

# MIKROBIOLÓGIA

## II. RÉSZLETES MIKROBIOLÓGIA

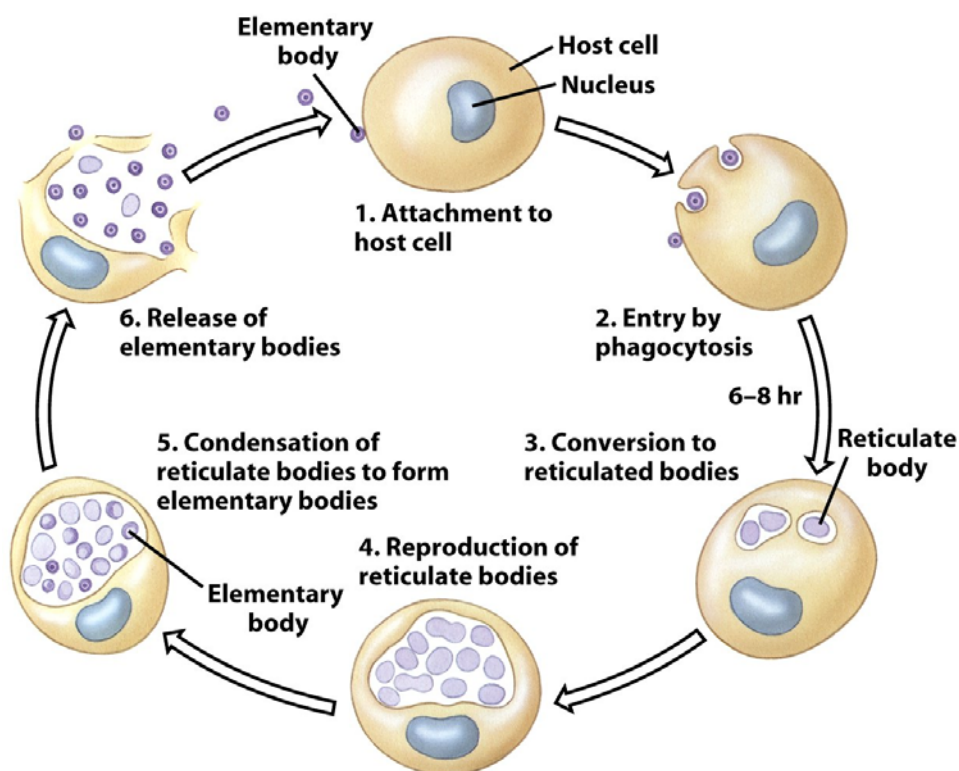


Figure 9-25 Microbiology, 6/e  
© 2005 John Wiley & Sons

Írták: **Réczey Jutka** és **Sipos Bálint** biomérnök hallgatók,  
**Sveiczter Ákos** egyetemi docens előadásai alapján  
Átdolgozta: **Sveiczter Ákos**

Műegyetem, 2008

# 1. A vírusok definíciója (kritériumok) és formái. A virionok általános jellemzése (szerkezet, kémiai összetétel, méret, szimmetria, alak). A vírusok gazdaspecifitása.

„Egy adag köpenybe zárt rossz hír”! A vírus szó eredeti jelentése: mérge.

Fertőzőképes, nem sejtes képződmények. „A vírus az vírus!” (Lwoff)

Fitofág - növényi vírus; zoofág - állati vírus; bakteriofág - baktériumvírus

Parabióta: obligát sejtparazita. Egyetlen életjelensége a szaporodás, de csak gazdasejtben!

Nincs: anyagcsere, növekedés, osztódás, sőt még riboszómái sincsenek.

## Felépítés

A vírusnak fehérjeburka van, amit kapszidnak nevezünk és kapszomerekből (monomer) épül fel. A kapszomer és a nukleinsav együtt alkotja a nukleokapszidot. Peplon (ha van) = foszfolipid kettősmembrán; peplomer = (gliko)protein a peplonban.

Van növényi, állati, gomba- és baktériumvírus is, de egy vírus gazdaspecifikussága viszonylag szűk. A bázisösszetétel (C-G párok aránya) elég széles tartományban mozog, de mindig hasonlít a gazdaszervezetéhez.

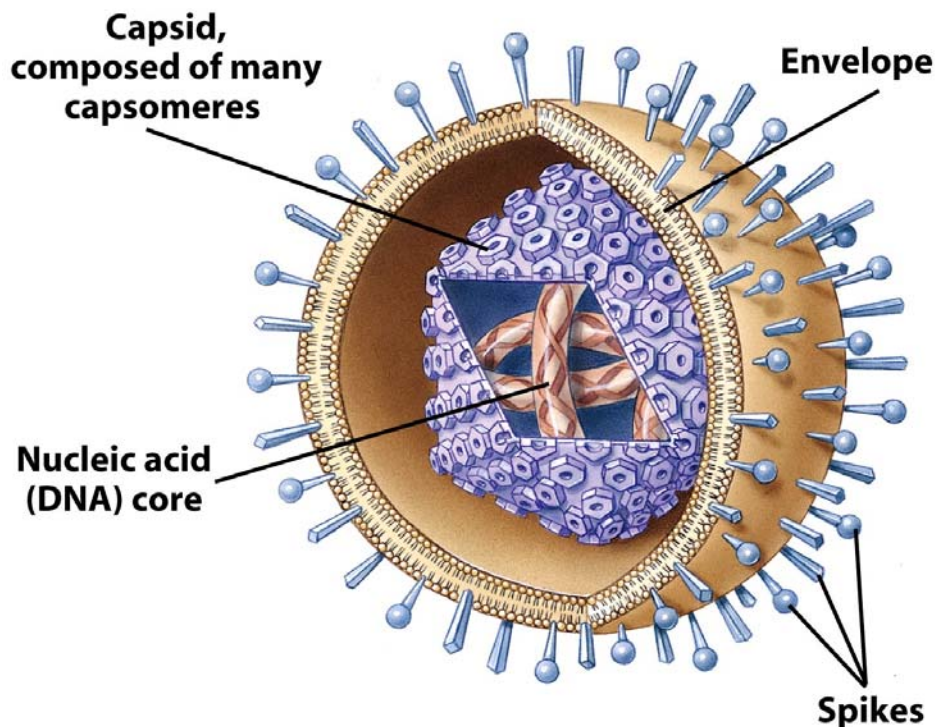


Figure 10-1 Microbiology, 6/e  
© 2005 John Wiley & Sons

## Kémiai összetételük

Örökítőanyag: DNS vagy RNS (!). Lehet egy- vagy kétszálú is, lehet lineáris vagy cirkuláris is a DNS/RNS. Általában osztatlan a genom, de akad osztott (= szegmentált) genomú vírus is (pl. influenzavírus, 8 db RNS szálát tartalmaz).

Fehérjék: Kapszomer és peplomer (külső fehérjék, de utóbbi nincs mindig). A külsők a burkot alkotják, a belső fehérjék (pl. enzimek) ahhoz kellene, hogy a gazdasejtet át tudják programozni. Ezek az enzimek lehetnek pl. nukleinsav polimerázok, amelyek a vírus genom sejtben belüli replikációjához kellene.

Lipidek, szénhidrátok: Csak peplonos vírusokban fordulnak elő (foszfolipidek, ill. glikoproteinek formájában).

### Általános tulajdonságok

Formák: Virion: a gazdasejten kívüli, élettelen, fertőző ágens, ami sok esetben kristályosítható. Replikatív: a sejtben belüli, szaporodó alak. Provírus: integrálódott vírus (genomja beépült a gazdasejt genomjába).

Méretük: Egy vagy két nagyságrenddel kisebb, mint a gazdasejt, 20-400 nm között, a legnagyobbak fénymikroszkóppal is láthatók, de a többség csak elektronmikroszkóppal.

Felosztásuk szimmetria szerint:

Kubikális szimmetria: a kapszid szabályos geometriai forma (pl. ikozaéder, síkmetszete hatszög), benne lazán helyezkedik el az örökítőanyag.

Helikális szimmetria: ennél a kapszid szorosan illeszkedik az örökítőanyagra.

Binális szimmetria: feji-farki részekre különül el, ezek kubikális ill. helikális részek.

Komplex szimmetria: minden olyan alak, ami a fenti háromba nem sorolható be.

A szimmetria a nukleokapszid alakjára jellemző, ha van peplon, az alak jellemzően gömb v. ellipszoid lesz.

