezirii vinurilor.

Prin îndepărtarea – enzimatică – a peretelui celular rămâne *protoplastul* – celula de formă sferică – utilizat de ingineria genetică în obținerea artificială a unor hibrizi, având caracteristici productive superioare în prima generație hibridă.

Membrana citoplasmatică (plasmalema) are o grosime redusă (8-9 nm), fiind formată din trei straturi de natură lipoproteică. Frațiunea lipidică este compusă din aproximativ 30% fosfolipide, acizi grași nesaturați și steroli. Plasmalema are un rol dinamic, important în transportul metaboliților, dar importanța ei rezidă și din funcția de regulator a presiunii osmotice celulare prin proprietatea sa de a fi hidrofobă. Ca urmare a acestei proprietăți, unele substanțe foarte necesare celulei, ca de exemplu aminoacizii nepolari, unele vitamine, sterolii hiposolubili, sunt admise și transferate în celulă.

La celulele tinere, plasmalema este omogenă, spre deosebire de cea a celulelor mature care formează pliuri ce măresc suprafața acesteia.

Citoplasma (protoplasma celulei, exclusiv nucleul), situată între membrana celulară și membrana nucleară, este alcătuită dintr-o matrice citoplasmatică, hialoplasma – faza solubilă în care se află *organitele citoplasmatiche comune și specifice*, diverse *incluziuni* și factorii ereditari responsabili pentru ereditatea extranucleară.

În citoplasmă se petrec în fiecare secundă cel puțin 1500 de reacții diferite, cu precizie mult superioară celor mai perfecționate mașini cibernetice, în plus ea având și capacitatea de a se autoreproduce.

Incluziunile de glicogen și trehaloza constituie substanțe de rezervă pe care celula de drojdie le sintetizează și acumulează în scopuri energetice și de creștere ca măsură preventivă la eventuale stări de carență nutritivă.

Oleozomii (sferezomii) sunt incluziuni sferice de lipide având rol de rezervă energetică în primul rând, dar și pentru scopuri structurale ale membranelor și coloizilor citoplasmatici poli-hetero-proteici-moleculari.

Acizii nucleici din citoplasmă sunt de tipul ARN: ribozomal, de transfer, transportor, mesager și determină la nivelul ribozomilor acțiunea genelor, decodificand mesajul genetic prin sinteza proteinelor specifice. Se mai întâlnesc și alte tipuri de acizi nucleici ce au rol în sinteza proteinelor cu funcții specifice de agenți antimicrobieni, ca de exemplu ARN - k (killer). În acest caz, este inhibată sinteza de proteine prin perturbarea legării ARN - t la complexul ARN - m și generează producerea de proteine anormale prin perturbarea tripletei de la nivelul ARN. În mitocondrii și plasmide se găsește și ADN extracromozomial.

Microtubulii și microfilamentele sunt organite cu structură de rețea tridimensională ce menține configurația arhitecturală a organitelor intracelulare.

Sistemul vacuolar cuprinde un vacuom central delimitat de o membrană (tonoplast) cu o structura electrono-microscopică similară plasmalemei și alte câteva vacuole mai mici amplasate în locuri diferite în citoplasmă sau tangente la vacuomul central. În interiorul vacuomului au loc o serie de reacții biochimice prin care se produc substanțe necesare metabolismului și structurii celulare. Asezarea vacuomului central lângă nucleul celulei sugerează posibilitatea ca în interiorul său să aibă loc reacții de transfer energetic și nutritiv, vacuomul având probabil și rolul de interfață între nucleu și citoplasmă. Vacuomul central este vizibil în faza staționară de creștere, iar în faza activă, sistemul cuprinde mai multe vacuole de dimensiuni mai mici, formând o rețea, având funcții de menținere constantă a presiunii osmotice. Specifice celulelor de levuri sunt

unele formațiuni care conțin enzime purtând numele de peroxizomi. Aceste formațiuni includ oxidaze, catalaze și peroxidaze, enzime care au proprietatea de a oxida apa, alcoolii, favorizând astfel, adaptarea celulelor de levuri la condiții aerobe de viață.

Celula de drojdie are un singur nucleu de formă sferică sau elipsoidală, situat excentric. Nucleul este delimitat de o membrană proprie și conține mai mulți cromozomi. La unele specii de levuri celula este înconjurată de o capsulă polizaharidică. Componentele principale ale nucleului sunt cele comune tuturor celulelor și anume: *nucleolul*, *cromonema*, *fusul mitotic* sau *de diviziune* – ansamblu de fibre proteice (peste 90 %) și *ARN* obișnuit, de formă elipsoidală, care apare în profază și metafază, în mitoză și meioză și ia parte la distribuția cromatidelor (în mitoză) și a cromozomilor (în meioză) spre cei doi poli celulari (nuclei fii).

Celulele de levuri au număr diferit de cromozomi (astfel genul *Hansenula* are 4 cromozomi, în timp ce *Saccharomyces cerevisiae* are 17). Unele celule sunt haploide (un singur set de cromozomi), ca exemplu genurile *Candida* și *Rhodotorula*, majoritatea speciilor de drojdii sunt diploide, iar altele, levuri din speciile genului *Saccharomyces* pot avea ambele numere gametice de cromozomi sau prezintă forme de poliploidie.

Fiziologia generală a levurilor

Levurile sunt organisme heterotrofe cu metabolism mixt-oxidativ și fermentativ, sau exclusiv oxidativ. Cele oxidative se dezvoltă bine în prezența oxigenului molecular, folosind ca substanțe nutritive o gamă largă de zaharuri simple pentru procesele respiratorii ce le asigură energia. Marea majoritate a speciilor de drojdie sunt aerobe.

Drojdiiile cu metabolism fermentativ nu se pot dezvolta în anaerobioza strictă decât în prezența acidului oleic sau a ergosterolului. Ele se adaptează la anaerobioză obținând o mică parte din energia necesară prin fermentarea zaharurilor pe care le transformă în alcool și bioxid de carbon, dar înmulțirea lor în acest caz este redusă și lentă. În practica curentă a industriilor fermentative, care utilizează asemenea tipuri de levuri, la începutul fermentațiilor se asigură, din acest motiv, dezvoltarea lor viguroasă prin insuflarea aerului în culturile pure, o perioadă redusă de timp.

Drojdiiile sunt, în general, acidofile, ele înmulțindu-se în medii acide sau neutre (3,5 – 7,5 pH), dar limitele superioare ale pH-ului pot atinge și valori de 8,5 – 8,7.

Temperaturile optime de dezvoltare sunt, în general, cuprinse între 25 și 30°C, drojdiiile fiind microorganisme mezofile. Există specii și tulpini psihrotrofe ce se dezvoltă și se multiplică bine la temperaturi de refrigerare de până la +5 °C și chiar la valori ușor negative, ele având însemnătate mare la conservarea alimentelor cu ajutorul frigului. Alte specii - în special drojdiiile patogene – au temperatura optimă de dezvoltare la 37 °C. Temperaturi de 70-75° C aplicate pe o durată de minimum 30 de secunde au efect inactivant sau sterilizant datorită coagulării proteinelor din citoplasma celulară.

Celulele de drojdie sunt sensibile la modificarea presiunii osmotice, determinată de concentrația substanțelor solubile în mediul intracelular. Comportamentul lor în raport cu această caracteristică este diferențiată, deși, o mare parte dintre speciile de levuri sunt osmofile. Astfel, dacă mediul de dezvoltare al celulelor de levuri este *hipotonic* – concentrația mediului este mai redusă ca cea intracelulară – apa din mediu pătrunde în celulă până la stabilirea izotoniei, aceasta se umflă – devine turgescență.

În mediu hipertronic celula de drojdie își reduce concentrația de apă până la izotonie. O concentrație a mediului în zaharuri mai mare de 65 % are ca urmare detașarea membranei celulare, o stare de plasmoliză și moartea celulei. Acest procedeu de conservare a unor produse alimentare (a sucurilor de fructe) prin creșterea conținutului de zahar în mediile de dezvoltare a drojdiilor se numește zaharoanabioză.

Cu toate acestea se cunosc specii de drojdii adaptate mediilor hipertronice (*genul Zygosaccharomyces*), continand 50-60 % zaharuri (osmotolerante), utilizate în practica vinificației pentru obtinerea unor vinuri speciale cu conținut ridicat de alcool etilic.

Specii de drojdii din genurile *Rhodotomela* și *Sporobolomyces* au culoare galbenă, portocalie, roșie. Cultivarea unor asemenea specii este făcută în scopul obținerii unor vitamine, enzime sau pentru utilizarea lor în scopuri genetice.

Reproducerea levurilor

Înmulțirea levurilor se face pe două căi: asexuată și sexuată.

Înmulțirea asexuată prin înmugurire reprezintă forma generală de reproducere a levurilor și are la bază procesul de mitoză prin care dintr-o celula mamă se formează o celulă fiică identică – în conținut – cu celula mama. Un grup restrans de drojdii – cele sporogene sau oxogene, majoritatea aparținând *Ascomycetelor* – se înmulțesc prin copularea a două celule haploide din care rezultă un zigot. Zigotul sporulează prin meioză formând astfel, o *ască* conținând ascospori.

Reproducerea prin ascosporie este o formă particulară de reproducere la unele levuri din familia *Saccharomyceetaceae* care prin adaptare la unele condiții de viață a dobândit genetic această proprietate. Ele produc 2-12 ascospori funcție de specie, dimensiuni de 2-4 micrometri, de forme diverse. Spre deosebire de celula

vegetativă din care s-au format, aceste forme sporulate sunt mai rezistente față de condițiile improprii de mediu (uscăciune, temperatură, inhibitori etc.). Formarea ascosporilor poate avea loc prin reproducere *asexuata*, dar și pe cale *sexuata*.

Formarea *asexuata a ascosporilor* se face fără fecundare, prin partenogeneză astfel: dintr-o celulă de drojdie diploidă, care conține două seturi de cromozomi rezultă patru celule haploide (cu un singur set de cromozomi) prin meioză, în două etape: mai întâi, se formează două celule haploide cu nuclee distincte prin meioză, iar în a doua etapă, ca rezultat al clivării cromozomilor în două părți se formează din nou două celule, de data aceasta, așadar prin mitoză. Celula vegetativă, ramasă doar cu învelișul celular poartă numele de ască care prin rupere eliberează celulele haploide – ascosporii.

Ascosporii mai pot fi formați pe cale sexuată sau copulare, atunci când există condiții favorabile și are loc între două celule ajunse la maturitate fiziologică. Celulele mature capabile de conjugare numite gameti vin în contact într-o zonă comună, zona în care se formează un canal de copulare; are loc procesul de meioză și apoi mitoză, formându-se, în cele două celule un număr egal de ascospori, de data aceasta diplozi. Conjugarea poate fi izogamă – între celule de același fel – sau heterogamă – între celule din specii diferite, situație în care ascosporii se acumulează în celula cu volumul cel mai mare.

