

2.2. MUCEGAIURI (micromicete, fungi filamentoși)

Mucegaiurile sunt microorganisme de tip eucariot, monocelulare sau pluricelulare, diferențiate din punct de vedere morfologic și care se reproduc prin spori formați pe cale asexuată sau pe cale mixtă (asexuată și sexuată).

Răspândire. Mucegaiurile sunt întâlnite în toate habitaturile naturale, datorită capacității lor deosebite de adaptare la cele mai diferite condiții ale mediului ambiant. Sunt înzestrate cu un echipament enzimatic complex, ceea ce le permite utilizarea în nutriție a compușilor organici macromoleculari. Sunt puțin pretențioase: se pot dezvolta în absența din mediu a factorilor de creștere și nu necesită cantități mari de apă.

Un prim habitat îl constituie stratul superficial al solului, care le asigură condiții de creștere sau supraviețuire. Prin activitatea lor de degradare a materiei organice nevii, mucegaiurile participă la transformarea unor compuși organici macromoleculari în compuși mai simpli și sunt considerați agenți ai putrezirii reziduurilor vegetale. Din sol, prin intermediul factorilor naturali, sporii de mucegai sunt antrenați pe calea aerului la distanțe foarte mari, ceea ce asigură diseminarea 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 poate atinge valori de 3 cm/s. în funcție de condiții, pot să reziste sub formă de spori timp de zeci de ani.

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

Mucegaiurile sunt frecvent întâlnite în microbiota plantelor, pe suprafața fructelor și legumelor, în afara mucegaiurilor saprofite-agenți ai putrezirii, se întâlnesc mucegaiurile patogene care pot parazita plante, animale pești și insecte. Mucegaiurile fitopatogene produc boli ale plantelor industriale, ca mălura, rugina, tăciunele ș. a. La om și la animale, mucegaiurile patogene produc îmbolnăviri denumite micoze, când infectarea se face pe cale respiratorie.

Rolul mucegaiurilor în industrie, în afară de rolul important al mucegaiurilor în natură, în industria alimentară culturi selecționate se pot folosi la fabricarea brânzeturilor tip Roquefort, Camembert sau la maturarea salamurilor crude.

Cu ajutorul mucegaiurilor, pe cale biotehnologică, se pot obține compuși deosebit de valoroși: antibiotice (peniciline), acizi organici (citric, lactic, gluconic, kojic, malic, fumaric), vitamine (B₂, ergosterol-provitamina D), enzime (amilaze, proteaze, lipaze, invertază ș.a.). Mucegaiurile se mai pot folosi pentru îmbogățirea în proteine a făinurilor vegetale și ca agenți de depoluare ai apelor reziduale. Ca aspect negativ, mucegaiurile pot produce degradarea produselor alimentare prin mucegăire, cu modificarea calităților senzoriale și pierderea valorii alimentare. Unele mucegaiuri pot să elaboreze micotoxine.

Caractere morfologice. Mucegaiurile se răspândesc în natură prin spori rezistenți la uscăciune, formă în care se mențin în stare viabilă ani de zile. Dacă un astfel de spor ajunge pe suprafața unui mediu favorabil pentru creștere, cu o cantitate suficientă de apă liberă, în primul stadiu are loc absorbția apei și activizarea sistemelor enzimatice (3-4h), apoi germinarea celulei sporale și formarea tuburilor vegetative numite *hife* sau *taluri*. Hifele se extind pe suprafața mediului, se diversifică și îndeplinesc anumite funcții specializate. Hifele de extindere se pot dezvolta de-a lungul mediului, în spațiul aerian sau în profunzimea mediului realizând absorbția nutrienților și au rol de susținere. La un anumit grad de dezvoltare a hifelor vegetative se formează hifele reproducătoare, generatoare de spori, diferențiate în funcție de gen și specie. Totalitatea hifelor vegetative și reproducătoare alcătuiește *miceliul*.

Structură. Mucegaiurile au la bază celula de tip eucariot ce include toate organele descrise la celula de drojdie. Spre deosebire de drojzii, peretele celular este mai gros și conține α - și β -glucani. Între peretele celular și membrana citoplasmatică există un spațiu periplasmic.

Celula poate conține 1-2 nucleu cu câte 2-4 cromozomi fiecare.