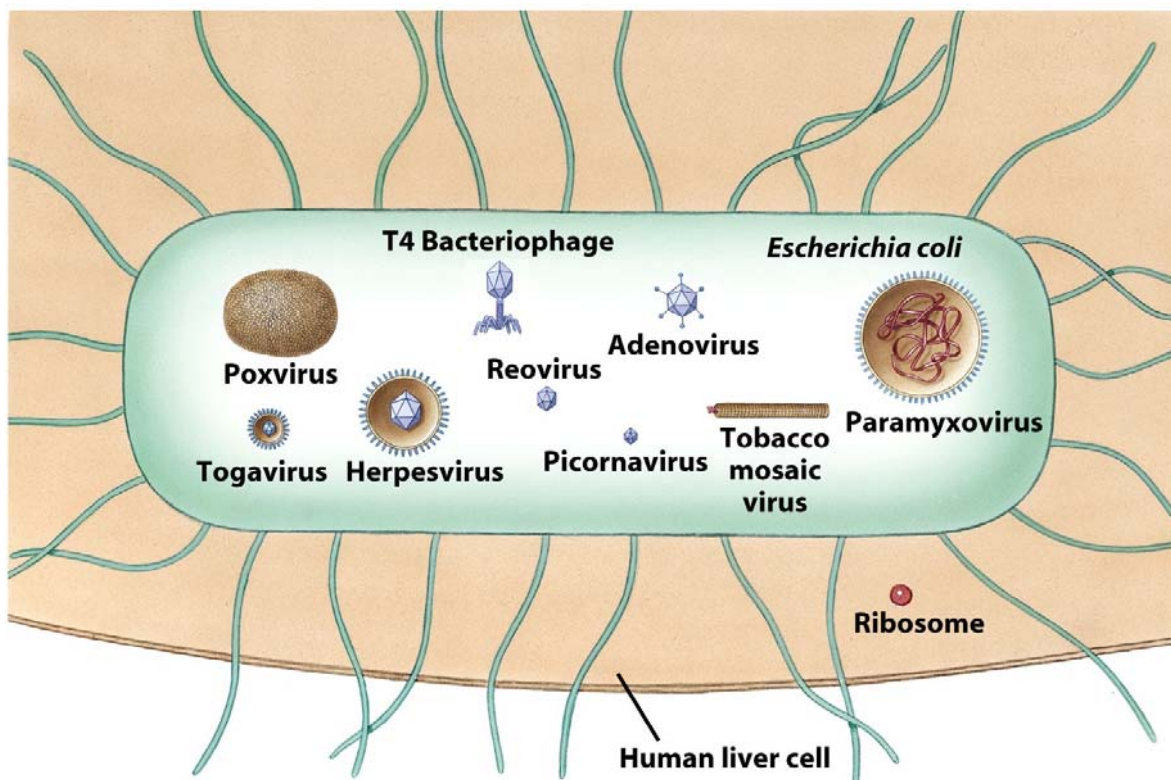


Figure 10-2 Microbiology, 6/e  
© 2005 John Wiley & Sons

Specifikusság: Az egész élővilágnak megvannak a maga vírusai, de az egyes vírusok gazdaspecifikusak. A fágok a baktériumok vírusai, sok esetben még baktériumtörzsre (!) is specifikusak; az állati vírusok szerv-, szövet- és sejtspecifikusak is lehetnek. A vírus ugyanis receptorkölcsönhatás révén tapad hozzá a gazdasejthez.

Eredetük: Nem ismert. Mivel sejtparaziták, nem lehetnek a legősibb életformák. A legvalószínűbb elmélet szerint a vírus a gazdasejt genomjából elkülönült DNS vagy RNS darabka.

## **2. A vírusok rendszerezése. A bakteriofágok jellemzése és szaporodási ciklusai.**

### A vírusok rendszerezésének alapjai

Régen gazdaszervezet és kórkép alapján, ma inkább morfológia és molekuláris bélyegek alapján. Nincs binomiális nevük, csak triviális (pl. rabiesvírus = a veszettség kórokozója). Család (-*viridae*, latin név, ~70), nemzetség (-*virus*, latin név, ~170), faj (~4000). (A leírt fajok és egyéb taxonok száma!)

### Rendszerezési szempontok

Nukleinsav: DNS/RNS, osztott/osztatlan, egyszálú/kétszálú, előbbi lehet + vagy – szálú. RNS esetén a negatív az értelmetlen szál, csak a pozitívról (értelmes) tud a riboszóma fehérjét szintetizálni. DNS esetén viszont a negatív szál az értelmes!

Szimmetria: kubikális, helikális, binális v. komplex.

Méret: hány nm az átmérő (helikális) ill. hány kapszomer alkotja a kapszidot (kubikális).

Peplon: van vagy nincs (utóbbi az ún. „csupasz” vírus).

### Humán jelentőségű RNS vírusok (néhány példa):

- poliovírus: járványos gyermekbénulás (család: *Picornaviridae* (pico = kicsi, rna = RNS) nemzetség: *Enterovirus*), kubikális, 15-30 nm, nincs peplonja, egyszálú +RNS.

- HIV: AIDS (*Retroviridae*, *Lentivirus*), egyszálú +RNS két másolatban, kubikális, peplonos (~gömb), ~100 nm, 2 fő és 10 altípus, Ny-Afrikából ered. Reverz transzkriptáza van, innen a családnév.

- influenza (*Orthomyxoviridae*): A, B, C típusok, 8 db –RNS van benne, helikális, van peplonja, ~gömb alakú. B és C csak emberben, A pedig házi- és vadállatokban is szaporodhat (ld. madárinfluenza).

### Humán jelentőségű DNS vírusok (néhány példa):

- herpeszvírusok: pl. ajakherpesz (*Herpesviridae*), kétszálú DNS, kubikális, van peplonja.

- variolavírus (*Poxviridae*): fekete himlő, jellegzetes „tégla” alakú a virion (komplex), kétszálú DNS, van peplonja.

Bakteriofágok (phageo = elfogyasztani):

Általában binális szimmetriájúak: helikális farok, kubikális fej (tail sheet - hüvely, plate - alapi lemez, pin - tüskék az alapi lemezen, tail fibers - farokrostok). A feji részben van a DNS vagy az RNS. Soha nincs peplonjuk. (Miért?)

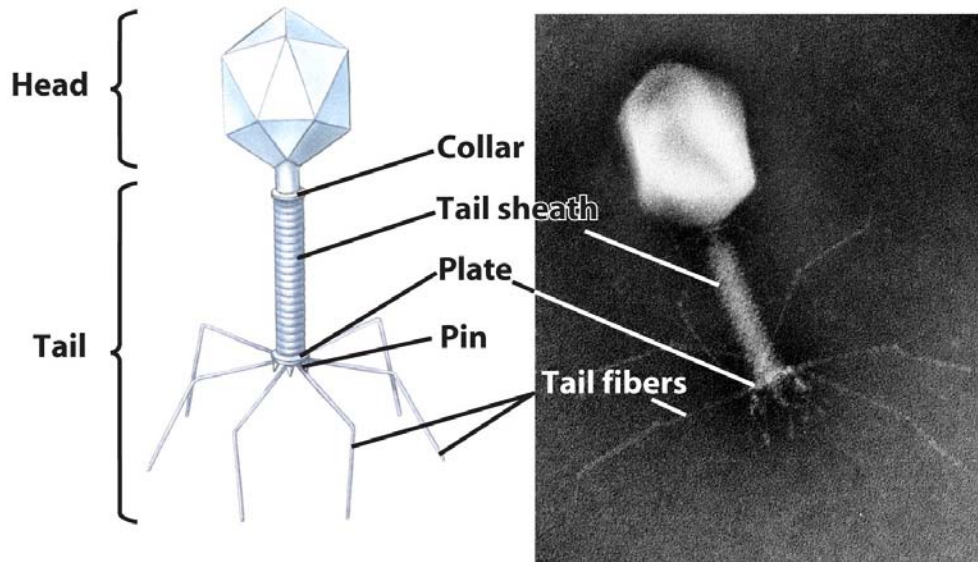


Figure 10-8a Microbiology, 6/e  
© 2005 John Wiley & Sons

### Szaporodásuk

#### Lítikus ciklus:

- 1.) *Adszorpció:* a fág a farokrostnál fogva hozzátapad a sejt felületéhez.
- 2.) *Penetráció:* az örökítőanyag bejut a baktériumba; az alapi lemez segítségével a fág ráül a sejtfelszínre, a tüske megszúrja és lizozimmal kioldja a sejtfalból a mureint (mechanikai és enzimes roncsolás, de csak lokálisan!), a fág a nukleinsavat beinjektálja a sejtbe.
- 3.) *Bioszintetikus (eklipszis) fázis:* a baktérium fehérjéi és nukleinsavai degradálódnak, hogy a víruséi fel tudjanak épülni belőle.
- 4.) *Fágérés:* komplett virionok képződnek spontán, több mint 100 egy baktériumban.
- 5.) *Kiszabadulás:* lizozimmal kioldja a sejtfalat, a sejt lizál (felbomlik), a fágok kijutnak.