2.11. Relațiile ecologice dintre/între microorganisme

În mediul natural de trai – sol, apă, în organismul omului sau plantelor, microorganismele se dezvoltă în comunități microbiene complicate – microbocenoză, constituite din diferite specii, între care se stabilesc relații determinate.

Caracterul acestor relații depinde de:

- Particularitățile biologice a speciilor ce se dezvoltă,

- Cantitatea și accesibilitatea mediilor nutritive,
- Stării fizice și chimice a mediului nutritiv.

Coezența mai multor specii de organisme, care în rezultatul dezvoltării lor evolutive au creat complexe poartă denumire de simbioză. Relațiile dintre organismele coexistente poartă denumirea de relații simbiotice. Aceste la rândul lor pot fi clasificate în mai multe categorii (relații interspecifice și intraspecifice; relații asociative și relații concurente).

Între populațiile ce coexistă într-o microbocenoză se stabilesc conexiuni (relații interspecifice) ce determină atât structura, cât și funcțiile biocenozelor ca suprasistem integrator. Cu cât conexiunile sunt mai diverse și variate, cu atât va fi și biocenoza mai complexă și mai stabilă.

Relațiile intraspecifice sunt relațiile intrapopulaționale, dintre indivizii aceleiași populații. Aceste relații sunt *contradictorii* și *unitare* în același timp, determinând organizarea și funcționarea populației în ecosistemul dat. Sunt *contradictorii*, pentru că este vorba de competiție, pentru hrană și pentru reproducere, ca și în privința apărării contra atacurilor sau variațiilor condițiilor fizice, adică a supraviețuirii. Tot aici intră și relațiile dintre generații, grija pentru descendenți și canibalismul. În evoluție au câștig de cauză acei indivizi care asigură cel mai bine perpetuarea populației în ecosistemul dat. Sunt *unitare*, deoarece au ca rezultat tocmai cea mai bună adaptare a populației la mediul biotic și abiotic în care există. O populație a aceleiași specii, pusă în condiții diferite poate să-și dezvolte alte caracteristici în același scop al adaptării optime la condițiile date, deosebirea putând evolua în timp până la apariția unor specii noi.

Dar nu numai aceste relații intraspecifice joacă rol în perpetuarea populației, ci mai ales *relațiile interspecifice*, adică între populații diferite, care pot aparține aceluiași nivel trofic sau unor

nivele trofice diferite. Aceasta deoarece o biocenoză sau un biom, mai precis un ecosistem, funcționează ca un tot în continuă evoluție și transformare, interacțiunile dintre populații jucând un rol fundamental.

Cele mai importante relații pe care le întâlnim fie în interiorul aceleiași populații, fie între populații diferite, fie și într-un caz și într-altul, sunt competiția, relația prădător-pradă și simbioza, cu variantele lor. O sistematizare a interacțiunilor interspecifice este redată în tabelul de mai jos. Efectele relațiilor interspecifice pot fi pozitive (+), negative (–) sau neutre (0) asupra *densității populațiilor* implicate.

În afară de tipurile de relații menționate în tabel mai există și relații de neutralism. *Neutralismul* prezintă relații manifestate prin indiferență totală între două sau mai multe specii de microbi. Acest mod de relații este rar întâlnit și se produce doar când specii sunt separate geografic (se află la distanțe mari) sau trofic (nu au aceleași cerințe nutritive).

Relatiile simbiotice asociative

Mutualismul este o relație obligatorie, ambele populații profitând de pe urma conviețuirii. Acest tip de relație este foarte răspândit în natură, majoritatea speciilor conviețuind cu altele. Lichenii sunt un exemplu de mutualism împins la extrem, când asocierea dintre ciuperci, alge și bacterii a dat naștere unor organisme (respectiv specii) noi.

Acest mod de relație poate fi pus în evidență utilizând medii de cultură insuficiente pe care nici una din speciile cercetate nu poate exista independent. Rivers a demonstrat că bacteriile speciei *Haemophilus canis* și *H. parainflunzae* nu cresc atunci când sunt însămânțate în apă peptonată separat, dar în asociație manifestă o creștere abundentă. Studiul activității metabolice a acestor bacterii a

demonstrat că fiecare din ele sintetizează un factor de creștere necesar celeilalte.

Astfel *H. canis* produce factorul V (coenzimele I și II ale dehidrazelor piridinice, respectiv NAD - *nicotin-adenin-dinucleotid* și NADP - *nicotin-adenin-dinucleotid trifosfat*). *H. parainfluenzae* produce factorul de creștere X (*hematina*). Acești factori de creștere sunt produși de fiecare specie pentru necesitățile proprii, dar fiind sintetizați în exces ei sunt eliminați în mediul extern de unde este preluat de specia vecina care nu este capabilă să și-l producă.

Un alt exemplu îl constituie asocierea între microorganismele care nu realizează sinteza fracțiunii pirimidinice din molecula tiaminei (vitamina B₁) și microorganismele care nu sunt capabile să sintetizeze componenta tiazolică din componența aceleiași molecule. Fiind însămânțate separat aceste două specii vor crește doar pe medii care conțin vitamina B₁₂. În asociere ele vor crește perfect pe medii lipsite de B₁₂.

Sinergismul bacterian sau protoocooperarea este o relație mutual benefică pentru cele două populații, fără caracter de obligativitate. Exemplu de protoocooperare sunt asociațiile metanogene, care constau din diferite specii de microorganisme, care pot exista și în afara asociației.

Relații de tip cooperant sinergist sunt acelea în care activitatea vitală în comun a două și mai multe microorganisme are un efect pe care fiecare în parte nu l-ar putea realiza. Efectul acestei asocieri poate fi sinteza unui compus complex, degradarea unor polimeri sau determinarea la om sau animale a unei boli pe care unul din microorganisme izolat nu ar putea-o cauza. Fenomene de sinergism pot fi observate în asociații de microorganisme de tipul lichenilor.

Pseudomonas aureofaciens var. *nonliquefaciens* și *P. fluorescens* nu au activitate lecitinazică. Cultivarea asociată a acestor microorganisme, însă dă o reacție lecitinazică intensă care se produce chiar în condiții când coloniile lor se formează la distanța de câțiva milimetri. Probabil aceste microorganisme produc substanțe difuzabile care sunt capabile să formeze un complex enzimatic.

Haemophilus influenzae - bacterie nepatogenă, care în asociație cu un virus de asemenea nepatogen provoacă la porcine gripă, o boală febrilă care evoluează cu o pneumonie deseori mortală.

Comensalismul bacterian sau metabioza relația dintre două specii de microorganisme în care una din specii creează condiții pentru dezvoltarea celeilalte, care este indiferentă în raport cu prima. Acest tip de relații este unilateral și se realizează prin diferite mecanisme:

- Un microorganism produce un metabolit necesar celuilalt. Acest mecanism este tipic ciclurilor Azotului, Sulfului, Carbonului biologice naturale.

De exemplu:

✓ bacteriile care oxidează nitriții în nitrați (*Nitrobacter*, *Nitrocystis* etc.) necesită pentru creștere și dezvoltare vecinătatea bacteriilor care oxidează amoniacul în nitriți (*Nitrosomonas*, *Nitrosocystis*) care le furnizează nitriții - materia primă pentru producerea nitraților;

✓ *Desulfovibrio* produce pe calea anerobă hidrogen sulfurat care este oxidat de bacteriile sulfuroase lipsite de pigmenți sau este utilizat de bacteriile sulfuroase fotosintetice ca donori de electroni;

✓ numeroase alge secretă polizaharide, acizi organici ce sunt folosiți ca hrană pentru bacterii;

✓ în procesul fermentației sucului de fructe se acumulează alcool etilic care servește ca materie primă pentru *Acetobacter*, care-l convertesc în oțet.

- Un microorganism poate degrada sau neutraliza substanțe nocive pentru microorganismele altor specii. Unele specii de bacterii și fungi pot descompune fenolii și acidul benzoic ceea ce favorizează creșterea și dezvoltarea altor specii de microorganism. De asemenea unele specii de bacterii neutralizează acțiunea antibioticilor fie prin degradarea lor, fie prin utilizarea lor în metabolismul celular.

- Un microorganism alterează mediul din punct de vedere fizic, astfel creează condiții pentru creșterea și dezvoltarea altui microorganism asociat. Levurile zaharofile (osmofile) se dezvoltă în soluții cu concentrații sporite de zahăr, prin fermentații modifică aceste soluții, astfel creînd condiții pentru dezvoltarea organismelor mai puțin osmotolerante. Aceleași levuri se vor dezvolta în pulpa cu structură celulară a fructelor doar după alterarea acestei structuri de către mucegaiuri.

- Unul dintre microorganismele asociate modifică mediul din punct de vedere fiziologic, făcîndu-l potrivit pentru creșterea altora. Microorganismele aerobe utilizează oxigenul molecular din mediu creînd condiții pentru dezvoltarea anaerobilor. Prin acest mecanism se explică posibilitatea dezvoltării microorganismelor anaerobe în sol (mediu aerob). În procesul de panificație bacteriile lactice coboară pH-ul mediului, care devine în felul acesta favorabil pentru creșterea drojdiilor.

Relațiile simbiotice concurente antagoniste

Prădătorismul (rapacitatea) este o relație obligatorie, benefică pentru prădător (+) și dăunătoare pentru pradă (-). Indivizii din populația prădătorului consumă membrii populației pradă ca hrană.

Acest tip de relație se deosebește de parazitism, deoarece parazitul de obicei nu își omoară gazda. Are un rol important în reglarea numărului de indivizi din ambele populații și stă la baza rețelei trofice din cadrul biocenozei.

Unele microorganisme utilizează în nutriție alte microorganisme ingerându-le. În astfel de relații antagoniste rolul de prădător îl au microorganismele mobile, lipsite de perete celular ca de exemplu amebele bacteriofage (bacteriovore) care prin endocitoză captează și ingerează bacterii. Microorganismele cu perete celular rigid nu pot realiza ingestia hranei solide sau a macromoleculilor.

Prădătorismul poate avea consecințe evoluționare și ecologice importante pentru ambele specii (prădător și pradă), având de asemenea efecte asupra structurii și funcțiilor comunităților și ecosistemelor.

În cadrul biocenozelor prădătorii reprezintă factori reglatori ai acestora. Ei sunt numiți și “gunoieri ecologici” deoarece elimină indivizii bolnavi, cu o valoare biologică redusă.

Între populațiile pradă și prădător se stabilește un echilibru numeric, cu valori care oscilează între anumite limite și care se repeta după un interval de timp regulat.