În funcție de caracterele genetice, mucegaiurile pot fi monocelulare, când se dezvoltă sub forma unei celule uriașe cu ramificații. Acest caz este întâlnit la mucegaiurile inferioare ce au miceliu neseptat sau coenocitic. Alte mucegaiuri denumite superioare sunt pluricelulare, au peretele celular comun pentru mai multe celule care sunt separate între ele printr-un perete despărțitor, denumit sept, prevăzut cu un por central prin care se poate face transferul citoplasmatic.

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

În raport cu umiditatea, mucegaiurile sub formă de hife sau spori sunt foarte rezistente și, în absența apei, se mențin în stare latentă de viață un timp îndelungat, în raport cu oxigenul, mucegaiurile sunt microorganisme aerobe și necesită pentru creștere prezența oxigenului din aer sau a oxigenului dizolvat în mediu. Un număr limitat de specii sunt microaerofile și pot produce mucegăirea internă a untului și a ouălor.

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

Mucegaiurile sunt microorganisme mezofile cu temperaturi optime de creștere la 25°C. Un număr restrâns sunt termofile, cele patogene având temperatura optimă la 37°C. Altele sunt adaptate la temperaturi scăzute (0...3°C). Rezistența termică a mucegaiurilor sub formă de hife sau spori este mică, majoritatea fiind inactivate la temperatura de 80°C. Cei mai rezistenți spori, aparținând genului *Byssochlamys*, sunt distruși la 88°C, în 10 minute.

Reproducerea mucegaiurilor. Mucegaiurile se înmulțesc pe două căi principale: pe cale vegetativă și prin sporulare.

a) Reproducerea vegetativă se realizează prin intermediul fragmentelor de hife rezultate sub acțiunea unor factori mecanici, atunci când acestea conțin cel puțin o celulă. Fragmentele hifale, chiar dacă 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. Creșterea are loc prin extensie la apexul celulei.

Timpul de dublare a miceliului ca și intervalul între cicluri succesive de formare a septului depind de specie și de condiții de cultură și poate dura aproximativ 2 ore (*Aspergillus nidulans*). Se apreciază că pentru mitoză completă a nucleilor la mucegaiuri sunt suficiente 10 minute (*Alternaria*, *Aspergillus*), iar intervalul între mitoză și apariția septurilor este de 20-40 minute.

b) Reproducerea prin sporulare este forma cea mai răspândită la mucegaiuri și poate avea loc numai pe cale asexuată sau pe cale mixtă, respectiv asexuat când mucegaiul prezintă stare anamorfă și sexuat când se află în starea teleomorfă.

Reproducerea pe cale asexuată conduce la formarea sporilor imperfecti. Dintre tipurile de spori formați pe această cale prezintă interes *sporangiosporii* și *coriidiosporii*.

Sporangiosporii sunt spori endogeni, haploizi (monocelulari), caracteristici mucegaiurilor inferioare. La maturitate, pe talul coenocitic se formează hifa reproducătoare denumită și sporangiofor, care se continuă cu o formațiune cu diametrul mai mare decât al hifei purtătoare, denumită columelă.

Prin acumularea de nucleu și în urma procesului de mitoză, spori rezultați se acumulează în exteriorul columelii și se maturizează în spațiul dintre columelă și membrana sporangelui. Sporangeliile cu columelă este denumit stilosporangiu. În urma presiunii exercitate prin creșterea în dimensiuni a sporilor sau sub acțiunea unor factori mecanici, membrana sporangelui se rupe și sporangiosporii se răspândesc în mediul ambiant. Se înmulțesc prin sporangiosporii mucegaiurile din genurile *Mucor*, *Rhizopus*, *Absidia*, *Thamnidium* ș.a.

Conidiosporii sunt spori exogeni sau endogeni, mono- sau pluricelulari, caracteristici mucegaiurilor superioare. Se pot forma pe cale talică, în urma transformărilor ce au loc în tal, sau pe cale blastică, când spori rezultați printr-un proces de înmugurire a celulelor conidiogene.

Dintre conidiosporii formați pe cale talică, fac parte:

- arthrosporii, care se formează prin fragmentarea talului în dreptul septumului; după separare au tendința de a se aranja în zig-zag. Se reproduc prin arthrospori, mucegaiurile din genul *Geotrichum*;

- chlamidosporii (chlamys-manta), care se formează în culturi mai vechi, de-a lungul talului vegetativ, în cazul mucegaiurilor inferioare din genul *Mucor*, sau în interiorul conidiosporilor pluricelulari, în cazul mucegaiurilor din genul *Fusarium*.

