

CARACTERISTICI GENERALE ALE MUCEGAIURILOR

1. Definiția mucegaiurilor

Mucegaiurile sunt microorganisme de tip eucariot, monocelulare sau pluricelulare, alcătuite din unități morfologice de bază denumite hifă sau tal.

Totalitatea hifelor vegetative și reproducătoare ale unui mucegai alcătuiesc miceliul, care este partea vizibilă a mucegaiului.

Mucegaiurile monocelulare sunt reprezentate de o singură hifă care se prezintă ca o celulă alungită, ramificată, nedivizată prin septe transversale. De obicei sunt mucegaiuri monocelulare cele inferioare, neseptate.

Mucegaiurile pluricelulare sunt alcătuite din mai multe celule care se dispun cap la cap, care au forma unor structuri filamentoase subțiri, tubulare, cu diametrul de 2-10 microni, separate între ele prin septe prevăzute cu pori (prin intermediul cărora se realizează transferul citoplasmatic), motiv pentru care aceste mucegaiuri se numesc septate sau superioare.

Hifele mucegaiului sunt de mai multe tipuri în funcție de rolul pe care îl au: hife vegetative (hife de extindere, hife de absorbție) și hife reproducătoare.

Hifele vegetative cresc numai prin vârf, deci au o creștere apicală, se dezvoltă, se ramifică și se extind pe suprafața mediului formând miceliul sau colonia de mucegai (care are un aspect de masă filamentosă), se diversifică și îndeplinesc anumite funcții specializate.

Hifele de extindere (stoloni) se pot dezvolta în profunzimea mediului sau aerian, ele formând tuburi germinative ramificate.

Hifele de absorbție (rizoizi) realizează absorbția nutrienților din mediul nutritiv pe care mucegaiul se dezvoltă și fixează mucegaiul pe mediu, având rol în susținere.

Hifele reproducătoare iau naștere la un moment dat din hifele vegetative aeriene, atunci când acestea ating un anumit grad de dezvoltare și ele sunt cele care vor genera spori. Hifele reproducătoare sunt diferențiate în funcție de gen și specie.

Sporii pot fi perfecți și imperfecți. Sporii perfecți iau naștere în urma reproducerii sexuate. Sporii imperfecți se formează în timpul reproducerii asexuate.

2. Dezvoltarea mucegaiurilor pe un mediu de cultură

Sporii de mucegai sunt rezistenți la uscăciune și asigură menținerea celulei în stare viabilă, chiar și ani de zile. Dacă un astfel de spor ajunge pe suprafața unui mediu favorabil pentru creștere, cu o cantitate suficientă de apă liberă care să-i permită absorbția substanțelor nutritive, în primul stadiu, care poate să dureze 3-4 ore, are loc absorbția apei și activizarea sistemelor enzimatic, iar apoi, în faza următoare, are loc germinarea celulei sporale și formarea tuburilor vegetative.

Dezvoltarea mucegaiurilor are loc destul de rapid în condiții favorabile, astfel în interval de 2-3 zile pe mediu nutritiv se formează colonii vizibile diferențiate.

În cazul mucegaiurilor inferioare, miceliul reprezentat de colonii de mucegai se dezvoltă rapid pe suprafața unui mediu care reprezintă un substrat nutritiv necesar dezvoltării mucegaiului, iar coloniile sunt extinse pe întreaga suprafață a mediului nutritiv, cu tendința de a ocupa tot spațiul disponibil și au aspect păslos, fiind pigmentate în diverse culori (alb, bej, cenușiu, brun).

Mucegaiurile superioare formează colonii cu o creștere radială limitată și culoare ce diferă de la alb la galben, brun, verde, portocaliu, albastru, cu diferite nuanțe specifice în funcție de gen și specie, având un aspect prăfos sau catifelat.

3. Răspândirea mucegaiurilor

Mucegaiurile sunt foarte răspândite în natură, habitatul preferat și cel mai populat este solul, în special în stratul superficial al acestuia, care le asigură condiții de supraviețuire și creștere.

Din sol, prin intermediul factorilor naturali, sporii de mucegai sunt antrenati pe calea aerului la distanțe foarte mari, ceea ce asigură răspândirea nelimitată de granițe geografice. În aer, mucegaiurile sub formă de spori sau hife vegetative pot supraviețui un timp îndelungat, iar în absența curenților de aer se depun cu o viteză ce atinge valori de 3 cm/sec.