Parazitismul – relații antagoniste extreme între două microorganisme în care agresorul crește și se multiplică utilizând constituenții celulari ai victimei. Acest tip de relație de regulă finalizează cu moartea victimei. În corespundere cu modul de interacțiune între agresor și victimă în lumea microorganismelor parazitismul poate fi de tip:

- ✓ direct: agresorul se dezvoltă intracelular sau pe suprafața celulei victimei;

✓ indirect – agresorul distruge celulele victimei la distanță apoi utilizează constituenții ei celulari pentru prosperarea sa.

Parazitismul cu efect litic:

✓ direct – liza unei celule microbiene (bacterioliza) prin acțiunea unui microorganism asociat sau a unei entități infecțioase virale – bacteriofag. Acest tip al parazitismului poate fi identificat în momentul când doi parteneri ai relației sunt cultivați asociat sau când victima este cultivată pe medii care conțin produșii metabolismului victimei. Bacterioliza este un efect specific de parazitism, fără echivalent la plante și animale caracterizat prin abolirea funcțiilor vitale (metabolism, creștere, reproducere) este însoțită de degradarea concomitentă, bruscă a celulei. Bacterioliza este fenomen tipic pentru:

- relația bacteriofag – bacterie sensibilă. Celula bacteriană infectată sintetizează sub controlul genomului fagic o enzimă litică de tipul lizozimului, care distruge peptidoglicanul peretelui celular propriu.
- relația între bacteriile micolitice și mucegaiuri: bacteriile micolitice pătrund în interiorul celulelor mucegaiului, se multiplică și produc chitinaza – enzima care degradează peretele celular și moartea ciupercii.
- relația unică între *Bdellovibrio bacteriovorus* și bacteriile Gram-. *B. bacteriovorus* - bacterie prezentă în sol și în apele de canal este un endoparazit bacteriolitic. Datele de microscopie electronică demonstrează că *B. bacteriovorus* atacă mecanic bacteriile Gram-, apoi sfredelind învelișurile celulare cu ajutorul unor metaboliți pătrunde în interiorul celulei-gazdă, unde dezorganizează structurile celulare, digerează conținutul ei intern pe care-l utilizează ca substrat nutritiv, crește și se multiplică.

Parazitismul cu efect litic:

✓ indirect

Bacterioliza fără contact celular a fost menționată la mixobacterii. Aceste bacterii elimină în mediul extern enzime difuzabile de tip proteolitic și mureolitic care degradează peretele celular în special al bacteriilor Gram-. Resturile celulelor sunt utilizate de mixobacterii în calitate de substrat nutritiv.

Antagonismul (amensalismul) bacterian – relația între două sau mai multe specii de microorganisme aflate într-o asociație în care o specie exercită o acțiune defavorabilă asupra celorlalte. Antagonismul poate fi specific și nespecific.

✓ antagonismul nespecific se manifestă în cazurile când efectul dăunător se răsfîrînge asupra oricărei specii de microorganisme care vine în contact direct cu specia agresor sau cu metaboliții ei. Acest tip al antagonismului bacterian se poate realiza prin două mecanisme:

a) modificarea biochimică a mediului în urma acumulării produselor metabolice nocive pentru speciile asociate ca de exemplu: alcoolii, acizii lactic, butiric, acetic etc.

b) competiția pentru o anumită substanță nutritivă prezentă în mediu în cantități limitate. Această relație apare între două specii care au aceleași necesități dar un ritm diferit de reproducere. Specia cu o viteză mai mare de creștere epuizează substanțele nutritive disponibile astfel împiedicînd dezvoltarea speciei cu o viteză mai mică de creștere. În consecință specia agresor domină numeric sau elimină totalmente specia victimă.

✓ antagonismul specific se manifestă în cazurile când acțiunea negativă a metaboliților agresorilor este selectivă. Metaboliții cu acțiune defavorabilă selectivă sunt numiți *antibiotice*.

Antagonismul prin bacteriocine. În 1925 Gratia a descris un tip particular de antagonism absolut specific între două tulpini diferite de *E.coli*. Acest antagonism era exercitat prin intermediul a una sau mai multe substanțe antibiotice, termostabile, numite în 1964 *colicine*. Substanțe cu proprietăți similare au fost găsite și la alte specii și tulpini de bacterii, ele au fost numite *bacteriocine* (Jacob, Lwoff, Siminovitch, Wolman). Bacteriocinele unei specii sunt denumite în raport cu specia care le produce: *piocine* (*Pseudomonas aeruginosa*), *megacine* (*B.megaterium*) *pesticine* (*Pasteurella pestis*), *subtilicine* (*B.subtilis*).

Mecanismul acțiunii bacteriocinelor este următorul: inițial ele se fixează pe suprafața bacteriilor sensibile, la nivelul unor receptori specifici, după care, printr-un proces pînă la momentul de față necunoscut (probabil enzimatic) cauzează moartea celulelor. Fixarea "particulelor" bacteriocine pe bacterii are ca urmare apariția unor modificări metabolice esențiale ca: diminuarea biosintezei AND și ARN, unui număr mare de bacteriocine

Nișa ecologică reprezintă *condițiile de existență ale unei specii într-un ecosistem, fără a fi perturbată, concursată, de alte specii.* Acest lucru se poate datora faptului că celelalte specii nu consumă aceeași hrană cu specia în cauză sau că nu interferează în privința teritoriului, având alte obiceiuri. Dacă într-un ecosistem există o nișă liberă, neocupată de vre-o populație, aceasta se va ocupa mai devreme sau mai târziu, fie prin evoluția populațiilor existente, fie prin imigrare din alte ecosisteme.

Microorganismele pot prezenta poate cele trei niveluri trofice posibile, fiind producători (sinteza de novo a substanțelor organice), consumatori și reducători (descompun substanța organică în substanțe minerale).

2.12. Rolul microorganismelor în circuitul bioelementelor

Viața pe Terra se caracterizează prin interrelații permanente între producerea și consumul materiei organice. Elementele chimice biogene (carbonul, oxigenul, azotul, fosforul, sulful, fierul etc) sunt supuse unui lanț de transformări prin care sunt încorporate în materia vie și apoi prin alte transformări chimice și biochimice returnate mediului ambiant sub formă minerală. Aceste transformări în care elementele minerale trec din stare oxidată în stare redusă și invers, realizate în sol și bazinele acvatice, constituie circuitele biochimice, circuite care nu s-ar putea desfășura, sau nu ar fi complete, fără participarea microorganismelor.

Plantele verzi sunt principalii producători de compuși organici, utilizând energia solară și reducând dioxidul de carbon prin procesul de fotosinteză. O mică parte a producției primare rezultă din fixarea CO₂ de către bacteriile fototrofe și chimiolitotrofe. Toată materia organică este, în cele din urmă, descompusă de către microorganisme chimioorganotrofe. Acest proces, cunoscut sub denumirea de mineralizare, conduce la conversia substanțelor organice în compuși anorganici. Fixarea bioelementelor este contracarată prin descompunerea biomasei organice, menținându-se astfel un ciclu continuu al bioelementelor în cadrul biosferei. Energia conservată în materia organică circulă în cadrul ecosistemului, pierzându-se în final sub formă de căldură.

Rolul microorganismelor în circuitele biogeochimice nu este ușor de definit din cauza interferenței cu unele procese nebiologice cum sunt reacțiile fotochimice sau oxidările spontane. Totuși omniprezența microorganismelor, enorma capacitate catabolică determinată de un echipament enzimatic complex și activ, înalta rată de multiplicare în condiții favorabile de mediu și metabolismul lor deosebit de versatil, fac ca ele să reprezinte principalii agenți biogeochimici implicați în transformarea substanțelor organice și minerale.

Circuitul carbonului

Carbonul ca principal element chimic intră în componența tuturor substanțelor organice.

Circuitul carbonului în natură prezintă o importanță primordială și se realizează printr-o diversitate de mecanisme și în mai multe etape.

Una dintre aceste etape o reprezintă mineralizarea substanțelor organice și degajarea dioxidului de carbon.

Materia organică prezentă în sol sau bazinele acvatice este deosebit de variată, sursa sa principală fiind reprezentată de resturile vegetale, cadavre animale, dejecții animale, microorganisme moarte, substanțe organice sintetice etc. Toate aceste substanțe sunt supuse unor procese de biodegradare prin variate mecanisme biochimice. Indiferent de natura acestor procese și de produșii intermediari formați, biodegradarea are ca ultim scop mineralizarea totală a substanțelor organice și eliminarea dioxidului de carbon.

Din marea varietate a substanțelor organice acumulate în sol și ape, sursa principală a acestora o reprezintă resturile vegetale bogate în hidrați de carbon și substanțe aromatice. Biodegradarea acestor substanțe prezintă o importanță deosebită

Procesele care se desfășoară în cadrul circuitului carbonului sunt: celulozoliza, amiloliza, pectinoliza

Celulozoliza

Celuloza este componenta principală a țesuturilor vegetale și cel mai important compus cu carbon din sol și ape.

Biodegradarea celulozei până la CO₂ și H₂O poartă numele de celulozoliză și este realizat de o mare varietate de

microorganismele aerobe și anaerobe, aparținând bacteriilor și ciupercilor. Toate aceste microorganismele sintetizează și elimină extracelular celuloza, un complex enzimatic constituit din mai multe componente.

Pentru evidențierea celulozolitice se utilizează un mediu special, care se repartizează în eprubete, câte 10 ml în care apoi se introduc fâșii de hârtie de filtru cu lățimea de 1 cm și lungimea de 8 cm. Mediile se însămânțează cu suspensii diluții de microorganismele din probele de cercetat, se incubează la temperatura optimă, iar după un interval de 15 zile se citesc rezultatele obținute. Apariția de pete pigmentate pe hârtia de filtru sau hârtia se rupe la nivelul suprafeței lichidului din eprubetă denotă existența microorganismelor celulozolitice care au degradat celuloza.

Amiloliza

Amidonul se acumulează în sol, în cantități mari, ca substanță de rezervă în diferite organe ale plantelor: rădăcini, tuberculi, rizomi, semințe.

Degradarea amidonului se realizează rapid de către microorganismele (bacterii și ciuperci). Acestea produc exoenzime (amilaze) care hidrolizează amidonul până la dextrine și glucoză.

Pentru evidențierea procesului de amiloliză se utilizează un mediu ce conține în compoziție amidon. Ca unică sursă de carbon. Mediul se repartizează în eprubete, câte 10 ml, se sterilizează și se însămânțează cu câte 1 ml suspensie de microorganismele din probele de cercetat. După o incubare de 3 –5 zile se prelevează 1 ml din fiecare tub însămânțat peste care se adaugă o picătură de soluție iodo-iodurată și 2-3 ml apă. Dacă hidroliza amidonului este completă, mediul nu va avea decât o tentă galbenă. Dacă hidroliza este parțială sau nulă, se va obține o culoare albastră (reacție negativă).