Dintre conidiosporii formați pe cale blastică fac parte:

- aleuriosporii, care se formează la capătul conidioforului sau pe partea laterală a acestuia, izolat sau în lanț, din celule conidiogene nediferențiate, deformate la capătul apical din care se separă spori. Se întâlnesc la mucegaiuri din genul *Sporotrichum*, genul *Trichothecium* ș.a.;

- annelosporii, care se formează în interiorul unor celule cilindrice sau în formă de sticlă din care se eliberează prin ruperea peretelui celular, care înconjoară ca un colier fiecare spor. Produc annelospori mucegaiuri din genul *Scopulariopsis*;

- bastosporii, care se formează prin înmugurire la apexul conidioforului sau din celule conidiogene preformate, izolat sau în lanțuri lungi. Înmulțirea prin blastospori este întâlnită la mucegaiuri aparținând genurilor: *Cladospodium*, *Aureobasidium*, *Monillia* ș.a.;

- botrioblastosporii, care se formează simultan, apical, din celule mărite ale conidioforului sau din scurte protuberanțe ale acestora, prin înmugurire. Se găsesc izolați sau asociați în lanțuri. Se întâlnesc la genul *Botrytis*.

- fialosporii, care sunt spori exogeni eliberați printr-un orificiu central, din celule specializate denumite fialide (phialidae). Fialosporii se formează pe cale bazipetală, izolat sau în lanțuri, și sunt reprezentativi pentru genurile: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Stachybotris*, *Fusarium*;

- porosporii, care sunt spori pluricelulari formați prin înmugurire în interiorul celulei conidiogene, din care se eliberează prin canale fine, apical sau lateral, pe cale acropetală, astfel încât la capătul superior al lanțului se află cel mai tânăr dintre spori rezultați. Prin porospori se reproduc specii ale genurilor: *Alternaria*, *Helminthosporium*.

Reproducerea pe cale sexuată; formarea sporilor perfecți.

Calea sexuată de sporulare este întâlnită la mucegaiurile inferioare și superioare. Spori perfecți rezultați în urma unor procese de conjugare, ce au loc mai ales în condiții naturale, pot fi de mai multe tipuri: *oospori*, *zigospori*, *ascospori* și *bazidiospori*.

Clasificarea generală a mucegaiurilor

Numărul posibil de specii este apreat la aproximativ 250.000. Mucegaiurile de interes alimentar sunt grupate în 20 de genuri și aproximativ 1.000 de specii. Clasificarea are la bază anumite criterii morfologice, de structură, caractere coloniale, pigmentogenează, integrate cu cu date fiziologice și genetice.

Mucegaiurile fac parte din diviziunea EUMYCOTA, sunt micromicete cu plasmodium absent, frecvent și tipic filamentoase (denumite și fungi filamentoși pentru a fi diferențiați de drojdii – care sunt incluse în aceeași diviziune) și sunt clasificate în subdiviziuni, clase, ordine și genuri, conform tabelului următor:

Tabelul 2.2. Clasificarea selectivă a mucegaiurilor (după Hawksworth ș.a., 1986)

Subdiviziunea	Clasa	Ordinul	Genul
Mastigomycotina	Oomycetes	-	<i>Achlya</i> , <i>Phytophthora</i> , <i>Phytium</i> , <i>Saprolegnia</i>
Zigomycotina	Zygomycetes	Mucorales	<i>Absidia</i> , <i>Blakeslea</i> , <i>Mucor</i> , <i>Phycomyces</i> , <i>Rhizomucor</i> , <i>Rhizopus</i> , <i>Thamnidium</i>
		Entomophthorales	<i>Entomophthora</i>
Ascomycotina (Ascomycetes)	Plectomycetes (Plectascales)	Eurotiales	<i>Byssochlamys</i> , <i>Emericella</i> , <i>Eupenicilium</i> , <i>Eurotium</i> , <i>Monascus</i> , <i>Neosartorya</i> , <i>Petromyces</i> , <i>Talaromyces</i>
	Pyrenomycetes	Sphaeriales Clavicipitales Hypocreales	<i>Neurospora</i> <i>Claviceps</i> <i>Gibberella</i>
	Hemiascomycetes Discomycetes	Endomycetales Pezizales	<i>Eremothecium</i> , <i>Ashbya</i> <i>Morchella</i> , <i>Tuber</i>
Basidiomycotina (Basidiomycetes)	Hemibasidiomycetes (Teliomycetes)	Uredinales	<i>Puccinia</i>
		Ustilaginales	<i>Ustilago</i>
Deuteromycotina (Deuteromycetes- fungi imperfecti)	Coelomycetes Hyphomycetes	Moniales	<i>Colletotrichum</i> <i>Geotrichum</i> , <i>Aureobasidium</i> <i>Aspergillus</i> , <i>Altemaria</i> , <i>Curvularia</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Gliocladium</i> , <i>Monillia</i> , <i>Paecilomycetes</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Stachybotris</i> , <i>Trichoderma</i> , <i>Trichotecium</i> , <i>Verticillium</i>

Descrierea mucegaiurilor cu importanță în industria alimentară

Sunt prezentate principalele caractere de gen și specie pentru mucegaiurile din microbiota produselor alimentare descrise în clasificare.