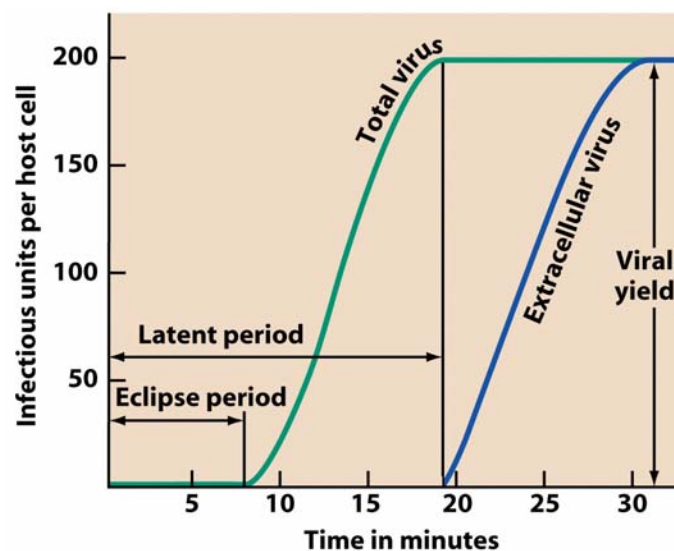


Figure 10-10 Microbiology, 6/e  
© 2005 John Wiley & Sons



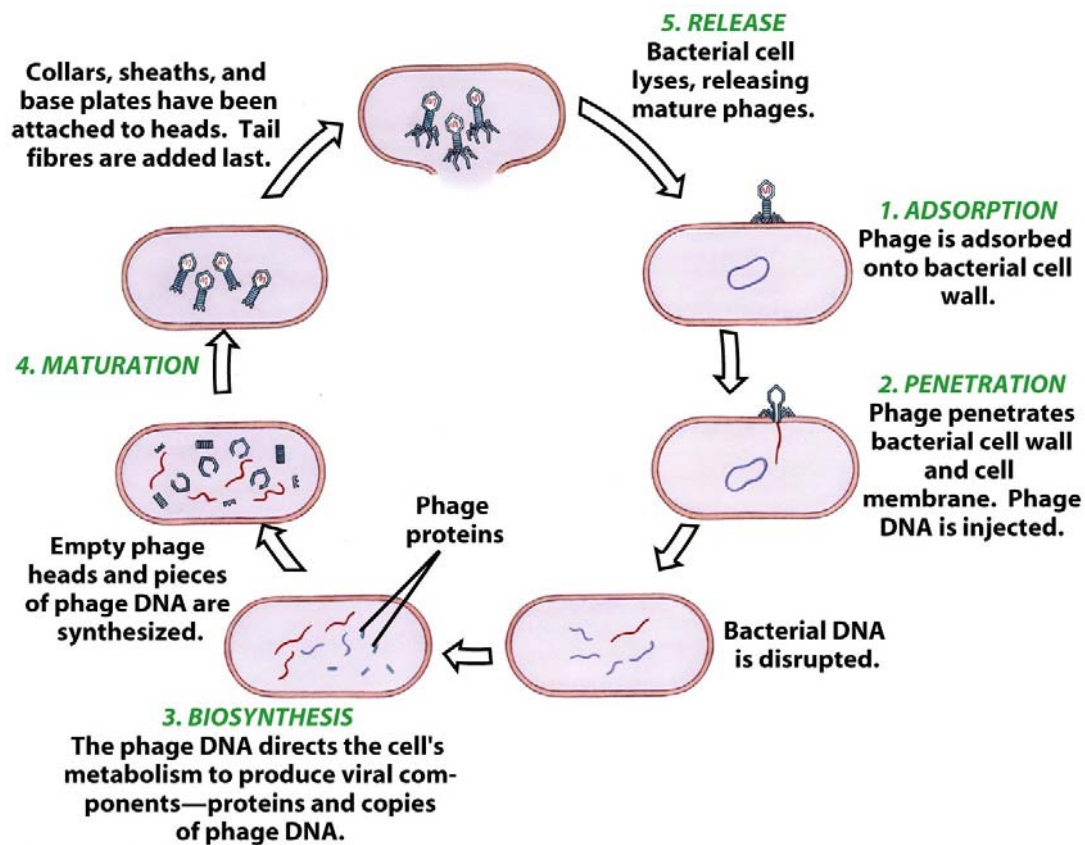


Figure 10-9 Microbiology, 6/e  
© 2005 John Wiley & Sons

### Lizogén ciklus:

Néhány vírus képes rá, a nevük: időzített (temperált) fág. A vírus genom beépül a gazda baktérium genomába profágként → olyan baktérium keletkezik, amely a vírus örökítőanyagot is tartalmazza, és együtt szaporodnak. Spontán vagy mutagén hatásra kivágódhatnak (fágindukció). A skarlátot pl. profágot tartalmazó *Streptococcus* törzsek okozzák.

Plakk assay: a Petri csésze táptalajára baktériumgyepet készítenek, majd fáguszuspenziót oltanak rá → a fágok hamarosan plakkokat hoznak létre (üres terület, ahol a baktériumok elpusztultak). Fágkoncentráció mérése hígítási sor segítségével → PFU (plack forming unit; v.ö. CFU).

### **3. Állati (humán) vírusok szaporodási (fertőzési) típusai. Vírusok laboratóriumi fenntartása. Defektív vírusok, viroidok, prionok.**

#### Állati és humán vírusok szaporodása

Produktív infekció: megfertőződik a gazdasejt és átprogramozódik, viriont termel.

1.) *Adszorpció:* stabil kötődés jön létre a sejtmembrán és a virion között, a membránban van specifikus receptor, a virionon pedig ezzel komplementer tapadási hely található (külső fehérjék).

2.) *Penetráció*: ha van peplomere a vírusnak, az hozzátapad a sejthez, felszakad a peplon és a membrán, a nukleokapszid bejut, a peplon pedig beépül a gazdasejt membránjába (membránfúzió). Ha nincs peplomer, akkor viropexis (tk. endocitózis) játszódik le.

3.) *Dekapszidáció*: a kapszid széttöredezik, az örökítőanyag kiszabadul. (Bakteriofágok lítikus ciklusánál ez a lépés hiányzik! Miért?)

4.) *Bioszintetikus szakasz*: részletesebb bontásban

a) *Transzkripció*: a vírus genomjáról mRNS képződik

Ha kétszálú DNS, az értelmes szálról RNS szintetizálódik.

Ha egyszálú DNS, kiegészül kétszálúvá, majd ua.

Ha +RNS, akkor egyszerű (maga a genom mRNS).

Ha –RNS a szál, akkor kell egy vírusspecifikus RNS-dependens RNS-polimeráz enzim, ami megszintetizálja a templáton a komplementer szálát. A virion belső fehérjéi között van ilyen enzim. (Kétszálú RNS esetén is majdnem ugyanez játszódik le.)

Retrovírusok (speciális eset): +RNS a genom, ezen –DNS, majd kétszálú DNS képződik, erről pedig mRNS készülhet. Az első lépéshez RNS-függő DNS-polimeráz (más néven reverz transzkriptáz) kell.

b) *Korai transláció*: nem épülnek be a virionba ezek a fehérjék, feladatuk: leállítják a sejt anyagcseréjét és átprogramozzák vírusgyártásra.

c) *Replikáció*: megsokszorozódik a vírus örökítőanyaga.

d) *Transzkripció*: ua. mint az a). Csak más mRNS-ek keletkeznek!

e) *Késői fehérjék szintézise*: a d) pontban szintetizálódott mRNS-ekről transláció történik. Ezek a fehérjék már beépülnek a virionba (pl. kapszomerek).

5.) *Érés*: maturáció (a komplett virionok összeépülnek).

6.) *Kiszabadulás*: nem kell, hogy elpusztuljon a sejt, pl. bimbózva is átjuthat a virion a sejtmembránon. A peplomerek a sejtmembránban vannak, bimbózás során veszi fel őket a virion a peplonnal együtt. (A bakteriofág nem tud bimbózni, ezért nincs soha peplonja!) A peplon nélküli vírusok viszont mindig elpusztítják a gazdasejtet kiszabadulásukkor.