În apă prezența mucegaiurilor este ocazională, apa fiind un mediu prin care se poate face răspândirea sporilor. Creșterea mucegaiurilor în apă este dependentă de conținutul acestora în compuși organici și poate avea loc numai în condiții de aerare.

Sporii de mucegai se întâlnesc frecvent la suprafața plantelor, în tractul digestiv, în special la ierbivore.

4. Activitatea mucegaiurilor

Prin activitatea lor de degradare a materiei organice vii, mucegaiurile participă la transformarea unor compuși organici (celuloza, hemiceluloze, substanțe pectice, amidon, lipide) la compuși mai simpli și sunt considerați agenți de putrezire.

Mucegaiurile participă astfel la circuitul carbonului în natură și îmbogățesc solul în substanțe cu molecule mici care pot fi folosite de alte microorganisme sau de către plante.

În industria alimentară activitatea de biodeteriorare este nedorită deoarece fungii cauzează pierderi prin mucegăirea semințelor alimentelor. Ca efect secundar este formarea de micotoxine, de către unele mucegaiuri, încât alimentele devin inutilizabile.

În afara mucegaiurilor saprofite – agenți ai putrezirii - se întâlnesc mucegaiuri patogene care pot parazita: plante, animale, pești și insecte. Mucegaiurile sunt frecvent întâlnite în microbiota plantelor, pe suprafața fructelor și legumelor. Dacă produc îmbolnăviri la plante poartă denumirea de mucegaiuri fitopatogene și sunt responsabile pentru aproximativ 70% din totalul îmbolnăvirilor întâlnite la cereale și legume. Dintre mucegaiurile fitopatogene se pot enumera cele care produc boli ca mătura, rugina, tăciunele etc. ale plantelor industriale.

La om și animale mucegaiurile patogene produc un număr mai redus de îmbolnăviri, se dezvoltă pe piele, unghii, păr. Un număr mic de mucegaiuri pot produce îmbolnăviri interne atunci când sporii sunt inhalați (pe cale respiratorie) dând micoze (de exemplu, *Aspergillus fumigatus* produce aspergilom pulmonar).

În afară de rolul important al mucegaiurilor în natură, în industria alimentară, culturi fungice selecționate se pot folosi la fabricarea brânzeturilor – tip Roqueforti, Camemberti sau la maturarea salamurilor crude.

Cu ajutorul mucegaiurilor pe cale biotehnologică se pot obține compuși deosebit de valoroși:

- **antibiotice:** peniciline cu *Penicillium chrysogenum*, cephalosporine (*Cephalosporium*), griseofulvine (*Penicillium griseofulvum*), acidul fusidic cu *Fusidium coccinenum* și antibiotice active față de bacterii Gram pozitive cu *Mucor ramannianus*;

- **acizi organici** (citric, lactic, gluconic, kojic, malic, fumaric);

- **vitamine** (B₂, ergosterol – provitamina D₂);

- **enzime** (amilaze, proteaze, lipaze, celulaze etc.).

Mucegaiurile se mai pot folosi pentru îmbogățirea în proteine a făinurilor vegetale și ca agenți de depoluare a apelor reziduale.

5. Structura mucegaiurilor

Mucegaiurile au la bază celula de tip eucariot, alcătuită din perete celular, membrană citoplasmatică, citoplasmă și nucleu.

Peretele celular al mucegaiurilor este gros, asigurând forma celulei. Din punct de vedere chimic el conține în afară de α și β -glucani, celuloza sau chitina în cantități mari.

Sub peretele celular este situată membrana celulară citoplasmatică, care delimitează citoplasma.

Citoplasma conține diverse organite celulare: ribozomi, mitocondrii, vacuole, incluziuni lipidice.

Celula de mucegai poate conține 1 sau 2 nucleu. Nucleii sunt mici, delimitați de o membrană nucleară și conțin mai mulți cromozomi.

6. Rezistența mucegaiurilor la condițiile de mediu

Mucegaiurile sunt microorganisme ușor adaptabile, deoarece au capacitatea de a forma enzime induse în funcție de natura substratului pe care se află, încât produc degradarea atât a produselor alimentare cât și a fibrelor textile, a cauciucului, betonului etc.

Mucegaiurile sub formă de hife sau spori sunt foarte rezistente la uscăciune și se mențin în stare latentă de viață un timp îndelungat.

Mucegaiurile sunt puțin pretențioase la cantitatea de apă liberă prezentă în produs, de aceea ele pot produce mucegăirea produselor care se conservă prin uscare numai când acestea încep să absoarbă apă din mediul ambiant.