Absidia. Prezintă sporangi mici cu columelă de formă conică. Sporangioforul are la capăt o apofiză largă sub care se observă un sept. Unele specii sunt termofile și produc îmbolnăviri la animale și om. Poate produce mucegăirea porumbului și elaborează toxine.

Alternaria. Formează colonii pufoase cu miceliu septat și conidii mari cu septuri longitudinale și transversale-porospori.

Produc putrezirea brună a fructelor (mere, smochine) și putrezirea neagră a fructelor citrice. Este considerat mucegaiul de câmp și este prezent pe suprafața semințelor proaspăt recoltate, fiind indice de prospețime al cerealelor.

Aspergillus (132 specii). Prezintă conidiofori drepți, neramificați care poartă capul conidial alcătuit dintr-o veziculă pe care se dezvoltă celulele conidiogene, respectiv fialide, generatoare de lanțuri lungi de fialospori. Fialidele se pot dezvolta pe toată suprafața veziculei sau numai pe partea superioară, fie într-un singur strat - fialide primare, fie în două straturi suprapuse - fialide primare sub forma unor celule lungi și groase și fialide secundare, mai scute și subțiri.

Conidiofori au formă rotundă, elipsoidală sau ovală. Ei formează lanțuri lungi care se pot interconecta prin intermediul unor punți citoplasmice. Capul conidial are formă sferică când fialidele cresc pe toată suprafața fertilă a veziculei sau formă columnară atunci când vezicula este fertilă numai pe partea superioară, și poate fi observată macroscopic la unele specii. Speciile genului *Aspergillus* sunt divizate în 18 grupe, ce includ specii cu caractere înrudite și care poartă denumirea speciei tip. Grupele mari pot fi divizate în serii. Speciile mai importante ale genului sunt:

- *A. niger*, formează colonii radiale de culoare brun-negru. Prezintă conidiofor cu cap conidial sferic și două rânduri de fialide dispuse pe toată suprafața veziculei. Tulpinile selecționate sunt folosite pentru obținerea de enzime (amilaze, proteaze, glucoxidaze, invertaze) sau acizi organici (acidul citric, acidul lactic);

- *A. oryzae*, formează colonii bej-orange cu conidioforii drepți și capul conidial sferic cu un singur rând de fialide. Este numită „arsenalul enzimelor”, deoarece se cunosc peste 200 de enzime elaborate de mucegaiuri și obținute în stare purificată. Este folosită pentru obținerea de enzime amilolitice-tip koji, pentru zaharificarea plămезilor amidonoase din orez și pentru obținerea unor băuturi fermentate-sake;

- *A. flavus*, formează colonii de culoare alb-găbui, la maturitate galben verzui spre brun cu revers colorat în galben-brun. Capul conidial de tip radial, uneori columnar. Fialidele sunt uniseriate sau biseriate, cu diferențe mari în formă și dimensiuni. Fialosporii sunt piriformi sau globoși, galben-verzui, rugoși. Este răspândit în sol, pe produse vegetale și are capacitatea de a produce aflatoxine (micotoxine) cu efect cancerigen.

Botrytis. Formează colonii extinse, păsloase de culoare cenușie. Conidioforii poartă terminal un mănunchi de ramuri scurte purtătoare de botrioblastospori de formă elipsoidală. *B. cinerea* este denumit mucegaiul cenușiu și poate produce, în funcție de condiții, putrezirea vulgară sau nobilă a strugurilor. Speciile fitopatogene ale genului dau boli la floarea-soarelui și alterări în depozite ale fructelor și legumelor.

Byssoschlamys. Se caracterizează prin formarea de asce în 8 ascospori termorezistenți și produce alterarea alimentelor conservate cu acizi. *B. fulva* și *B. nivea* produc alterarea conservelor de fructe.