Circuitul azotului

Prin termenul „circuitul azotului” este desemnat ansamblul transformărilor pe care le suferă azotul în natură. Aceste transformări, dintre care cele mai importante sunt de natură microbiană, joacă un rol de prim ordin, conducând pe de o parte la câștiguri sau la pierderi de azot în sol, iar pe de altă parte la reținerea lui în sol sub forme asimilabile pentru plante.

Procesele care conduc la îmbogățirea solului în azot sunt, după natura lor de două tipuri :

a) procese de natură microbiană :

fixarea azotului atmosferic de către microorganismele libere fixatoare de azot ;

fixarea azotului atmosferic de către microorganismele simbiotice fixatoare de azot

b) procese de natură nemicrobiană :

– aport de azot prin apele meteorice și apele de irigare ;

– adsorbția amoniacului atmosferic.

Fixarea azotului atmosferic de către microorganisme reprezintă o etapă importantă din circuitul azotului. Făcând abstracție de cantitățile mici de azot molecular care devin accesibile plantelor pe cale fizico-chimică prin fixarea lui în sol în cursul descărcărilor electrice și cu apele de precipitații, cea mai mare parte a azotului atmosferic ar rămâne nefolosită de viețuitoarele de pe pământ dacă nu ar exista microorganismele fixatoare de azot.

După modul lor de viață, microorganismele fixatoare de azot se împart în două mari grupe :

a) microorganisme libere fixatoare de azot care pot fi aerobe și anaerobe ;

b) microorganisme simbiotice fixatoare de azot care fixează azotul molecular în nodozitățile plantelor leguminoase (*Rhizobium*) sau neleguminoase (*Frankia*).

Microorganismele libere fixatoare de azot

Dintre microorganismele libere fixatoare de azot aerobe, cele mai importante aparțin familiei *Azotobacteraceae*.

O altă grupă de bacterii libere fixatoare de azot molecular o formează cele anaerobe care aparțin mai multor genuri. Dintre acestea o importanță deosebită o prezintă genul *Clostridium* din familia *Bacillaceae*.

Proteoliza

Substanțele proteice de origine vegetală și animală sunt supuse unui proces de mineralizare sub acțiunea microorganismelor proteolitice. La degradarea proteinelor participă o microfloră foarte bogată și puțin specializată.

Proteoliza este o etapă nespecifică realizată de o microfloră nespecifică.

Etapă specifică este legată de activitatea biologică a unor microorganisme din microflora constantă a solului care utilizează produșii amintiți rezultați din etapa precedentă.

Amonificarea

Este o altă etapă importantă din circuitul biologic al azotului ce constă în descompunerea substanțelor proteice vegetale și animale, precum și a altor substanțe cu azot, până la NH_3 , CO_2 și H_2O .

Nitrificarea

În urma procesului de amonificare, în sol se acumulează NH_3 . Când condițiile ecologice sunt favorabile, NH_3 este oxidat pe cale biologică până la azotați, proces care poartă numele de

nitrificare. Acest proces este realizat de microorganisme numite nitrificatoare, care pot fi autotrofe și heterotrofe.

Nitrificarea autotrofă este realizată de două grupe de bacterii înalt specializate, care își procură întreaga energie de care au nevoie din oxidarea azotului amoniacal sau nitros. Procesul se petrece în două etape succesive (nitritarea și nitratarea), fiecare etapă constând dintr-o serie de reacții specifice care implică anumite grupe de bacterii.

Nitritarea este procesul oxidării amoniacului până la nitriți care se realizează cu participarea unor specii ce aparțin genurilor *Nitrosomonas*, *Nitrosecoccus*, *Nitrospira*, *Nitrosegleea*, *Nitrocystis*.

Nitratarea sau oxidarea nitriților în nitrați ce pot fi utilizați de plante, este realizată de următoarele bacterii nitrice mai importante: *Nitrobacter winegradskyi*, *nitrobacter agilis* și unele specii de *Nitrocystis*.

Denitrificarea

Este procesul de reducere a nitraților în urma căruia pot rezulta compuși chimici foarte variați : nitriți, amoniac, azot molecular. Denitrificarea constituie în general, un proces dăunător deoarece diminuează cantitatea de azot asimilabil din sol.

Speciile de microorganisme capabile să producă denitrificarea completă până la N_2O sau N_2 , respectiv microorganismele denitrificatoare specifice sunt puține. Ele aparțin genurilor *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Micrococcus*, *Spirillum*. Marea majoritate a microorganismelor denitrificatoare sunt heterotrofe, deși se cunosc și câteva specii autotrofe (*Thiobacillus denitrificans*).

Circuitul sulfului

Compușii sulfului sunt foarte răspândiți în natură. Mai mult de 40 de elemente formează cu sulful compuși în care el prezintă starea

de oxidare -2, +1, +2, +4, +6. Sulfurul în stare liberă se întâlnește în straturile superioare ale scoarței terestre și la suprafața ei și are o mare importanță industrială. În afară de aceasta sulfurul se mai întâlnește și sub formă de zăcăminte minerale de sulfați și sulfizi sau sub formă de impurități în cărbune și petrol. Se cunosc peste de 200 minerale ce conțin sulfur. Sulfurul în stare liberă se întâlnește sub formă de zăcăminte care servesc drept sursă de obținere a acestui element. O mare parte din sulfurul obținut (circa 107 t/an) este folosit la prepararea acidului sulfuric. De asemenea sulfurul este folosit la vulcanizarea cauciucului.

Circuitul sulfurului în natură este complicat și nu este cunoscut în întregime. Sulfurul este răspândit în sistemele biologice, el intrând în componența a doi aminoacizi: metionina și cisteina. Rolul biologic al sulfurului este legat de facilitarea transformărilor oxidoreducătoare: Aceste transformări joacă rolul principal în formarea structurilor cuaternare ale proteinelor și în restructurarea lor conformațională. Compușii sulfurului sunt sintetizați de unele bacterii anaerobe care folosesc sulfurul anorganic drept sursă de echivalenți oxidanți pentru oxidarea compușilor organici ce participă ca donori de hidrogen. În aerul atmosferic sulfurul se găsește mai ales sub forma a trei compuși: oxid de sulfur și sulfură de hidrogen (produși gazoși) și aerosoli sub formă de sulfați. Sursa naturală principală de sulfur din atmosferă este hidrogenul sulfurat. Ajungând în atmosferă, H_2S se oxidează repede până la SO_2 . Viața medie a H_2S în atmosferă este de 48 ore.

Sursa antropogenă de sulfur atmosferic - SO_2 rezultat în urma arderii combustibilului -

este răspunzător pentru 12,5% din conținutul total de sulfur. În atmosferă, reacțiile SO_2 duc la formarea aerosolilor și a ploilor "acide". Durata vieții SO_2 în atmosferă este de circa 4 zile.

Sulfur, ca și celelalte elemente biogene suferă în natură o serie de transformări ciclice.

Totalitatea transformărilor pe care le suferă în biosferă compușii organici și minerali ai sulfurului constituie circuitul sulfurului.

Principalele etape ale circuitului sulfurului sunt:

Încorporarea sulfurului mineral în substanțe organice;

Mineralizarea sulfurului organic;

Oxidarea compușilor minerali ai sulfurului;

Reducerea compușilor minerali ai sulfurului.

Circuitul fosforului

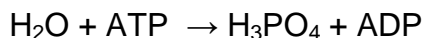
Suprafața terestră conține aproximativ 0,1% fosfor. Fosforul nu se întâlnește în natură în stare liberă ci doar sub formă de compuși chimici și minerale, îndeosebi minerale fosfatice. Sursa principală de fosfor este apatita care conține fosfat sub formă de $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. În compușii săi fosforul poate avea starea de oxidare -3 , $+1$, $+3$, $+4$ sau $+5$. Mai mult sunt răspândite stările de oxidare $+3$ și $+5$. Compușii în care fosforul are starea de oxidare $+5$ nu sunt oxidanți puternici așa cum sunt compușii corespunzători ai azotului. Dimpotrivă, compușii în care fosforul are starea de oxidare -3 sunt reducători mai puternici decât compușii corespunzători ai azotului.

Circuitul fosforului este mai simplu decât circuitul azotului și cuprinde doar litosfera și hidrosfera. Are loc în special trecerea unilaterală a fosforului de pe uscat în apă iar apoi în depunerile de la baza ecosistemelor acvatice. Ca urmare, circulația fosforului depinde de rezervele de fosfor din roci și din precipitații.

Caracteristic pentru acidul fosforic (H_3PO_4) este posibilitatea de a se condensa cu el însuși prin eliminare de molecule de apă.

Compușii fosforului joacă un rol deosebit în sistemele biologice. Acest element intră în componența grupelor fosfat din moleculele de

ARN și AND care sunt răspunzătoare pentru biosinteza proteinelor și transmiterea informației ereditare. El mai este conținut și în moleculele de adenzinotrifosfat (ATP) cu ajutorul cărora energia chimică se acumulează în celulele biologice. Legătura P - O - P din grupa fosfat terminală a ATP se rupe în timpul hidrolizei cu eliberare de energie:



Datorită acestei reacții ATP și ADP (adenozindifosfat) servesc ca transportori de grupe fosfatice. În plus, ionul fosfat reglează direcția proceselor de oxidare internă prin blocarea atomilor de hidrogen capabili să reacționeze și a căror oxidare ar duce la formarea unor produși intermediari nedorțiți.

Luând în considerație aceste particularități, se ajunge la concluzia că limitarea fosforului în mediul ambiant poate contribui la limitarea proceselor vitale.

Din mediul acvatic fosforul se separă îndeosebi ca urmare a sedimentării sub formă de

fosfați de fier insolubili.

2.13. Metabolism microbial

Denumirea de metabolism vine din limba greacă, însemnând schimbare, modificare. Așadar se poate defini metabolismul microbial ca reprezentând totalitatea schimbărilor chimice, fizice și morfologice care au loc în celula microorganismului. Prin metabolism substanțele din mediu sunt transformate (metabolizate) în constituienți celulari, energie și produși de metabolism.

Microorganismele autotrofe metabolizează substanțe anorganice cum ar fi: dioxidul de carbon, apa, nitrații, elemente

metaloide, compuși radioactivi. Cele heterotrofe folosesc în metabolism atât compuși anorganici cât și substanțe organice. Unii produși, rezultați în urma activităților metabolice, prezintă o importanță deosebită în multe domenii precum agricultura, alimentația, producția de medicamente, medicina umană și veterinară, etc.

Caracteristicile principale ale metabolismului pot fi considerate următoarele:

- ❖ prin reacțiile metabolice se produce energie care se folosește imediat în procese de biosinteză, creștere, transport sau se stochează sub forma esterilor fosforici ai unor acizi nucleici cum ar fi ADP-ul și ATP-ul).