Perzisztens infekció: elbújik a vírus a célsejtben, hasonlít a fágok lizogén ciklusára; DNS vírusoknál fordul elő (pl. herpeszvírusok). Később ki tud szakadni és akkor produktív infekcióba megy át a folyamat (erre példa az övsömör, mint a bárányhimlő időskori reaktiválódása). Amíg perzisztál a vírus, addig biztosan nem pusztítja el a gazdasejtet.

Proliferatív infekció: onkogén (daganatkeltő) vírusok esetében fordul elő, beépül a vírus genomja a gazdasejt genomjába, majd provírus formájában osztódik azzal együtt (valójában a provírus kényszeríti a gazdasejtet osztódásra). Kicsit hasonlít ugyan a fágok lizogén ciklusára, de a következmények egészen mások: kóros sejtszaporulat (tumor) képződik a gazdasejtben. A tumor lehet *benignus* = jóindulatú vagy *malignus* = rosszindulatú. A

benignus néhány osztódási ciklus után leáll (pl. szemölcsök), a malignus viszont nem áll le, hanem korlátlanul szaporodik, sőt szóródhat, áttéte(ke)t képezhet. Az onkogén vírus genomja többnyire DNS, kivéve a retrovírusokat. Egyéb RNS-vírusok azért nem lehetnek onkogének, mert az RNS genom nem tud az állati sejt genomjába beépülni.

#### Vírusok fenntartása laboratóriumban

*In vivo / in vitro* egyaránt lehetséges. Régen állatokban, ma inkább hám vagy kötőszöveti sejttípusokban, valamint csirkeembrióban, majomvesében, stb. tartják fenn a vírustörzseket. Permanens sejttípusokban, ami immortalizált (halhatatlan) sejtekből (pl. HeLa sejtvonal cervikális karcinómából) áll, folyamatos átoltásokkal fenntarthatók ill. szaporíthatók a vírusok.

Citopatogén hatásuk (CPE): sejtkárosító hatás, morfológiai átalakulások. Pl. sejtek alakja módosul, sejtmag megnagyobbodik, syncytium képződik (sejtek csoportosan fuzionálódnak), vakuolizáció (fénymikroszkóppal tanulmányozható változások).

Defektív (dependens) vírusok: „*vírusok vírusai*”, csak egy másik vírus által már megfertőzött sejtben tudnak szaporodni, mert az ún. helper vírus is kell nekik. Pl. hepatitis D (defektív) és hepatitis B (helper).

Viroidok: növényi kórokozók, 1 kicsi RNS-ük van, fehérjét nem tartalmaznak, pl. burgonya orsósgumókórja, paradicsom hajtásburjánzása.

Prionok: az ember és emlős állatok központi idegrendszerét támadják meg. SE-kórkép (spongiform encephalopathia = szivacsos agyvelősrövidítés), súrlókór = scrapie (juh), kergemarhakór = BSE (bovine spongiform encephalopathia). Emberekben kuru (a nevető halál) új-guineai kannibáloknál, CJD (Creutzfeldt-Jacob disease) világszerte.

Csak fehérjéből áll a prion, de sugárzásra, kémiai és enzimes kezelésre ellenáll, még a formaldehidre is rezisztens. Nincs örökítőanyaga!

A prionok „szaporodása”: transzmembránfehérje PrP<sup>C</sup> (celluláris prionprotein,  $\alpha$ -hélix) átalakul a másik formába (PrP<sup>Sc</sup>,  $\beta$ -redő). Innentől nem membránfehérje, bekerül a sejt belsejébe, pozitív visszacsatolásos mechanizmus hatására minden PrP<sup>C</sup> átalakul PrP<sup>Sc</sup>-vé. A gazdasejt észreveszi, hogy „elfogyott” az adott membránfehérje, termel belőle sok újat, de azok is mind átalakulnak a kóros formába. Végül elpusztul a sejt, és a kiszabaduló prionok megfertőzik a szomszédos sejteket.

Parabióták: vírusok, viroidok, prionok összefoglaló neve (nem valódi élőlények) → nem sejtes felépítésűek, nincsenek önálló életjelenségeik → obligát sejtparaziták.



#### **4. A baktériumok rendszerezésének alapjai és problémái. A Bergey's Manual története, jelentősége, szekciói ill. törzsei (phylum). A baktériumok négy tagozata (divízió).**

##### Baktériumok rendszerezésének alapjai (fenetikus rendszer)

##### Legfontosabb rendszertani bélyegek:

- morfológia (a sejt alakja, mérete, alkotói),
- elrendeződés (sejtek csoportosulása, pl. láncszerű, fonalas),
- mozgékonyosság (csillók jelenléte, elrendeződése),
- festődés (pl. Gram-színezés),
- telep morfológia (méret, szín, alak; ezek függése fiziológiai tényezőktől),
- táplálkozási igények (C-forrás, stb.),
- abiotikus ökológiai faktorok (milyen hőmérséklet, pH, O<sub>2</sub>, vízakktivitás szinteket kedvel),
- egyéb biokémiai tulajdonságok (enzimek léte vagy hiánya, sejtfa és egyéb alkotók kémiai összetétele),
- szerológiai (immunológiai) tulajdonságok (antitest termelés kiváltása gerincesekben),
- fágok specifikussága (spektrum),
- DNS-bázisösszetétele és/vagy szekvenciája → utóbbi már filogenetikai közelítés.

##### Biokémiai tesztek (metabolikus sajátosságok):

- anaerob és/vagy aerob körülmények között szaporodik-e,
- milyen cukrokat és egyéb szerves anyagokat hasznosít C- és E-forrásként, termelődik-e közben gáz és/vagy sav, egyéb fermentációs termékek,
- zselatin-elfolyósítási próba: akkor, ha erős fehérjebontó (proteolitikus) aktivitása van,
- keményítő-hidrolízis próba (kimutatás jóddal),
- van-e kataláz enzime (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> bontása),
- H<sub>2</sub>S-termelés próba,
- nitrátredukciós próba,
- ureáz-próba: bontja-e karbamidot,
- hemolízis próba: patogének esetén, véres agaron.

típustörzs fogalma: a legjellemzőbb törzse egy adott fajnak, vagy pedig az első alkalommal izolált törzse (pl. *E. coli*nál a K12).

törzsgyűjtemény: fenntartott és tárolt baktériumtörzsek, pl. ATCC (American Type Culture Collection, Manassas, Virginia, USA).

*Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*

1. kiadás: 1923; jelenleg a 9. kiadás a legfrissebb: 1994

*Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*

1. kiadás: 1984-1989, 4 kötet; 2. kiadás: 2001-től, 5 kötetesre tervezik

Problémák a baktériumok rendszerezésében: filogenetika alapján lenne a legjobb a fajok elkülönítése, de ez elvileg nem lehetséges, mert nem ismert. A folyamatban levő Bergey's Systematic kiadás főleg a 16S rRNS gén szekvenciája alapján készül (az evolúció során nagyon konzervált gén, ami azért elegendően hosszú idő alatt mégis képes változni is).

A prokarióták négy tagozata (divíziók): a *Bergey's Systematic* 1. kiadása szerint

*Gracilicutes* (Gram-negatív baktériumok),

*Firmicutes* (Gram-pozitív baktériumok),

*Tenericutes* (merev sejtfa nélküli baktériumok),

*Mendosicutes* (murein nélküli sejtfaallal rendelkező baktériumok = ősbaktériumok).

A *Bergey's Systematic* 1. kiadásának önkényes csoportosítása:

33 szekció morfológiai, biokémiai, sejttani, festődési tulajdonságok alapján (pl. 5. szekció: Fakultatív anaerob, Gram-negatív pálcák; 12. szekció: Gram-pozitív kokkusok; stb.).



A *Bergey's Systematic* 2. kiadásának csoportosítása:

Két domén (ős- és valódi baktériumok), azokon belül összesen 25 phylum („törzs”): AI, AII (Archaea); BI, BII, ..., BXXIII (Bacteria).

## **5. Spirochaeták. Csavarodott, Gram-negatív baktériumok.**

### Spirochaeta-félék

Flexibilisen csavarodott baktériumok; endoflagellumuk (= sejten belüli ostoruk) van a periplazmás térben, a mureinen kívül; az endoflagellumok száma fajonként változó és jellemző. Vízben élnek, többnyire szaprobionták, de vannak köztük állati és humán paraziták is. Nehezen festhető, hosszú és vékony baktériumok, ezért mikroszkópban rosszul láthatóak.