Cladosporium. Formează colonii cu aspect catifelat, de culoare brun-oliv cu revers colorat în bleumarin-negru. Se reproduc prin blastospori cu formă de lămâie. *Cl. herbarum* poate forma pete inestetice pe carcasa de carne și produce mucegăirea untului și margarinei. Este prezent în microbiota cerealelor proaspăt recoltate. Este agent al putrezirii negre a strugurilor și pepenilor galbeni.

Eurotium. Include starea perfectă-teleomorfă a mucegaiurilor din grupul *Aspergillus glaucus*. Produc cleistoteci galbene cu ascospori. *E. herbariorum* este xerofit și poate produce alterarea gemurilor și a jeleurilor.

Fusarium. Include specii saprofite răspândite pe sol și specii patogene parazite ale plantelor superioare. Se reproduc prin conidiospori monocelulari (microconidii) și pluricelulari (macroconidii) cu caractere distincte, în funcție de specie. *F. graminearum*, *F. moniliforme*, *F. tricinctum*, *F. nivale* ș.a. produc putrezirea brună a fructelor citrice, putrezirea umedă a smochinelor, mucegăirea cerealelor (orz, grâu) cu producerea de micotoxine.

Geotrichum. Formează colonii extinse, catifelate, de culoare albă. Produce miceliu septat din care se separă arthrospori, ce au tendința de aranjare în zigzag. *G. candidum* este întâlnit în industria laptelui și la fabricarea pastei de tomate, drept contaminant al utilajelor. *G. albidum* produce putrezirea fructelor citrice, a caiselor, alterarea smântânii.

Monascus cu specia *M. ruber* este folosit pentru obținerea de coloranți roșii de uz alimentar.

Mucor (88 specii). Se caracterizează prin formarea de sporangiospori în stilosporange. La maturitate, prin ruperea membranei și eliberarea sporilor rămâne la baza columelei un collar. Sporangiosporii pot fi repartizați de-a lungul hifelor vegetative, monopodial, simpodial, sau dichotomic. În funcție de specie columela poate avea dimensiuni și forme diferite. Dintre speciile mai importante ale genului menționăm: *M.ucedo* - mucegaiul alb al pâinii; *M.racemosus* - agent de putrezire a fructelor și legumelor; *M. pussillus* și *M. miehei* – specii selecționate pentru obținerea de proteaze cu acțiune similară cu cea a cheagului animal, folosit la fabricarea brânzeturilor.

Penicillium (453 specii). Se caracterizează prin formarea unui aparat reproducător ramificat alcătuit din ram metule, fialide și fialospori, cu diferențieri morfologice în funcție de specie. Dintre speciile mai importante ale genului menționăm: *P. roqueforti* – obținerea brânzeturilor cu pastă albastră; *P. camemberti* - obținerea brânzeturilor cu pastă moale; *P.nalgiovense* – maturarea salamurilor crude uscate. Pentru obținerea de antibiotice din grupa penicilinelor se folosesc *P. notatum* și *P. chrysogenum*. *P. expansum*, *P. islandicum*. *P.citrinum* ș.a. sunt agenți de putrezire și produc micotoxine.

Rhizopus (11 specii). Prezintă stilosporange de dimensiuni mari cu columelă semisferică, fără collar după ruperea membranei sporangelui. Sporangioforii se dezvoltă în mănunchi dintr-un punct în care se dezvoltă rhizoizi-hife de susținere cu rol absorbant. Extinderea coloniei are loc rapid, ca urmare a formării unor lăstari micelieni denumiți stoloni. Specia cea mai răspândită pe toate produsele alimentare este *Rh. stolonifer* – agent de mucegăire a fructelor și legumelor; unele tulpini selecționate pot fi folosite pentru obținerea pe cale fermentativă a acidului fumaric. Împreună cu *Rh. oryzae* și *Rh. delemar*, producătoare de amilaze, se pot folosi la obținerea unor produse fermentative de tip tempeh și arrak pe bază de cereale.

Thamnidium. Se caracterizează prin formarea de sporangiofori terminați cu stilosporange mare sub care se dezvoltă sporangiofori scurți purtători de sporangiooli (fără columelă și cu un număr mic de sporangiospori). *Th. elegans* produce mucegăirea produselor conservate prin refrigerare.

Trichoderma. Formează colonii extinse, pufoase sau pulverulente, de culoare gălbui spre verde. Conidiosporii se formează pe fialide în formă de sticlă și cresc pe ramuri laterale, în mănunchi. Formează, frecvent chlamidospori elipsoidali, hialini. *T. reesei* (viridae) produce activ celuloză și un antibiotic - gliotoxina – cu efect funginstatic față de mucegaiurile care produc putrezirea lemnului.