În raport cu oxigenul, mucegaiurile sunt microorganisme aerobe deci necesită pentru creștere prezența oxigenului din aer sau a oxigenului dizolvat în mediul lichid.

Mucegaiurile se pot dezvolta în limite largi de pH (1,5-9) cu o valoare optimă în domeniul acid (pH = 5,5-6).

Mucegaiurile sunt microorganisme mezofile cu temperaturi optime de creștere la 25°C, un număr restrâns sunt termofile – cele patogene au temperatura optimă la 37°C, iar altele sunt adaptate la temperaturi scăzute (0-3°C). Rezistența termică a mucegaiurilor sub formă de hife sau spori este mică, majoritatea sunt inactivate la temperaturi de 80°C, cei mai rezistenți spori sunt distruși la 88°C în 10 minute.

Fungii se dezvoltă bine în mediul umed, dar umiditatea nu trebuie să depășească 70%, pH-ul optim este de 5-6, variațiile tolerate fiind cuprinse între pH 2-9,6. Unele specii cresc în acid acetic 1N sau în acid sulfuric 2N, hrănindu-se pe seama impurităților din soluție.

Aproape toți reprezentanții grupului sunt *aerobi*, având nevoie de concentrație ridicată de oxigen.

Temperatura mediului ambiant acționează asupra tuturor activităților vitale ale organismului. Temperatura la care un fung crește și sporulează cel mai bine, mai repede și mai caracteristic se numește *temperatura optimă*.

Din punct de vedere al temperaturii, fungii au fost clasificați în următoarele categorii:

- *fungi termofili* care cresc bine între 40°-50°C, având temperatura minimă la 20°C și cea maximă la 60°C (ex. *Aspergillus fumigatus*, *Mucor pusillus*). Din această categorie fac parte și *fungii termotoleranți* care au temperatura maximă de creștere până la 50°-60°C (ex. *Aspergillus niger*, *Aspergillus candidus*, *Aspergillus fumigatus*);

- *fungi mezofili* care se dezvoltă între 10°-35°C, iar temperatura optimă este în jur de 25°C (majoritatea fungilor);

- *fungi psiروفili* care se dezvoltă bine între 5°-10°C având maxim de creștere și sporulare între 20°-27°C;

- *fungi criofili* care se dezvoltă sub 5°C.

7. Reproducerea mucegaiurilor

7.1.Reproducerea asexuată

Reproducerea asexuată a mucegaiurilor survine într-o anumită fază de creștere și dezvoltare. Ea se poate realiza: pe cale vegetativă (prin simpla fragmentare a miceliului) sau prin sporulare (prin intermediul unor formațiuni specializate de natură micelară de tipul sporilor, denumite talospori, care pot fi de mai multe tipuri: chlamidospori, artrospori și aleuriospori).

Reproducerea vegetativă

Reproducerea vegetativă se realizează prin intermediul fragmentelor de hife rupte sub acțiunea unor factori mecanici atunci când acestea conțin cel puțin o celulă. Fragmentele hifale chiar când, de exemplu în cazul mucegaiurilor superioare conțin mai multe celule, vor forma o singură colonie. Din acest motiv la determinarea numărului de mucegaiuri din diferite produse exprimarea se face în unități formatoare de colonii (UFC).

Se cunosc 3 mecanisme prin care are loc reglarea creșterii miceliului și anume: prin reglarea extinderii hifelor, prin inițierea de ramificații și prin distribuirea spațială a hifelor.

Reproducerea prin spori asexuați (sporulare)

Sporii asexuați se formează prin simpla derivare din celule vegetative mai mult sau mai puțin specializate. Sporii asexuați iau naștere în așa numitul stadiu „imperfect” al fungilor prin fragmentarea unei hife specializate sau o hifă modificată caracteristic pentru a forma corpii reproducători. Din acest motiv se mai numesc spori imperfecti.

Sporangiosporii sunt spori de tip endogen și sunt caracteristici mucegaiurilor inferioare. Sporangiosporii iau naștere prin diviziunea de tip mitoză și se acumulează în interiorul unei formațiuni numită „sporange sau sporangium” care are aspectul unei capsule. Aceasta se dezvoltă la capătul terminal al unei hife reproducătoare. Sporangioforul se continuă cu o formațiune cu diametrul mai mare decât al său, denumită columelă. În urma procesului de mitoză, sporii rezultați se acumulează în exteriorul columelei și se maturizează în spațiul dintre columelă și membrana sporangelui. Sporangele cu columelă este denumit stilosporange. La un moment dat, peretele sporangelui se rupe în urma presiunii exercitate prin creșterea în dimensiuni a sporilor sau sub acțiunea unor factori mecanici și sporii sunt eliberați în mediul exterior. Sporangiosporii apar la genurile: *Rhizopus*, *Mucor*, *Absidia*.