*Treponema*: humán szájüregben normál flóratagként is megtalálható, de a vérbaj (szifilisz) kórokozója is ebbe a nemzetségbe tartozik (*T. pallidum*), anaerob.

*Borrelia*: mikroaerofil, humán és/vagy ízeltlábú paraziták, pl. a *B. burgdorferi* az ún. Lyme-kórt okozza (kullancsok közvetítik).

### Csavarodott, Gram-negatív baktériumok

Merevebb szerkezetük van (spirillum), endoflagellum helyett poláris ostorral rendelkeznek, aerobok vagy mikroaerofilek.

*Campylobacter*: gyomorban és bélben (ember, háziállatok) okozhat gyulladást, ha táplálékkal bejut a szervezetbe.

Helicobacter: a gyomorfalba (a nyálkaréteg alá) befúrja magát, ureáz enzime segítségével „meglúgosítja” a gyomorfalat, többnyire gyomorfekélyt okoz.

Azospirillum: nitrogénfixáló baktérium, laza szimbiózisban él pázsitfűvel, magának és a gazdanövénynek köti meg a nitrogént.

Aquaspirillum: vasoxid szemcséje van zárványként (magnetoszóma), mágneses mezőben tájékozódik, óceánokban él.

Bdellovibrio: más baktériumban élősködik, predátornak is tekinthető parazita. 1 ostora van, amit elveszít, ha bejut a préda baktériumba. Ezután fonalszerűen nő a préda baktérium periplazmás terében, amíg fel nem használja annak szerves anyagait.

## 6. Gram-negatív, aerob pálcák és kokkusok.

Többnyire szigorúan aerobok (végső  $e^-$ -akceptoruk az  $O_2$ ), de van amelyik tud denitrifikálni (anaerob légzés,  $NO_3^-$  a végső  $e^-$ -akceptor) is; van bennük citokróm-c, ami oxidázpróbával kimutatható (p-feniléndiaminnal színreakció). Ipari, környezeti és orvosi szempontból egyaránt igen jelentős, népes és változatos csoport.

Pseudomonas: pálca alakú, 1-2 poláris ostora van. Pigmenteket termelhet, amelyek a táptalajba diffundálnak: a fluoreszcein sárga, a piocianin pedig kék színű; ha mindkettőt termeli, akkor zöld színű. Talajban, felszíni vizekben, ivóvíz hálózatban egyaránt él. Kórházakban lehet veszélyes, mert (többszörös) antibiotikum-rezisztencia alakulhat ki náluk → gyulladáskeltő „kórházi törzsek”. Ha nincs oxigén, denitrifikációra is képes lehet; sokféle szénforráson tud szaporodni, még szénhidrogéneken is (bioremediáció).

Xanthomonas: pálca alakú, karotinszerű (sárga) pigmentet termel, amely nem diffundál → a telep színe lesz csak sárga. Xantán toxinja van (kozmetikai ipar használja fel); talajlakó szaprobionta, de vannak növényi kórokozók is köztük.

Legionella: pálca alakú, nem fermentál, vasat és ciszteint igényel növekedési faktorként, elágazó zsírsavakat termel. Az egyik faja sokszor halálos kimenetelű tüdőgyulladást okoz (*L. pneumophila*): sejtparazita, felszíni vizekben is megtalálható, ahol protozoonokban él; egy veterántalálkozó után tört ki az USA-ban az első nagy járvány (a légkondicionáló terjesztette).

Neisseria: diplococcus, sok tapadási pílusa van, melyekkel a célsejtekhez tapad. A *N. meningitidis* a járványos agyhártyagyulladás, a *N. gonorrhoeae* pedig a gonorrhoea kórokozója.

Azotobacter: pálca alakú, szabadon fixál nitrogént, talajlakó, nagy oxidatív aktivitással rendelkezik („ellentmondás”).

Rhizobium: talajlakó pálca, pillangósvirágúakkal szimbiózisban fixál nitrogént: a növények gyökerén gümőképződést okoz (morfológiai és biokémiai változások: bakteroid forma, leghemoglobin nevű rózsaszínű pigment).

Agrobacterium: növényi kórokozó; ún. Ti plazmidja tumorképződést indukál a növényben → alkalmazás: GMO növények létrehozása.

Acetobacter, Gluconobacter: etanolt ecetsavvá oxidálják → ecetgyártás: bükkfaforgáccsal megtöltenek egy oszlopot, beoltják a baktériummal, és híg etanolt csurgatnak végig rajta. Glicerinnél dihidroxiacetont (kozmetikai ipar), szorbitból pedig szorbózt képesek előállítani. Az Acetobacter akár CO<sub>2</sub>-ig, a Gluconobacter viszont csak ecetsavig oxidál, és mindkettőnek hiányzik a citrát-ciklusa.

Methylomonas: metilotróf: metánt, formaldehidet, metanolt képes C- és E-forrásként felhasználni.

Thermus: hőforrásokban él; enzimeit tisztítva felhasználjuk, pl. az ún. Taq-polimerázt DNS sokszorozáshoz diagnosztikai célokra (PCR, polimeráz láncreakció).

Brucella: coccobacillus; sejtparazita, patás emlősökben él → a brucellózis foglalkozási betegség (súlyos belső szervi gyulladás, gyakran letális kimenetel).

Bordetella: a számarköhögés (pertussis) kórokozója a *B. pertussis* (Di-Per-Te).

## 7. Fakultatív anaerob, Gram-negatív pálcák.

Főleg enterobaktériumok, amelyek zömmel emberi vagy állati tápcsatornában (pl. vastagbélben) élnek, gyakran peritrich elrendezésű ostoraik vannak. Elsősorban orvosi szempontból igen nagy jelentőségű, népes csoport (humán patogének és normál flóratagok), továbbá állati és növényi kórokozók is akadnak köztük jelentős számban. Az enterobaktériumok családjába tartozókon kívül számos egyéb fontos nemzetséget is találhatunk ebben a csoportban.

### Enterobaktériumok családja

Escherichia: az *E. coli* a humán vastagbélben él, az egyik legnagyobb csíraszámú baktérium a székletben; védőszerepe van, nem patogén. Közegészségügyi indikátor, szabvány által megengedett (maximált) csíraszám élelmiszerben és ivóvízben, ugyanis jelenléte fekáliás szennyeződésre utal. Vannak továbbá olyan patogén törzsei, amelyek a tápcsatornában gyulladást okoznak. A laktózt is képes hasznosítani, és a kevertsavas fermentáció jellemző rá. Peritrich csillózáttal rendelkezik.

Salmonella: a kevertsavas fermentáció jellemző rá, de nem hasznosítja a laktózt. Két kórformát okoznak eltérő fajtái (hastífusz és szalmonellózis), amelyek többek között szennyezett vízzel és étellel terjedhetnek.

Shigella: a vérhas (dysentheria) kórokozója; nincsenek csillói, nem fejleszt gázt a glükóz kevertsavas fermentációja közben.

Klebsiella: kis számban bélflóratag, de van egy tüdőgyulladást okozó tagja is (*K. pneumoniae*); butándiolos fermentációra képes.

Erwinia: butándiolos fermentáció jellemzi; az ún. tűzelhalás kórokozója (elsősorban gyümölcsfák, pl. alma-, körtefa betegsége).

Proteus: erős proteolitikus hatás; pleomorf (= alakváltoztató), elvesztheti a sejtfalát (L alak) → peritrich ostoraival rajzásra képes, ezért szinte lehetetlen lemezöntéssel megszámlálni.

Yersinia: coccobacillus; a pestis kórokozója is ide tartozik (*Y. pestis*), bolhacsípéssel terjed patkányról emberre → megduzzadnak a nyirokcsomók (bubópestis); még súlyosabb formája a tüdőpestis.

Serratia: szaprobionta talajlakó; piros színű pigmentje a prodigiosin, ami antibiotikum is egyben, „véres kenyér”.

### Egyéb nemzetségek

Vibrio: egyszerűen hajlított pálcá a tápcsatornában; egy faja kolerát okoz (*V. cholerae*), a többiek főleg vízi szaprobionták.

Photobacterium: tengerekben él, biolumineszkál; tengeri állatokkal él szimbiózisban, továbbá felhasználják ökotoxikológiai tesztekben (MATT).

Haemophilus: csokoládéagaron vagy véres agaron tenyészthető, utóbbin színtelen ( $\beta$ ) hemolízisudvar jelenik meg (az  $\alpha$ -hemolízis udvara zöldessárga, mert a hemoglobin nem bomlik le teljesen ↔ a  $\beta$ -hemolízis udvara színtelen, mert itt teljesen lebomlik a hemoglobin). Az orrüregben is jelen van kis számban; léteznek ugyanakkor tokos törzsei is a *H. influenzae*-nek, amelyek gyermekeknél elsősorban agyhártyagyulladást okozhatnak, de influenzát nem!