Trichothecium. Formează colonii cu aspect pufos, de culoare roz-portocaliu. Se reproduce prin conidiospori bicelulari. *T. roseum* este cel mai frecvent întâlnit pe suprafața boabelor de cereale. grâu, porumb, reziduuri vegetale ca agent al putrezirii fructelor (pepene galben).

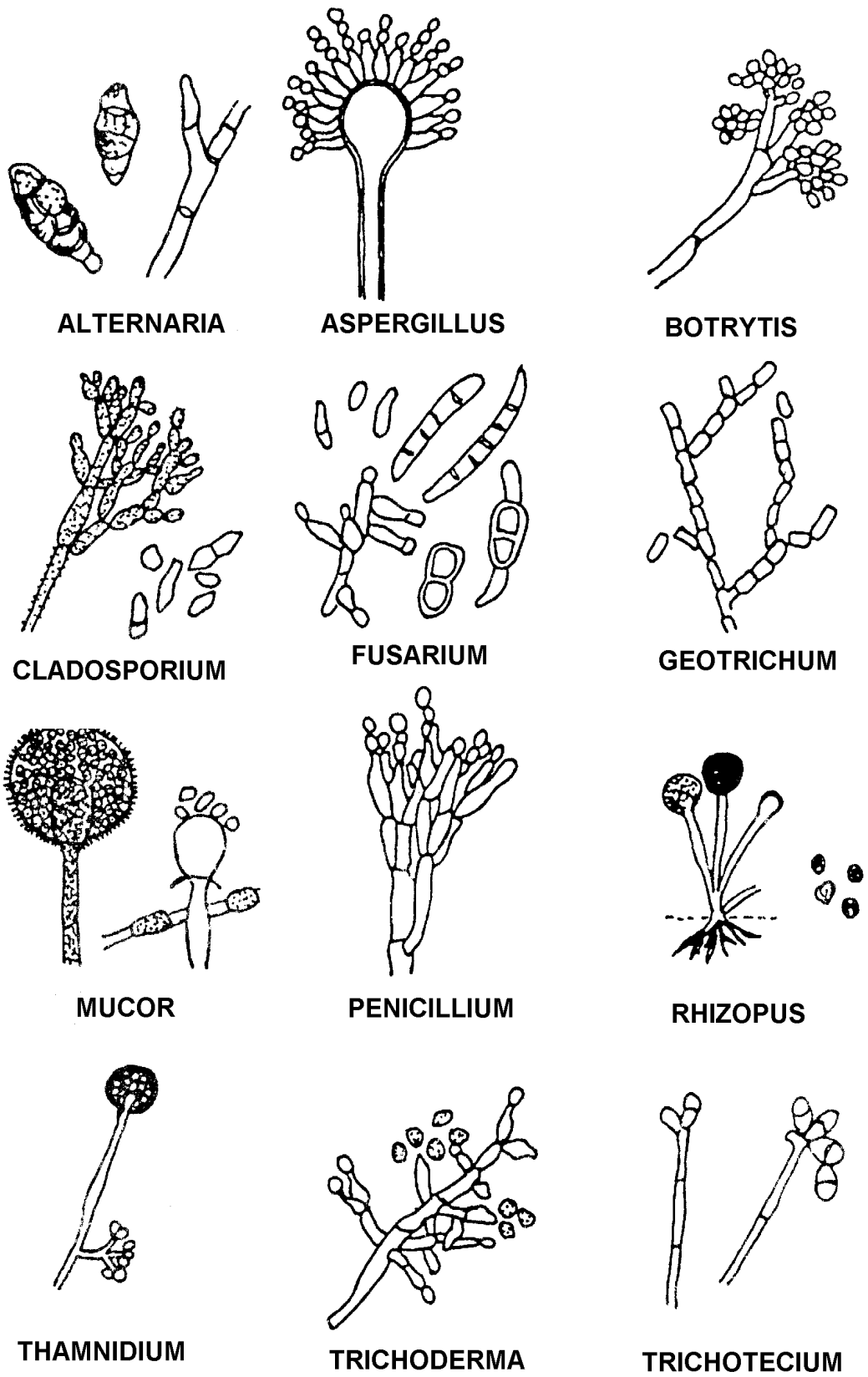


Fig. 5. Genuri reprezentative de mucegaiuri