- ❖ reacțiile metabolice dau naștere constituenților celulari și enzimelor implicate în metabolism;

- ❖ metabolismul este un proces ciclic cu autoreglare ce menține stabilitatea celulei, specificitatea și intensitatea reacțiilor intracelulare, randamentul optim al activității celulare;

- ❖ reacțiile metabolice evoluează după principiul eficienței maxime, adică productivitate maximă în reproducere, cu consum minim de energie;

- ❖ toate reacțiile biochimice metabolice sunt produse și catalizate de enzimele celulei, ce pot acționa fie în interiorul fie în exteriorul microorganismului (funcție de specie);

- ❖ în procesele metabolice sunt implicați toți componenții celulei, cu excepția acizilor nucleici, care având rol ereditar, rămân neschimbați.

Necesitatea înțelegerii modului de desfășurare a metabolismului microorganismelor rezultă din consecințele practice ale acestuia, printre care amintim:

➤ dezvoltarea unor procedee și practici adecvate împiedicării proliferării unor microorganisme dăunătoare sau nedorite de om, în profilaxia și combaterea unor boli;

➤ stabilirea unor biotehnologii și logistici necesare obținerii unor produse de utilitate societății umane, cum ar fi: alimente, medicamente, vitamine, etc.;

➤ aplicarea în practică a unor procedee de ecologizare și refacere a mediului ambiental cum ar fi degradarea și utilizarea deșeurilor, refacerea terenurilor degradate de scurgerile petroliere prin utilizarea microorganismelor, etc.;

➤ bioingineriile genetice, etc.

Căile metabolice prin care se desfășoară reacțiile biochimice au loc în secvențe enzimaticе ce pot produce un metabolit intermediar sau unul final. Numim metaboliți, produsele care participă la metabolism, atât cele ce sunt metabolizate, cât și cele rezultate în urma metabolizării.

Căile metabolice sunt dinamice, interdependente, se pot desfășura secvențial și/sau simultan, desfășurarea lor fiind funcție de mai multe variabile, printre care:

- ✓ caracteristicile și specificitatea microorganismului;
- ✓ specificul, compoziția și concentrația substratului metabolizat;
- ✓ caracteristicile mediului (temperatura, umiditatea, etc.) în care își desfășoară activitatea microorganismul;
- ✓ concentrația metaboliților rezultați sau folosiți în reacții;
- ✓ prezența sau absența unor substanțe specifice activatoare, inhibitoare, inductoare ale microorganismului sau a unor secvențe metabolice.

Desfășurarea secvențelor poate fi liniară, atunci când metabolitul rezultat din reacția enzimatică este folosit ca substrat în următoarea treaptă, constituind astfel, un lanț liniar. Alte căi metabolice au o desfășurare ciclică, în care metabolitul utilizat la început poate fi

regenerat pentru a fi folosit în inițierea unui alt tur al ciclului. În anumite stadii secvențiale, căile metabolice pot avea o desfășurare ramificată, una sau mai multe secvențe producând metaboliți intermediari folosiți ca substrat pentru următoarea secvență. Alteori, dacă metabolitul intermediar este folosit ca substrat în două sau mai multe secvențe cu desfășurare simultană, atunci se poate spune că avem de a face cu o cale metabolică *divergenta*.

În metabolismul microbial sunt implicate două tipuri de reacții biochimice, și anume:

1. Reacții care au loc cu eliberare de energie (exergonice) cunoscute sub numele de reacții de degradare sau de catabolism. Acest tip de metabolism poartă numele de *metabolism energetic* ;
2. Reacții de biosinteză, de anabolism sau de conversie, consumatoare de energie (endergonice) prin care sunt sintetizate substanțele compușilor nucleari, citoplasmatici, enzimele și alți compuși specifici celulelor microorganismelor. Acest tip de metabolism este cunoscut sub numele de *metabolism de biosinteză*, sinonimele sale fiind *anabolismul și metabolismul convertiv*.

Cele două aspecte ale metabolismului reprezintă de fapt două laturi contrarii ale unui fenomen unitar, procesele de catabolism și anabolism se presupun reciproc, se condiționează unul pe altul și se desfășoară simultan în celula microorganismului. Interconținutarea celor două tipuri de reacții este determinată de faptul că energia rezultată din reacțiile catabolice exergonice este folosită sub forma compușilor macroergici, în reacțiile anabolice consumatoare de energie. De asemenea, o parte din metaboliții rezultați din reacțiile catabolice pot constitui, parțial sau total, reactanți de inițiere a unor căi anabolice ce conduc la sinteza de compuși celulari necesari dezvoltării și existenței microorganismului. Prin urmare, căile metabolice centrale, care îndeplinesc atât funcția energetică cât și

cea de furnizare a precursorilor pentru biosinteză, sunt cunoscute sub denumirea de *căi amfibiolice*.

Atunci când o cale metabolică centrală este blocată în funcționarea ei, datorită folosirii intermediarilor rezultați în procesele de biosinteză, apar noi căi colaterale, auxiliare, cunoscute sub denumirea de *căi metabolice anaplerotice*. Prin folosirea acestor căi, celula microbiană se adaptează rapid la condiții foarte diverse de mediu. Funcționarea și interacțiunea celor patru tipuri de căi metabolice sunt reglate de reacții de tip special (pace-maker), ce intersectează punctele esențiale.

2.13.1. Metabolismul energetic

Metabolismul energetic (catabolic) se desfășoară în două faze:

1. *faza descompunerii enzimatică* a macromoleculilor în părțile lor constitutive: aminoacizi, monoglucide, acizi grași, etc., fără generarea de energie utilizabilă;
2. *faza degradării exergonice* a constituenților formați în prima fază, cu producerea unor cantități importante de energie, utilizabilă în alte reacții biochimice. Energia este înmagazinată în compuși macroergici de tipul nucleotid fosfaților.

Degradarea are loc prin reacții de oxido-reducere în care o substanță donor cedează un electron sau un ion de hidrogen unui acceptor, care astfel suferă o reducere. Reacțiile redox sunt reversibile și catalizate enzimatic.

Metabolismul energetic este cunoscut și sub denumirea de respirație celulară și are următoarele caracteristici:

- se desfășoară etapizat (în trepte);
- energia se eliberează în fracțiuni, prin reacții de tip redox;

- energia eliberată este înmagazinată în compuși chimici macroergici de tipul nucleotid fosfaților și utilizată în reacții de biosinteză, energie echivalentă cu 7,3 kcal/mol;
- reacțiile din metabolismul catabolic sunt juxtapuse celor anabolice;
- celula microorganismului se "încarcă" cu o cantitate de energie specifică, cunoscută ca *încărcare energetică sau energie potențială*, ce este dată de suma concentrațiilor compușilor chimici macroergici înmagazinați

Se întâlnesc trei tipuri de respirație celulară și anume:

1. Fermentația - reprezintă procesul biologic de oxidoreducere producător de energie, în care substanțele organice sunt și donori și acceptori de electroni, ca de exemplu zaharurile care prin degradare produc energie înmagazinată în formă de ATP (cca 30%) format prin *reacții de fosforilare*.

Fermentația constituie modalitatea principală de procurare a energiei la drojdii și bacterii anaerobe, glucidele fiind cel mai des folosite în metabolism. Există mai multe tipuri de fermentație, în funcție de microorganismele implicate și funcție de producții metabolici rezultați. Principalele tipuri de fermentație sunt următoarele:

➤ Fermentația alcoolică constă în transformarea zaharurilor în alcool etilic și acid carbonic sub influența unor microorganisme, dintre care pe primul loc se află drojdiile care pot fi considerate ca adevați agenți ai fermentației alcoolice. Există însă un mare număr de ciuperci care produc descompunerea zahărului cu formare de alcool etilic, atunci când sunt obligate să trăiască în condiții anaerobe, așa cum există și drojdii (*Pichia hialospora*) incapabile să producă fermentația alcoolică. La fabricarea alcoolului etilic se folosesc drojdiile care aparțin genului *Saccharomyces Rees* (*Endomytaceae*), din care amintim speciile: *S. cerevisiae*,

S.elegans, *S. ellipsoideus*, *S. fructuosus*, *S. chevalieri*, *S. acidifaciens*, *S. ludwigii*, etc.

➤ **Fermentația lactică.** Prin fermentație lactică se înțelege procesul biologic din care rezultă ca produs principal acidul lactic. Fermentația lactică este foarte frecvent întâlnită în numeroase produse și domenii agro-alimentare cu destinație umană și zootehnică, fiind produsă în cele mai multe cazuri de bacterii, dar și de drojdii și mucegaiuri. Bacteriile care produc acid lactic fac parte din categoria cocilor sau a bacililor și ca majoritatea bacteriilor se dezvoltă la temperaturi de 28 - 35°C. Există însă și specii termofile sau psihrofile care sunt implicate în procesul de formare a acidului lactic. Procesul de fermentare poate produce în final doar acid lactic, situație în care bacteriile lactice se numesc homofermentative, sau pe lângă acid lactic, ca produs principal, și alți produși secundari cum ar fi: alcool etilic, dioxid de carbon, acid propionic, caz în care agenții de fermentație se numesc heterofermentativi.

➤ Fermentația propionică este un proces biochimic anaerob, prin care substratul glucidic este transformat, prin reacții enzimatic datorate enzimelor specifice din componența bacteriilor propionice, în acid propionic. Fermentația propionică are importanță specială în producerea brânzeturilor maturate cu pastă tare și goluri interioare (tip Schweitzer), cărora le imprimă, în afara incluziunilor alveolare, caracteristici organoleptice specifice și o valoare nutritivă ridicată. Totodată, bacteriile propionice produc, la maturarea pâinii, o fermentație suplimentară, transformând acidul lactic în acid propionic și dioxid de carbon, îmbunătățind gustul și creșterea în volum a pâinii. Bacteriile propionice sunt incluse în familia *Lactobacteriaceae*, genul *Propionibacterium*. Fiziologic, bacteriile propionice pot folosi ca substrat de fermentație diverse hexoze (glucoza, lactoza, maltoza), acizi organici (lactic, malic), glicerina, acționând în medii neutre, slab acide (pH optim 6,9) și domenii de temperatură mezofile (35-37°C).

Valori de temperatură de peste 60°C le inactivează, ca de altfel și concentrații de clorură de sodiu mai mari de 4%.

➤ Fermentația malo-lactică este un proces biochimic datorat microorganismelor, sub acțiunea cărora acidul malic, aflat în fructele necoapte, este transformat în acid lactic și dioxid de carbon. Prin acest proces, aciditatea crescută a fructelor se reduce cu peste 30%, datorită faptului că o parte din acidul malic se transformă în dioxid de carbon. Având o deosebită importanță în vinificarea strugurilor necopti sau cu aciditate ridicată, această fermentație este determinată de unele bacterii lactice din genurile: *Lactobacillus Beijerinck*, *Leuconostoc* și *Pedicoccus*.