## **8. Anaerob, Gram-negatív pálcák. Disszimilációs szulfátredukáló baktériumok. Rickettsia-félék. Mycoplasma-félék.**

### Anaerob, Gram-negatív pálcák

Főleg kérődzők gyomrában gyakoriak, az ottani vegyes mikroflóra (amely pl. a cellulózt is le tudja bontani) fermentatív anyagcseréjű tagjai.

Bacteroides: pálcá alakú, propionsavas fermentáció, a humán bélflóra nagy csíraszámú tagja.

Butyrivibrio: kissé hajlított alakú, vajsavas erjesztés jellemzi.

### Disszimilációs szulfátredukáló baktériumok

Anaerob módon szulfátiont redukálnak (szulfátlégzés): kemoorganotrófok, de van néhány kemolitotróf is közöttük; morfológiailag sokfélék, a kéciklusban fontos szerepük van.

Desulfovibrio: tavi üledékben él, kissé hajlított alakú, Gram-negatív baktérium.

### Rickettsia-félék

Rövid pálcák (max. 1  $\mu\text{m}$ ), Gram-negatívok; többnyire paraziták.

Rickettsia: obligát sejtparazita, csak a gazdasejten belül szaporodik bináris hasadással, ezért táptalajon nem, csak sejtenyészetben tartható fenn. Vannak riboszómái, de meglehetősen primitív sejtfelépítésű. Ember, gerincesek és ízeltlábúak parazitája, pl. a kiütéses tífusz kórokozója a *R. prowazekii* (ruha- és fejtetű terjeszti).

Chlamydia: sejtparazita, kétféle formája van: az elemi test (0,2-0,3  $\mu\text{m}$ ) és a redőzött test (0,5-0,8  $\mu\text{m}$ ); az elemi test mérete hasonló, mint a legnagyobb vírusoké. Az *elemi test* hozzátapad a célsejthez, fagocitózissal bekerül oda, ahol egy vakuólumba jut, és ott átalakul *redőzött testté*: vékonyabb sejtfal, flexibilisebb. Ez a forma nő és osztódással szaporodik; ha már szinte az egész gazdasejtet kitölti a vakuólum, akkor a sok redőzött test visszaalakul elemi testté, és azok kijutnak az elpusztult sejtéből. Az elemi test nem mutat életjelenségeket  $\rightarrow$  tényleg ezek a legprimitívebb baktériumok (mérete és obligát parazita élete miatt sokáig vírusnak tartották). Ide tartozik pl. a trachoma nevű trópusi szembetegség kórokozója (életciklusukat ld. a címlapon).

### Mycoplasma-félék

Nincsen sejtfaluk, viszont szteránvázas vegyületek is vannak a membránjukban  $\rightarrow$  pleomorfizmus.

Mycoplasma: parányi sejtje ( $d \leq 0,5 \mu\text{m}$ ) általában gömbszerű, átmehet a baktériumszűrőn is. Egy irányban növekedve pálca alakot, sőt fonalas struktúrát is felvehet. Kicsi ún. „tükrötőjástelepei” vannak, de csak nehezen tenyésztethető. Reakció szerint Gram-negatív, de evolúciósan inkább Gram-pozitívból származhat (sejtfal elvesztése révén). Tüdőgyulladásos borjúból izolálták először.

## **9. Gram-pozitív kokkusok.**

### Mikrokokkusok

Aerobok vagy fakultatív anaerobok.

Micrococcus: obligát aerob, a bőr normál flórájához is hozzátartozik. Nincs a sejtfalban teichonsav, széles körben elterjedt szaprobia. A sejtek egyesével, kettesével, vagy akár nyolcas csoportokban is elhelyezkedhetnek, sőt gyakran szabálytalan alakzatokban is; méretük 1-3  $\mu\text{m}$  között mozog. Jellegzetesen pigmentáltak a telepeik: sárga, narancssárga, piros vagy rózsaszín is lehet. Nem erjesztenek, a talajban, vizekben illetve a levegőben is megtalálhatóak.

Staphylococcus: fakultatív anaerob, sejtjeik mérete 0,5-1,5  $\mu\text{m}$ , szőlőfürtre emlékeztető alakú nagyobb csoportosulást hoz létre (valójában inkább amorf);  $\beta$ -hemolizál. A *S. aureus* aerob körülmények között aranysárga színű pigmentet termel, innen ered a neve. Gennykeltő baktérium, súlyos lokális gyulladásokat okoz, ráadásul számos antibiotikummal szemben (pl.



penicillin, újabban methicillin) rezisztens. Emberekben és emlősökben kis számban a bőrön, az orr és a garat nyálkahártyáján is él normál flóratagként.

### Sztreptokokkuszok

Anaerob anyagcsere (tejsavas fermentáció) jellemzi, de többségük aerotoleráns, sejtjeik változó hosszúságú láncokba rendeződnek.

Streptococcus: gennykeltő baktérium → súlyos gyulladásokat okozhat, amelyek szóródnak a szervezetben. A *S. pyogenes* többek között a gyermekágyi láz kórokozója,  $\beta$ -hemolizál (skarlatot is okozhat ugyanez a faj, ha megfelelő provírust tartalmaz a genomja). A *S. pneumoniae* tüdőgyulladást okoz: a baktériumok közötti transzformáció felfedezése ezzel a mikrobával történt (Griffith egeres kísérlete);  $\alpha$ -hemolizál. Egyéb fajai a szájüregben élnek és ott poliszacharid tokot képeznek (szacharózból igen, de glükózból és fruktózból nem!) → plakk keletkezik a fog felszínén, ami később megkövesedve fogkővé alakul. Tejsavasban erjesztenek a plakkban, amelybe más savképzők is beköltözhetnek → fogszuvasodást (caries) okozhatnak ezek az ún. orális sztreptokokkuszok.

Enterococcus: bélben él; eredendően nem patogén, közegészségügyi indikátorként is használható. Ugyanakkor bizonyos törzsei alkalmilag patogénné válva pl. húgyúti gyulladásokat okozhatnak.

Lactococcus: jelentős mennyiségű tejsavat termel, ezért a tejiparban pl. joghurt, kefir gyártására használják.

Leuconostoc: ovális sejtek láncszerű elrendezésben; jellegzetes tokanyagából dextránt nyernek ki, ami elválasztástechnikában (gélek) és orvosi gyakorlatban is használatos.

### Peptokokkuszok

Obligát anaerob mikrobák.

Sarcina: szaprobionta talajbaktérium, köbös elrendezés (8 sejt).

## **10. Endospóráképző, Gram-pozitív pálcák és kokkuszok. Szabályos, spóráatlan, Gram-pozitív pálcák.**

### Endospóráképző, Gram-pozitív pálcák és kokkuszok

Az endospóra különleges kémiai szerkezetű, összetételű és tulajdonságú kitartó képlet.

Bacillus: heterotróf anyagcsereje obligát aerob vagy fakultatív anaerob, utóbbi esetben denitrifikálni is képes. Többségük mezofil talajlakó (de termofilek is akadnak). Viszonylag kicsi ovális spórái többnyire nem változtatják meg a sejt alakját; morfológiai jellemző, hogy hol spórázik. Néhány faj antibiotikumot termel (pl. bacitracin, polimixin); alapvetően szaprobionta, így humán kórképet ritkán okoz, de kivétel ez alól a *B. anthracis* (a lépfene kórokozója). További jelentősége az ipari szintű enzimtermelésben (pl. lúgos proteázok

mosószerekhez) és a biológiai szúnyogirtásban (a *B. thuringiensis* kristályos fehérjéje a szúnyoglárvák bélhámsejtjeit elpusztítja) van.

*Clostridium*: többségük obligát anaerob; a képződő spóra deformálja a sejtet (pl. dobverő alak); van közöttük talaj- és tápcsatornalakó is. A *C. botulinum* a botulizmus (kolbászmérgezés) kórokozója → nem tud összehúzódni a harántcsíkolt izom a baktérium által termelt idegméreg (valódi toxin) hatására; a betegség ún. ételmérgezés, mert nem képes a szervezetben szaporodni a mikroba. A *C. tetani* lóbelben él természetes módon, és a lótrágyával kerül a földre a spóra, ahol sokáig elvehető. Földdel szennyezett sérülésnél léphet fel a tetanusz: a baktérium egy olyan idegmérget termel, ami merevgörcsöt okoz (nem tud elernyedni az összehúzódt harántcsíkolt izom). Oltás ellene inaktivált toxinnal történik (Di-Per-Te). A *C. perfringens* gázgangrénát (más néven sercegő üszkösödést) okoz: a humán bélflóra tagja, ahol nincs is vele probléma, de ha átjut egyéb szövetekbe, a kórkép felléphet.