Zoosporii se formează în celule speciale „zoosporangi” din care se eliberează prin ruperea peretelui sporangial. Ei au o formă sferică, ovoidală, etc. sunt caracteristici formelor acvatic. În faza inițială prezintă mobilitate cu ajutorul unor cili, după aceea își pierd mobilitatea închistându-se.

Conidiosporii sunt spori asexuați exogeni care pot lua naștere în două moduri: fie direct pe suprafața miceliului fie la capătul unor hife reproducătoare numite „conidiofori”. Conidioforii sunt fie izolați fie grupați. Pe conidiofor se poate forma o singură conidie (un singur spor) sau mai multe conidii, care uneori se pot prezenta sub forma unui lanț ce cu timpul se rupe ușor eliberând conidiile. Conidioforii după modul lor de grupare sunt de mai multe categorii: sporodochii, acervuli, picnidii. Conidiosporii sunt caracteristici fungilor din genurile *Oidium*, *Alternaria*.

7.2.Reproducerea sexuată

Aparatul reproducător al mucegaiurilor este reprezentat de organele de reproducere care se dezvoltă pe hifele reproducătoare.

Reproducerea sexuată a mucegaiurilor duce la formarea sporilor sexuați. Sunt mai multe tipuri de spori sexuați: ascospori, bazidiospori, oospori, zigospori.

În cadrul procesului de reproducere, în urma unui proces de fecundație, la care participă doi gameți (două celule de sex opus), se formează zigotul sau sporul sexuat, care are în general un perete gros și reprezintă și o formă de rezistență a organismului la condițiile nefavorabile de mediu, asigurând răspândirea și supraviețuirea speciei.

La mucegaiurile mai evoluate, sporii sau gameții se formează în interiorul unor formațiuni asemănătoare unor pungi sau săculeți numite gametangii.

Ascosporii iau naștere din fuziunea citoplasmelor și nucleelor a două celule vecine de pe același miceliu sau de la micelii diferite. Nucleul astfel format suferă una până la trei diviziuni. Fiecare dintre nucleii formați se înconjoară cu un strat de citoplasmă și un punct celular și formează un spor. Ei rămân în celula în care au luat naștere, celulă numită „ască”. Acest tip de spori se întâlnește la clasa *Ascomycetes*.

Bazidiosporii se formează pe o formațiune specializată numită „bazidie”. Bazidia se formează dintr-o celulă binucleată, situată la extremitatea unei hife. Cei doi nuclei ai celulei fuzionează. Nucleul astfel format se divide de două ori. Apar patru nuclei. În partea apicală a bazidiei apar patru prelungiri denumite sterigme care se alungesc și se lătesc terminal. În fiecare dintre acestea pătrunde câte un nucleu formând un bazidiospor. Bazidiosporii sunt caracteristici fungilor din clasa *Bazidiomycetes*.

Oosporii se formează la unele *Phycomycetes*, din fuziunea a două celule de sex opus de pe hife vecine. Peretele lor gros și sporul este rezistent la uscăciune.

Zigosporii apar la unele *Phycomycetes* în urma unirii a două celule aparent identice de pe două hife ale aceluiași tal sau aparținând la două taluri diferite. Zigosporul are un perete gros, negru, foarte rezistent.

8.Nutriția mucegaiurilor

Mucegaiurile sunt organisme heterotrofe, incapabile să sintetizeze substanțele organice, motiv pentru care se dezvoltă pe substraturi bogate în diferite substanțe organice de tipul glucide, alcoolii și acizi organici, prin descompunerea cărora își obțin carbonul, iar ca sursă de azot folosesc diverși compuși organici: peptone, aminoacizi, dar suplimentar pot descompune și substanțe anorganice ca sărurile de amoniu și nitrații.

Mucegaiurile au o capacitate mare și variată de sinteză, putând forma în cursul proceselor metabolice celulare: polizaharide, lipide, acizi organici, pigmenți, substanțe antibiotice sau toxice, care pot rămâne în miceliu sau sunt eliminate în mediu.

După felul nutriției, mucegaiurile se împart în două categorii: parazite și saprofite. Mucegaiurile parazite se dezvoltă pe seama substraturilor organice produse de celule vii (vegetale sau animale). Mucegaiurile saprofite se dezvoltă pe materie organică nevie, pe care o degradează.