➤ *Fermentația metanică anaerobă*. Prin acest tip de fermentație are loc degradarea anaeroba a unor reziduuri rezultate din activitățile gospodărești și transformarea lor în metan, hidrogen și alte produse combustibile, sub acțiunea mai multor grupe de microorganisme. Deșeurile animaliere, gospodărești, orășenești, biomasa vegetală autumnală, etc., sunt degradate de trei grupe de microorganisme, și anume:

- în prima grupă sunt incluse bacterii anaerobe din genurile *Clostridium*, *Bacteroides*, *Ruminococcus* și *Butyrivibrio* și bacterii facultativ anaerobe ca *Escherichia coli* și *Bacillus* ce degradează celuloza, proteinele, etc., formând H₂, CO₂, etanol, acizi (formic, butiric și propionic), alcooli (etilic și metilic);
- grupa a doua cuprinde microorganisme ce transformă acești produși în aldehydă acetică activată și anume genurile: *Syntrophobacter*, *Syntrophomonas* și *Desulfovibrio*;
- a treia grupă este compusă din bacterii metanogene ce transformă produșii rezultați din prima și a doua etapă, în metan.

În urma fermentației metanice, biomasa degradată constituie un îngrășământ natural, ecologic, cu conținut foarte ridicat de humus, compuși azotați și carbon.

➤ Fermentația butirică reprezintă un proces biologic anaerob prin care bacteriile butirice metabolizează diverse surse, în special hidrocarbați, transformându-le în acid butiric. Acest tip de fermentare asigură energia necesară desfășurării funcțiilor vitale și multiplicării agenților de fermentație. Bacteriile butirice aparțin, în marea lor majoritate, genului *Clostridium* din familia *Bacillaceae*, fiind caracterizate prin capacitatea de formare a endosporilor în formă de suveică sau de măciucă, având dimensiuni mai mari ca celula vegetativă formatoare. Bacteriile butirice au un echipament enzimatic foarte diversificat, permițându-le să folosească ca mediu de dezvoltare substrat poliglucidice, proteice, pectine cu macromolecule complexe, dar și compuși chimici mai simpli ca de exemplu monoglucide, acizi organici (lactic, propionic), alcoolii (glicerina, etc.), compuși cu azot, etc. Bacteriile butirice sunt răspândite în sol, cereale, produse lactate, conserve, materii fecale, etc., efectul prezenței lor fiind, în majoritatea cazurilor, nedorit.

2. Respirația aerobă- reprezintă acel tip de respirație în care donatorul de oxigen este o substanță anorganică sau organică, iar acceptorul final de electroni este oxigenul, substratul fiind complet oxidat până la dioxid de carbon și apă. Așadar, respirația aerobă se caracterizează prin aceea că electronii eliberați prin oxidarea substratului sunt transferați la oxigen cu ajutorul enzimelor transportoare, energia rezultată stocându-se în ATP, prin cuplarea acestuia cu reacțiile de oxido-reducere. Modalitatea de obținere a ATP-ului cu ajutorul reacțiilor redox este denumită *fosforilare oxidativă*. Enzimele care catalizează reacțiile de transfer de electroni sunt dehidrogenazele care acționează în funcție de potențialul lor redox. Toate enzimele acționează numai în prezența unor coenzime specifice, astfel: dehidrogenazele pirimidinice au coenzime NAD^+ și NADP^+ ($E_0 = -0.32\text{V}$), cele flavinice folosesc drept coenzime FMN^+ și FAD^+ ($E_0 = 0.05\text{V}$), aldolazele, citocromoxidazele, piruvat-

dehidrogenaza folosesc drept coenzime citocromii, feredoxina, rubredoxina cu rH negativ, iar kinazele utilizează chinonele (coenzimele Q sau ubichinonele) cu rH pozitiv.

Sistemul transportor de electroni este localizat în mitocondrii la microorganismele eucariote și în membrana plasmatică și în mezozomi la cele procariote.

3. Respirația anaerobă - este acel tip de respirație celulară în care acceptorul final de electroni poate fi orice substanță anorganică exceptând oxigenul, iar donatorul un compus organic sau anorganic. Ea se întâlnește numai la bacterii.

2.13.2. Metabolism de biosinteză (anabolism)

Tipul acesta de metabolism presupune procese biochimice prin care microorganismele își sintetizează, din molecule simple, constituenții celulari, comuni sau specifici, necesari desfășurării activității lor vitale. În reacțiile de biosinteză se folosesc produși și energie înmagazinată, rezultate din reacțiile de catabolism, ele fiind reacții consumatoare de energie (endergonice). Pentru ca reacțiile anabolice să aibă loc, microorganismele trebuie să găsească în mediu sursele de carbon și de energie, iar calea principală care le furnizează sunt reacțiile catabolice care se desfășoară simultan cu reacțiile anabolice, aceasta fiind o caracteristică a metabolismului.

2.14. Microbiologie aplicată

2.14.1. Microbiota solului

Solul este mediul cel mai propice dezvoltării microorganismelor, fiind rezervorul natural al unui număr imens de microorganisme. Diversitatea microorganismelor din sol este foarte mare. În sol, microorganismele au condiții favorabile de dezvoltare și înmulțire, prelucrând materia organică nevie și folosind diferite substanțe anorganice. Condițiile din sol sunt variabile în funcție de

tipul de sol, de anotimp și de regiunea geografică. Solul constituie sursa de infecție pentru celelalte medii - apa și aerul.

Microbiota solului variază cantitativ și calitativ în funcție de tipul de sol, de pH, vegetație, condiții climatice etc. Microbiota solului este alcătuită din microorganisme autohtone, permanent prezente și alohtone, a căror prezență depinde de aportul de substanțe minerale și organice din exterior și care supraviețuiesc până la descompunerea acestor substanțe.

Microbiota autohtonă este specifică fiecărui tip de sol, fiind adaptată metabolizării anumite tipuri de substanțe relativ stabile în tipul de sol respectiv. Este implicată în toate procesele microbiologice care au loc în sol.

Microbiota alohtonă este introdusă de om prin fertilizări sau prin deversări de ape reziduale. Intervine în unele procese ale solului. Ex. Microorganismele din gunoiul de grajd participă la mineralizarea materiei organice. Substanțele lor de catabolism sunt metabolizate ulterior de diferite grupe de microorganisme autohtone. Majoritatea constituie însă poluarea microbiologică a solului.

Compoziția microbiotei este influențată de sezon și de gradul de prelucrare al solului. Predominante sunt bacteriile sub formă de microcolonii adsorbite pe particulele de sol, în toate tipurile de sol neutre și alcaline. Unele produc polimeri de natură mucilaginoasă, care determină agregarea particulelor de sol, astfel încât solul devine mai granulat, ceea ce-i crește aerarea și fertilitatea. Cele mai frecvente genuri sunt: *Bacillus*, *Arthrobacter*, *Agrobacterium*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes*.

Activitatea bacteriilor în sol condiționează fertilitatea, proprietățile și evoluția solului, intervenind în procese de amonificare, în descompunerea unor compuși azotați rezistenți (ex. chitina), în formarea substanțelor humice și în echilibrarea microbiotei acestui mediu prin secreție de antibiotice.

În sol se află grupări de bacterii specializate care se dezvoltă pe substraturi specifice:

- bacterii celulozolitice—degradează celuloza din materia vegetală moartă rămasă în sol.
- bacterii nitrificatoare—produc oxidarea NH_3 rezultat din procesele de metabolism, cu formare de azotați și azotiți, forma prin care plantele iau azotul din sol.
- bacterii sulfuroase, feruginoase au rol în circuitul sulfului și a fierului în natură.
- bacterii de putrefacție—degradează azotul organic și produc putrezirea cadavrelor.
- actinomicetele (bacteriile filamentoase) reprezintă aproximativ 30% din microbiota totală a solului.

Împreună cu bacteriile, determină mineralizarea substanțelor de natură organică și iau parte la formarea humusului, care este rezervorul de substanțe nutritive pentru plante. Închiderea la culoare a solului se datorează actinomicetelor. Acest sol reține mai bine căldura și are calități agrotehnice superioare. Ele se întâlnesc în toate tipurile de sol fiind mai numeroase în solurile bogate în substanțe organice. Se dezvoltă mai ales în **soluri alcaline**. Sunt principalii agenți de amonificare și chitinoliză, jucând un rol important în formarea humusului. Unele specii, fiind producătoare de antibiotice, au și rol în menținerea echilibrului în microbiota solului. Umiditatea excesivă și aciditatea le limitează dezvoltarea. Cele mai frecvente genuri sunt: *Actinomyces*, *Actinoplanes*, *Mycobacterium*, *Mycococcus*, *Micromonospora*, *Nocardia*, *Streptomyces*.

- *Bacteriile sporulate patogene* se pot întâlni în sol: *Bacillus anthracis* (produce antraxul oilor), *Clostridium tetani* (produce tetanosul), *Clostridium botulini*, *Clostridium histolyticum*, *Clostridium sporogenes* (bacterii toxicogene). Prin dejecții sau cadavre, ajung în sol, accidental, de la purtători: *Salmonella typhi*, *Shigella dysenteriae*, *Vibrio cholerae*, *Pseudomonas aeruginosa*. Durata de rezistență a

acestor bacterii în sol variază în funcție de specie, de tipul de sol și de condițiile climatice. În general, bacteriile patogene nu găsesc în sol condiții favorabile de multiplicare, datorită temperaturii scăzute în raport cu optimul lor termic (37°C) și mediul nutritiv necorespunzător, cât și datorită concurenței altor bacterii, a actinomicetelor și a prădătorismului protozoarelor.

- *Cianobacteriile*: alcătuiesc cel mai numeros grup de microorganisme fotosintetizante din păturile superficiale ale solului. Dominante sunt genurile *Nostoc* și *Oscillatoria*. Ele sunt deosebit de importante întrucât sunt singurele organisme vii capabile să utilizeze în sinteza de substanțe organice atât carbonul din CO₂ cât și azotul molecular. Specii fixatoare de azot molecular sunt: *Anabaena*, *Calothrix*, *Chroococcus*, *Nostoc*, *Plectonema*, *Schizotrix*.

Levurile și microfungii (mucegaiurile) sunt bine reprezentate în straturile superficiale ale solului care sunt mai bine aerate, umede și bogate în substanțe organice. Cele mai frecvente genuri sunt: *Candida*, *Cryptococcus*, *Debaryomyces*, *Hansenulla*, *Lipomyces*, *Pichia*. Mucegaiurile predomină în solurile acide (ex. Soluri de pădure, podzoluri) unde realizează o biomasă de 500-1000 Kg/ha. Principalele genuri sunt: *Mucor*, *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Penicillium*, care formează 50% din biomasa fungică însoțite de *Fusarium*, *Alternaria*, *Trichoderma*, *Trichotecium*, *Cladosporium*.