*Sporosarcina*: köbösen elrendeződő kokkusz, talajban élő szaprobionta.

#### Szabályos, spórátlan, Gram-pozitív pálcák

*Lactobacillus*: bár nincsen kataláza, Mn-tartalmú pszeudokataláza révén jól tűri az oxigént (aerotoleráns anaerob, tejsavas erjedés). Szabályos pálca, acidofil; normál flóratagként védőszerepet tölt be bőrön, bélben, hüvelyben (Döderlein-pálcának is nevezik). Tej- és savanyítóipari alkalmazása is jelentős.

*Listeria*: ritkán okoz betegséget, de gyenge immunrendszerűeknél agyhártyagyulladás felléphet, ill. magzatkárosító (teratogén) hatása is van. Pszikrotoleráns (hidegtűrő): hűtőszekrényben is elszaporodhat élelmiszerekben.

### **11. Szabálytalan, spórátlan, Gram-pozitív pálcák. Mikobaktériumok.**

#### **Nokardia-félék.**

#### Szabálytalan, spórátlan, Gram-pozitív pálcák

*Corynebacterium*: szabálytalan pálca, endospórákat nem képez. A sejt az egyik végén megvastagodott lehet (polifoszfát szemcsék), sejtfala mikolsavat tartalmaz. Az osztódások tökéletlensége miatt néhány sejt átmenetileg együtt maradva formázhat V, Y, L, T alakokat is → e szabálytalan alakokat korineform baktériumok néven szokás összefoglalni. A *C. diphtheriae* a torokgyík kórokozója, ami ellen van védőoltás (Di-Per-Te).

*Propionibacterium*: anaerob anyagcseréjű (propionsavas fermentáció), pleomorf baktérium; sajtgyártásban használják (pl. Pannónia-sajt).

*Actinomyces*: fonalas szerveződés (hifa = 1 fonal, micélium = hifaköteg); a sejtek közötti szeptum vagy hiányzik vagy porózus (átjárás, kommunikáció a sejtek között). Többségük talajlakó, de csak ún. szubsztrátmicéliumuk van; régebben gombának tekintették őket („sugárgomba”).

### Mikobaktériumok

Mycobacterium: „saválló” baktérium → külön festési eljárás (fuchsin: piros), amely savas-alkoholos hevítésnek is ellenáll. Sok lipid (mikolsav és származékai) van a sejtfalban, részlegesen fonalas, ún. „lófarok”-struktúra. Nagyon lassan szaporodik (1-2 nap a generációs idő) → a kórokozók esetében lassan fejlődik ki a betegség. A *M. tuberculosis* a TBC leggyakoribb kórokozója (védőoltás ellene a BCG: legyengített törzs), de a lepra kórokozója is ebbe a nemzetségbe tartozik.

### Nokardia-félék

Nocardia: fonalas baktérium aerob anyagcserével. Nemcsak szubsztrát-, hanem ún. légmicéliuma is van, azokon pedig konídium (fonalvégről lefűződő szaporítóképlet) képződik. Gram-pozitívnak tartják, de a sejtfalat a mikolsavak miatt a kristályibolya gyengén színezi, és inkább a saválló eljárással festhető. Szerves anyagokat nagy aktivitással (még szénhidrogéneket is) képes lebontani → szennyezések eltávolítására is fel lehet használni. Tüdőgyulladást okozó fajai is vannak.

## **12. Anaerob fototróf baktériumok. Aerob fotoszintetizáló baktériumok.**

### **Aerob kemolitotróf baktériumok.**

#### Anaerob fototróf baktériumok

Tengerekben élnek, van klorofilljuk, de nem a vizet fotolizálják. Valamennyien fotoszintetizálnak, mégis vannak köztük heterotrófok is.

Chromatium: bíbor kénbaktérium, van karotenoid pigmentje is; fotoautotróf: H<sub>2</sub>S az elektrondonor, a sejt belsejében a képződő elemi kén zárványt képez.

Rhodospirillum: bíbor nemkénbaktérium, spirális alak; kész szerves anyagokat (pl. alkoholok, aldehidek) hasznosít elektrondonorként (fotoheterotróf).

Chlorobium: zöld kénbaktérium, nincs karotenoid típusú pigmentje; fotoautotróf: H<sub>2</sub>S az elektrondonor, de sejten kívülre kiválasztja a képződő elemi ként. Belső membránstruktúrákban (kloroszóma, chlorobium vezikulum) történik a fotoszintézis.

Chloroflexus: zöld nemkénbaktérium, fonalas fotoheterotróf.

#### Aerob fotoszintetizáló baktériumok

Ide tartoznak a cianobaktériumok (régi nevük kékeszöld algák v. kékmoszatok). Mikroaerofilek, őseik az első oxigéntermelők voltak a Földön. Morfológiailag változatosak lehetnek, sokuk fonalas, de vannak egysejtűek is; a klorofill-a a fotoszintetikus pigmentjük, de mellette egyéb pigmentjeik (pl. fikobilin: kék szín) is lehetnek. Tavak felszínén túlzottan elszaporodva ún. „vízvirágzást”, annak következtében pedig eutrofizációt okozhatnak (amit

főként a magas N- és P-tartalmú háztartási és ipari szennyvizek segítenek elő). Humán bőrgyulladás is felléphet fürdőzőknél, elsősorban érzékeny bőrűeknél és vízvirágzáskor.

Anabaena: tavakban él, fonalas, bakterioklorofillje és fikobilin pigmentje is van (kékeszöld szín). CO<sub>2</sub>-ot fixál, és nitrogénáza is van („kettős autotrófia”); ha N<sub>2</sub>-t fixál, akkor a fonalak differenciálódva átalakulnak: a N<sub>2</sub>-fixáló sejtek fala megvastagszik, O<sub>2</sub>-t ők nem termelnek (nevük heterociszta). Kettős autotrófiájuk miatt gyakran élnek szimbiózisban (zuzmók).

Prochloron: a legfejlettebb cianobaktérium; kétféle fotorendszer (klorofill-a és -b is!).

#### Aerob kemolitotróf baktériumok

Szervetlen vegyületek aerob oxidálása révén ATP-t és redukált koenzimeket állítanak elő, amit CO<sub>2</sub> fixálására is fordítanak. Nagy szubsztrátigénnyel rendelkeznek → sok metabolitot termelnek → a környezetet jelentősen átalakítják. Ide tartoznak pl. az ún. nitrifikáló baktériumok, melyek főleg talajban, kisebb részben vizekben élnek, sejtjeiknek kiterjedt belső membránrendszerük van.

Nitrosomonas: az ammóniát nitríté oxidálja (a nitrifikáció első szakasza).

Nitrobacter: a nitritet nitráttá oxidálja (a nitrifikáció második szakasza).

Thiobacillus: ún. színtelen kénbaktérium, H<sub>2</sub>S-ből elemi kénen keresztül SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-t állít elő. Erős oxidatív és savanyító hatása van a talajokban, bányászatban is használják.

Siderococcus: kétértékű vas- és mangániont oxidál háromértékűvé, alapvetően talajlakó, de vízvezetékekben is megtapadhat.

Hydrogenobacter: ún. „durranógáz”-baktérium, a talajban él, ahol H<sub>2</sub>-t oxidál.

### **13. Sarjadzó és/vagy független baktériumok. Hüvelyes baktériumok. Csúszva mozgó, termőtest nélküli baktériumok. Csúszva mozgó, termőtestet képező baktériumok.**

#### Sarjadzó és/vagy független baktériumok

Különleges formájúak, zömmel vízi szaprobionták.

Blastobacter: sarjadzással szaporodik, az élesztőgombákhoz hasonlóan.

Caulobacter: független, tömör független segítségével kitapadhat szilárd felületekre. Aszimmetrikusan osztódik (az egyik utód ostoros, a másik független): a független kitapadva marad, az ostoros pedig elúszhat vagy független növesztve helyben letapadhat. Ún. rozettákat is képezhet.

Hyphomicrobium: független és sarjadzó is egyben, ui. olyan függetlenekkel rendelkezik (proszteka), amit citoplazma tölt ki. A független másik végén képződik a sarjsejt, ami ostorral születik (ezért rajzósejtnek is nevezik), de gyorsan függetlenet is növeszthet, ha megfelelőek hozzá a körülmények.