În sol microorganismele se află în concentrații de 9×10^7 - 3×10^{11} celule/g sol uscat. Numărul lor este dependent de tipul de sol (ex. în solurile argiloase se întâlnesc cca. 10^8 celule/gram, o microbiotă mai sărăcăcioasă au solurile acide, alcaline și nisipoase). Aceste microorganisme formează o biomasă totală de cca 0,5 – 6 t/ha.

Din totalul acestor microorganisme cca. 30 % sunt reprezentate de bacteriile Gram negative. Bacteriile se găsesc într-un număr ce oscilează între $3,6 \times 10^7$ – 10^{11} celule/g sol, ele totalizând o biomasă de până la 0,7 t/ha. Dominante sunt bacteriile filamentoase.

Levurile ajung la 10^3 celule/g sol, dezvoltându-se pe resturi vegetale. Ciupercile formează o biomasă de 1 – 1,5 t/ha. Numărul imens se datorește faptului că în sol există întotdeauna o cantitate suficientă de substanță organică și minerală, o umiditate satisfăcătoare, suficient oxigen și un pH corespunzător. Numărul cel mai mare de microorganisme se găsesc în straturile superioare ale solului. Cu excepția straturilor superficiale, microorganismele din sol sunt protejate de acțiunea nocivă a razelor ultraviolete.

Tipul de microorganisme din sol, ca și numărul lor variază în funcție de structura fizico-chimică a solului, dar mai ales în funcție de substanțele organice și anorganice din sol, de pH-ul solului și de cantitatea de oxigen. Tipul de sol este astfel principalul factor de selecție al acestora. Umiditatea permite dezvoltarea microorganismelor la suprafața solului, iar în solurile mai aride microorganismele sunt mai abundente în straturile profunde. Se observă o variație sezonieră a microorganismelor din sol determinată de umiditate, de concentrația de substanțe organice și de temperatură. Densitatea maximă este întâlnită primăvara, iar cea minimă iarna. Un maxim secundar se întâlnește toamna. Uscăciunea din timpul verii diminuează numărul de microorganisme din sol dar contribuie favorabil la transformarea substanțelor organice care vor fi metabolizate cu mai mare ușurință toamna. Datorită varietății lor mari, microorganismele din sol se dezvoltă în condițiile unei concurențe puternice pentru rezerva de hrană disponibilă. Fiecare specie trebuie să suporte producția de dezasimilație ai altor specii, care pot fi toxici pentru ele. Datorită interrelațiilor foarte complexe între speciile de microorganisme din sol, există un autocontrol al numărului și densității lor.

Lucrările agrotehnice și administrarea de îngrășăminte organice modelează și ele microbiota solului. Aratul îmbunătățește aerajul solului favorizând dezvoltarea microorganismelor aerobe și permițând înaintarea lor spre straturile mai profunde. De asemenea,

repartizează mai uniform resturile organice. Îngrășămintele organice introduc în sol un substrat nutritiv suplimentar, favorizând explozia numerică a microorganismelor organotrofe care, prin procesul de mineralizare, duc la fertilizarea solului. Aceste îngrășăminte introduc și un inocul suplimentar de microorganisme alohtone care participă temporar la mineralizarea substanțelor organice. Exemplu aproximativ 25% din masa gunoierului de grajd este reprezentată de microorganisme.

Fertilitatea solului este o caracteristică dependentă în cel mai înalt grad de activitatea microbiotei, dependentă la rândul ei de natura și densitatea acesteia.

2.14.2. Microbiota apei

În ape microorganismele găsesc condiții favorabile de viață, care le permit instalarea și proliferarea lor. După proveniență microorganismele componente ale microbiotei acvatice pot avea origine autohtonă sau alohtonă.

Microorganismele autohtone sunt perfect adaptate la mediul de viață acvatic. Acestea alcătuiesc în apele de diferite tipuri, biocenoze specifice:

- *Microorganismele planctonice* trăiesc libere în masa apei, unde se deplasează activ fiind reprezentate în majoritate de specii ciliate. Unele formează agregate, altele trăiesc adsorbite de particolele organice sau anorganice în suspensie. Ele formează microplanctonul.

Majoritatea sunt autotrofe (fotoautotrofe sau mai rar chimioautotrofe) și heterotrofe.

- *Microorganismele neustonice* formează asociații la interfața aer-apă. Sunt formate din specii mobile sau imobile. Majoritatea sunt fotoautotrofe și heterotrofe saprofite. Ele formează microneustonul.

- *Microorganismele bentonice* trăiesc fixate pe particole organice din detritusul acumulat pe fundul bazinelor acvatice sau în

capilarele care se structurează în sedimente. Majoritatea trăiesc adsorbite pe particole solide. Grupa fiziologică dominantă este cea a heterotrofilor saprofiți, întâlnindu-se însă și microorganisme chimioautotrofe. La interfața apă-sedimente trăiesc formele aerobe, iar în profunzimea sedimentelor cele anaerobe. Totalitatea lor formează microbentosul.

- *Microorganismele epibiotice* trăiesc fixate pe suporturi solide submerse în masa apei (ex. pietre, plante: alge macrofite submerse, animale: zooplancton) de care se prind prin adsorbție sau prin organe de fixare. Majoritatea sunt reprezentate de bacterii Gram negative. În aceste microbiocenoze se găsesc toate grupele fiziologice. Ele sunt dominante numeric față de formele planctonice. Numeroase din aceste microorganisme (mai ales cele adsorbite) pot trăi și libere în masa apei atunci când sunt desprinse de pe substrat. Pe alge dezvoltarea lor este mai mică din cauza antibioticelor pe care le secretă acestea.

Microorganismele alohtone sunt microorganisme ajunse în ape pe diferite căi din alte medii. Ele pot ajunge în ape din sol, când sunt transportate cu ajutorul vântului și prin apele de precipitații care spală terenurile înconjurătoare, sau sunt eliberate în ape în timpul proceselor de eroziune a malurilor sub acțiunea valurilor sau a curenților de apă. În ape pot ajunge, de asemenea, microorganisme provenite de la om, de la animale și de la diferite activități industriale, care sunt deversate odată cu apele uzate, fecaloid-menajere orășenești, zootehnice sau industriale. O altă sursă de infecție este aerul. Microorganismele alohtone nu găsesc condiții favorabile de viață în mediul acvatic unde au o existență temporară condiționată mai ales de existența substratului nutritiv.

Microorganismele ubiquitare sunt cele care pot trăi la fel de bine în mediul acvatic ca și în sol și aer. Ca urmare a legăturilor strânse dintre mediul acvatic și celelalte medii, numărul de specii de microorganisme alohtone și ubiquitare din ape este foarte mare, ele

fiind reprezentate de diferite grupe morfologice și fiziologice de bacterii, de ciuperci și levuri.

În categoria microorganismelor autohtone sunt cuprinse diferite tipuri de bacterii, ciuperci, microalge, protozoare.

Bacteriile din microbiota autohtonă se caracterizează prin necesitățile lor mici de carbohidrați care le permite dezvoltarea și la concentrații de numai 1-10mg de hidrați de carbon la litrul de apă.

Sunt prezente toate tipurile morfologice:

coci: *Micrococcus*, *Staphylococcus margaritaceum*; bacili scurți: *Bacillus*, *Bacterium*; filamente ramificate: *Zooglea ramigera* sau *neramificate*; vibrioni: *Vibrio anguillarum* ; spirili: *Spirillum regula*, *S. serpens*, *S. renuae*, *S. undula*, *S. volutans*; spirochete: *Spirochaeta plicatilis*, *Spirophyllum*.

Ele pot fi sporulate sau nesporulate. Trăiesc plutind liber în masa apei, adsorbite sau fixate pe substrat unde alcătuiesc un înveliș (biodermă). Există specii care pot duce ambele feluri de viață, pot trăi izolat sau formând agregate. Majoritatea sunt mobile, fie natante cu cili, fie târâtoare pe substrat.

Există numeroase specii cromogene (ex. Genurile *Chromatium*, *Chromobacterium*: *Ch. aurescens*, *Ch. ochraceum*, *Ch. violaceum*). Sunt dominante în toate tipurile de ecosisteme acvatice, în toate asociațiile biocenotice.

În ape se întâlnesc toate categoriile fiziologice de bacterii.

Predominante sunt bacteriile heterotrofe (ex. specii din genurile *Bacillus* : *B. cloaceae*, *B. liquidus*, *B. punctatum* ;) *Micrococcus* : *M. albus*, *M. aquatilis*, *M. candicans*, *M. coronatus*, *M. rhenanus* ; *Pseudomonas* : *P. fluorescens* ; *Bacterium* : *B. prodigiosum*, *B. indicum* ; *Aeromonas* : *A. hydrophila*, *A. punctata*, *A. salmonicida* ; *Sarcina* : *S. alba*, *S. lutea*, *s. paludosa*).

Levurile sunt mai slab reprezentate în ape. Specii ale genurilor *Torulopsis* și *Rhodotorula*, acoperă suprafața plantelor submerse.

Ciupercile din microbiota autohtonă sunt reprezentate mai ales de ciuperci inferioare, majoritatea acestui grup fiind acvatic. Formele vegetative sunt legate de substraturile nutritive, respectiv de organisme vii, resturi organice, în timp ce spori înnoată liber în masa apei. Sporii ciupercilor se găsesc în toate categoriile de ape de suprafață.

Ciupercile acvatice autohtone cât și cele alohtone sunt heterotrofe aerobe, parasite sau facultativ parazite.

Se pot dezvolta în limite largi de pH=3,2-9,6 (ex. *Achlya racemosa* și *Saprolegnia delicata*) și chiar în ape foarte acide cu pH=1,9-3,9 din lacurile vulcanice.

Majoritatea sunt ciuperci mezofile, unele fiind euriterme care suportă temperature cuprinse între 1-33°C. Cele criofile sunt de mică importanță în mediul acvatic. Speciile cele mai frecvente în ape, aparțin genului: *Saprolegnia* : *S. delicata*, *S. declina*, *S. ferax*, *S. mixta*, *S. parasitica* dar și genurilor *Mucor mucedo*, *Phytium proliferum*, *Leptomitus lacteus*, *Achlya flagellata*, *A. polyandra*, *Aphanomyces laevis*, *Dictyuchus monosporus*, *Traustotheca clavata*.

Microorganismele alohtone cele mai importante sunt bacteriile solului care ajung în ape frecvent prin precipitații, levigare, erodarea malurilor, curenți de apă, valuri. Predomină formele heterotrofe. Se întâlnesc specii anaerobe sporulate cum sunt *Bacillus subtilis*, *B. megatherium*, *B. mycoides*, specii aerobe asporulate îndeosebi nitrificatoare și denitrificatoare. Predominante sunt bacteriile saprofite celulozolitice și amonificatoare. Des întâlnite sunt și enterococii din fam. *Enterobacteriaceae*, bacterii anaerobe asporulate, bacterii anaerobe sporulate: *Clostridium perfringens*, iar în unele situații o serie de germeni patogeni de origine fecală, agenți ai unor boli intestinale ca *Salmonella typhi*, *Salmonella paratyphi*-agentul febrei tifoide, *Shigella dysenteriae*-agentul dezenteriei, *Corynebacterium*-agentul difteriei, *Vibrio*, *Klebsiella*, *Escherichia coli*-facultativ patogenă.

O mare parte din aceste bacterii patogene și facultativ patogene provin din dejecțiile păsărilor ihtiofage.

Levurile și microfungii alohtoni din ape provin mai ales din sol, iar în cazul formelor patogene, de la organisme bolnave. Cele mai multe ciuperci sunt întâlnite în zonele de impurificare organică litorale sau de maluri, fiind reprezentate de drojdii și diferite grupe sistematice de fungi imperfecti.

Privite în general, microorganismele alohtone au o viață limitată în mediul acvatic, în funcție de existența substratului care le însoțește din mediul din care au provenit. Deosebit de sensibile sunt cele patogene care, dacă nu întâlnesc gazde sensibile, dispar repede.

În ape numărul tuturor grupelor de microorganisme este mai mic decât în sol.

1. Numărul *bacteriilor* este de 10^3 celule/ml în apele oligotrofe și de 10^8 celule /ml în apele eutrofe. Densitatea maximă posibilă este de 10^{12} celule/ml. În detritusul de la suprafața sedimentelor pot fi întâlnite 109 celule/g sediment, iar în oceane 105 celule/g sediment.

2. *Ciupercile* alohtone din ape reprezintă cca. 1% din microplankton în zona malurilor bazinelor acvatice. Densități mari se întâlnesc și în sedimentele litorale bogate în resturi organice.

Numărul mare de microorganisme din ape se datorește ratei de creștere care este mare. Intervalul de generație la bacterii este de 60-180 ore în ape oligotrofe, iar în ape calde, bogate în nutrienți, în apropierea fitoplanctonului, durata de generație este de 4 ore.

Distribuția orizontală determină diferențierea microbiotei în zona malurilor bazinelor interioare, respectiv în zona litorală a mărilor și zona din largul bazinului. Zonele de mal și cele litorale sunt mai intens populate cu microorganisme decât cele de larg datorită condițiilor nutritive și ambientale mai prielnice pe care le oferă aceste habitate.

Distribuția pe verticală se referă la o zonare a tipurilor de microorganisme în funcție de adâncimea apei, determinată de

condițiile trofice și de condițiile restrictive de mediu. În straturile superioare domină bacteriile fotoautotrofe, care necesită prezența luminii. Bacteriile fototrofe și cianobacteriile trăiesc în masa apei unde plutesc datorită unor vacuole cu gaz și a dimensiunilor mici. Și unele halobacterii au astfel de structuri care le permit menținerea la suprafața apelor sărate.

Microorganismele heterotrofe se întâlnesc mai ales în zona de fund. În lacurile adânci și în mări și oceane există o distribuție a microbiotei în funcție de temperatura straturilor de apă și de presiunea hidrostatică. Numeroase bacterii cu teacă și apendiculate strict acvatice preferă habitate bentonice.

O serie de factori care asigură existența microorganismelor determină numărul și diversitatea speciilor microbiotei din ape. Mai importanți sunt tipul de sol pe care este amplasat bazinul de apă, cantitatea și calitatea substanței organice pe care o conține și proprietățile fizico-chimice ale apei (ex. pH-ul, conținutul apei în oxigen solvit, salinitatea și natura sărurilor solvite, gradul de iluminare și celelalte organisme vii care intră în interrelație cu microorganismele). Variația acestor condiții face ca în diferitele bazine acvatice cantitatea și calitatea microbiotei să fie diferită ; să existe diferențe între diferitele zone din același bazin, iar pentru aceeași zonă între diferite perioade de timp.

Gradul de încărcare organică a apei și sedimentelor sunt factorul principal în modelarea distribuției și în determinarea numărului de microorganisme din ape. În apele puternic încărcate cu substanțe organice predomină bacilii, în apele curate predomină cocii.

Bacteriile prostecate sunt comune în apele cu conținut nutritiv scăzut. Bacteriile sporulate se dezvoltă mai puternic în ape bogate în substanțe organice iar bacteriile nesporulate în apele curate.

În apele puternic poluate pot fi întâlnite microorganisme care descompun fenolii și hidrocarburile, înlocuind speciile saprofite obișnuite.

Acumularea de nutrienți la interfața apei cu mătul de pe fundul bazinelor favorizează dezvoltarea microorganisme. Cele mai comune sunt bacteriile Gram negative. În sedimente există o proporție mare de bacterii Gram pozitive.

Radiațiile solare determină dezvoltarea de coci în zonele superficiale, bacilii fiind mai sensibili, se dezvoltă în straturile profunde.

Temperatura determină o distribuție pe verticală a microorganismelor și adaptări la ape cu diferite caracteristici termice (ex. microorganisme termofile, microorganisme criofile).

Salinitatea determină specializarea microorganismelor pentru ape dulci, ape sărate din mări, oceane, lacuri sărate interioare, ex. forme halofile, halotolerante.

În apele dulci predomină microorganisme heterotrofe organotrofe saprofite. Microorganismele fotoautotrofe se găsesc numai în straturile superficiale. Aici domină cianobacteriile, care pot prolifera intens dând înflorirea apelor.

Microorganismele chimioautotrofe sunt puține: puțini reducători de sulf, bacteria nitrificatoare și fixatoare de azot. În sedimente sunt mai numeroase speciile denitrificatoare.

Importanța microorganismelor din ape

În procesul de mineralizare. Rolul principal al microorganismelor din ape, ca și al celor din sol, este mineralizarea substanțelor organice provenite din resturile vegetale și animale, prin care se reciclează elementele biogene care sunt puse la dispoziția producătorilor, care în ape sunt reprezentați de alge și macrofite.

La procesul de mineralizare participă o microorganisme heterotrofe saprofite, el fiind definitivat de bacteriile chimioautotrofe nitrificatoare, sulfoxidante și feruginoase.

In autopurificarea apelor. Prin procesul de mineralizare se realizează autopurificarea apelor de resturile organice care determină *eutrofizarea* lor. Prin această activitate microorganismele intervin în evoluția bazinelor acvatice de la stări oligotrofe către stări eutrofe. O importanță deosebită o capătă această activitate în cazul în care substanțele organice din ape au o origine alohtonă de proveniență umană, caz în care, prin activitatea microorganismelor, autopurificarea apelor poate duce la *depoluarea apelor*.

În productivitatea ecosistemelor acvatice. Microorganismele servesc ca hrană unor grupe de consumatori reprezentați de protozoare și unele metazoare, care la rândul lor servesc drept hrană pentru alte organisme mai mari. Producția microbiologică realizată de microorganismele, deși mult inferioară celei realizate de fitoplancton și de zooplancton, intervine în susținerea producției piscicole. Microorganismele pot avea un rol direct, ele fiind consumate de unele grupe de pești, și un rol indirect prin susținerea lanțurilor trofice din ecosistemele acvatice.

În coroziune. Procese corosive exercită microorganismele acvatice prin acizii eliminați în apă ca produse de catabolism sau prin utilizarea trofică a unor componente din structura unor obiecte de metal, piatră sau fibre textile (exp. unelte pescărești) sau lemn, în acest caz coroziunea având la bază un proces de mineralizare al substanțelor organice.

Importanța igienico-sanitară. Pentru folosință umană, apa trebuie să nu prezinte risc de îmbolnăvire, deci să fie lipsită de microorganismele patogene. Prezența microorganismelor nu este, în general, dorită întrucât în urma activității lor, chiar dacă nu apar substanțe toxice sau potențial toxice, se modifică calitățile organoleptice ale apei.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- Ariniș I., Cristescu D., (2006), *Biologie animală și vegetală*. Ed.Paralela 45, București
- Atlas, RM (2004) Handbook of Microbiological Media, 3rd edn. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Carlile MJ, Watkinson SC and Gooday GW (2001) *The Fungi*, 2nd edn. Academic Press, London. Deacon JW (1997) *Modern Mycology*, 3rd edn. Blackwell Scientific, Oxford.
- Cooper GM and Hausman RE (2004) *The Cell: A Molecular Approach*, 3rd edn. Sinauer Associates Inc, Sunderland, MA.
- Demain AL (2000) *Microbial Technology. Trends in Biotechnology* 18, 26–31.
- Drăgan-Bularda M., Samuel A. D., (2006) *Microbiologie generală*. Ed. Univ. Oradea.
- Drăgan-Bularda, M., KISS, St., (1986). *Microbiologia solului*. Univ.Babeș-Bolyai, Cluj- Napoca.
- Gafta D., Akeroy J., (2006) *Nature conservation. Concept and Protection*. Ed. Springer
- Garrity GM (ed.) (2001) *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, 2nd edn, Vol 1: *The Archaea and the Deeply Branching and Phototrophic Bacteria*. Springer-Verlag, Berlin.
- Gavrilescu E., (2006) *Evaluarea ecosistemelor acvatice*. Ed. Sitech, Craiova
- Graham LE and Wilcox LW (2000) *Algae*. Prentice Hall, Englewood Clifs, NJ
- Hames DB, Hooper NM and Houghton JD (2000): *Instant Notes in Biochemistry*, 2nd edn. Bios Scientific Publishers, Oxford.
- Krueger G.R., Gillham N.W., Coggin H.J., (1973) *Introduction to Microbiology*. Collier-Macmillan Publishers, London

- Malschi D., (2009) *Elemente de biologie, ecofiziologie și microbiologie*, Ed. Bioflux, Cluj-Napoca, ISBN 978-606-92028-4-5.
- Michael M., John M. 2006. *Brock Biology of Microorganisms*, 11th ed., Prentice Hall.
- Moat AG, Foster JW and Spector MP (2002) *Microbial Physiology*, 4th edn. John Wiley & Sons, Chichester.
- Moțoc D., (1962) *Microbiologie industrială*. Ed. Tehnică, București.
- Nicolescu C., (2002) *Microbiologia apei și a produselor acvaticе*. Ed. Cetatea de Scaun, Târgoviște
- Papacostea P., (1976), *Biologia solului*, Ed. Șt. și Encicl., București.
- Prescott LM, Harley JP and Klein DA (2004) *Microbiology*, 6th edn. McGraw-Hill, New York.
- Roșca I. D., (1977) *Fiziologia animalelor*. Ed. Didactică și pedagogică, București
- Schaffler A., Altekruger I., (1994) *Microbiologie medicală și imunologie*. Ed.ALL, București
- Tortora GJ, Funke BR and Case CL (2004) *Microbiology: An Introduction*, 8th edition. Benjamin Cummings, San Francisco, CA.
- Zarnea, G. (1994) *Tratat de Microbiologie generală*. Vol. V. Ed. Academiei Române, București.