### Hüvelyes baktériumok

El nem ágazó fonalakat alkotnak, amelyeket vastag, csőszerű, poliszacharid-glükoprotein (esetleg részben fémoxid) hüvely burkol körbe. Vízben és szennyvizekben élnek, szilárd felszínhez tudnak kapcsolódni hüvelyük segítségével (pl. vizek alján rozsdabarna bevonatot képezhetnek).

Leptothrix: a vas (vagy mangán) oxidációjából szerzi az energiát (kemolitotróf), hüvelyét részben vas- és mangán-oxid alkotja.

### Csúszva mozgó, termőtest nélküli baktériumok

Gram-negatív, mineralizáló talajbaktériumok, szaprobiontaként sok mindent lebontanak (pl. cellulóz, pektin, kitin). Mozgásuk felületaktív anyagok kibocsátásával történik, amin gyors csúszásra képesek.

Cytophaga: kemoorganotróf; szaprobionta, mineralizáló baktérium, de más talajbaktériumok ragadozójává is válhat.

Beggiatoa: mixotróf → a fenti anyagcseretípus mellett kemolitotróf is lehet: ekkor H<sub>2</sub>S oxidációjából állít elő ATP-t.

### Csúszva mozgó, termőtestet képező baktériumok (nyálkabaktériumok)

Myxococcus: csúszva mozognak sejtjei (sőt termőtestje is), az előző csoport tagjaihoz hasonlóan. Ha elfogy a táplálék, a sejtek aggregálódnak, részleges differenciálódás játszódik le: pigmentált (sárga vagy piros) termőtestet képeznek, abban pedig ún. mixospórák (kitartó képlet) keletkeznek. A szaprobionták mellett sok parazita is van köztük, sőt ezek ragadozóinak is tekinthetők (toxikus anyagokkal elpusztítanak más mikroorganizmusokat, amelyeket elfogyasztanak utána).

## **14. Ősbaktériumok. Actinomycetes (fonalas baktériumok).**

### Ősbaktériumok

Jellegzetes sejtmembrán és sejtfal (pszeudomurein) típusok, valamint genomszerveződés (hisztionszerű proteinek) jellemzi őket. Extrém élőhelyeken élnek, többnyire anaerobok, gyakran autotrófok. Az alábbi 5 nagy csoportjuk van.

1. Metanogén ősbaktériumok (pl. *Methanobacterium*): anaerobok, CO<sub>2</sub>-ból CH<sub>4</sub>-t fejlesztenek; autotrófok (a CO<sub>2</sub>-ot fixálni is tudják ún. fordított v. redukív citrát-ciklus révén). Mocsarak mélyén földgázt termelnek; szennyvizekben, kórözdők tápcsatornájában mindig megtalálhatóak, de humán tápcsatornában is előfordulhatnak.

2. Szulfátredukáló ősbaktériumok (pl. *Archaeoglobus*): vizek kéntartalmú üledékében élnek, anaerob légzés jellemző rájuk: hidrogént vagy kismolekulájú szerves vegyületeket oxidálnak szulfát, szulfit vagy tioszulfát segítségével.

3. Halofil ősbaktériumok (pl. *Halobacterium*): 10-30 w%-os sóoldatban élnek (pl. Holt-tenger, sós tavak, sóbepárlók). Piros pigmentjük van (bakteriorodopszin), ami fény hatására protonpumpaként működik, és ezáltal ATP-t termel. Csak részlegesen fototrófok, inkább kemotrófok (mixotróf), és feltétlenül heterotrófok!

4. Sejtfal nélküli ősbaktériumok (pl. *Thermoplasma*): anaerob kemoorganotrófok, termofilek (optimumuk 50-60°C), egy ostoruk és parányi genomjuk van. Lipopoliszacharidok alkotják sejtmembránjukat, amelyek hidrofób részei között éteres kötések találhatók (kovalens kötés a két réteg között!); tőzegesedő földrétegekben, szénbányák meddőhányójában található meg.

5. Termoacidofil ősbaktériumok (pl. *Thermococcus*): 70-80°C környékén van többnyire a hőmérsékleti optimumuk, de egyeseknél ez 100-120°C is lehet. Savas, kénzős hőforrásokban és környezetükben vagy tengerfenéki vulkanikus tevékenységű helyeken élnek. Sokuk anaerob, elemi hidrogén és kén hasznosítására képesek, és autotrófok is lehetnek. Néhányan az elemi ként  $\text{SO}_4^{2-}$ -t is oxidálhatják  $\text{O}_2$  jelenlétében. Az autotrófok között szimbionták is vannak, amelyek pl. hengeresférgeket vagy puhatestűeket látnak el szerves anyagokkal.

### Actinomycetes

„Sugárgombák”, de mai fogalmaink szerint olyan Gram-pozitív baktériumok, amelyeknek fonalasan (hifa) nőnek a sejtjei. A hifaköteget micéliumnak nevezzük. Szubsztrátmicéliumuk mindig van, de lehet légmicéliumuk is. A szubsztrátmicélium táplálkozik: aerob, kemoheterotróf anyagcsere jellemzi. A légmicélium nem táplálkozik, viszont itt a fonalak végéről egyesével a sejtek lefűződhetnek, és így exospórák (konídiumok) képződnek (inkább szaporító, mint kitartó képletek). A másik lehetőségük szaporítóképletek létrehozására az ún. sporangiumok: a hifa végén zsákocskák, bennük képződnek az ún. sporangiospórák.

Frankia: nincs légmicéliuma, a szubsztrátmicélium végén képződik a sporangium.  $\text{N}_2$ -fixáló baktérium, szimbiózisban sokféle zárvatermő növényvel (gümőképzés).

Micromonospora: antibiotikumot (pl. gentamicin) termel, amit ipari méretek között is gyártanak vele, nincs légmicéliuma.

Streptomyces: elnevezését a streptos (= lánc) szóból kapta; légmicéliuma is van, a hifavégekről a jellegzetesen pigmentált konídiumok láncszerűen fűződnek le. Az ipari antibiotikumtermelés közel 70%-át ezek segítségével állítják elő (pl. sztreptomycin, nisztatin, klóramfenikol, tetraciklinek), ill. számos félszintetikus antibiotikum vázát is elkészítik. Talajlakók, óriási szerepük van néhány természetes szerves polimer (pektin, kitin, keratin) lebontásában.

Thermoactinomyces: silókban található meg; allergiás megbetegedést, tüdőgyulladást („farmer tüdő”) okozhat. Kiterjedt légmicéliuma van, de a szubsztrátmicéliumokban is képződhetnek spórák, még hozzá a sejt belsejében (valódi endospóra!). Szaporodási optimuma 60°C körül van.



## 15. A protiszták jelentősége és osztályozása. Algák.

### Protiszták

A protiszták valódi eukarióták, a planktonok fontos alkotói; a legnagyobbak sejtjeinek mérete mm-es (!) nagyságrendű is lehet, de tipikusan inkább csak néhányszor 10 µm-esek. A szervesanyag körforgásában jelentősek, hiszen egyaránt találhatók közöttük autotrófok (tengeri és édesvízi szervesanyagtermelők), heterotrófok (többnyire szaprobionták), illetve táplálék szervezetekként valamennyi csoportjuk jelentős. Vannak köztük paraziták (pl. malária, álomkór), toxintermelők, továbbá vízvirágzást (ebben az esetben valódi algák általi eutrofizáció) okozó élőlények is. A kova- és mészvázás protiszták segítségével geológiai kormeghatározást lehet végezni.

Osztályozásuk (aszerint, hogy milyen magasabb rendű élőlényre hasonlít)

- növényi jellegű (alga): vizekben él, egy- v. többsejtű, CO<sub>2</sub>-ot fixál, autotróf, sejtfala van általában (váza gyakran cellulóz, de más is lehet).
- állati jellegű (protozoon): heterotróf, egysejtű, nincs sejtfala, vizekben él, többségük nagy lebontó aktivitású szaprobionta (de akad néhány parazita is!).
- gomba jellegű: nyálkagomba illetve álgomba (egyres tulajdonságai a gombákra, mások pedig a protozoonokra vagy az algákra emlékeztetnek).

### Algák

Sejtfaluk többnyire cellulózból áll (esetleg másból vagy hiányzik). Egysejtű vagy többsejtű (fonalas vagy telepes) egyaránt lehet. Csoportosításuknál további fontos szempontok a sejtben raktározott tartalék tápanyag kémiai összetétele (keményítő, fruktozán, laminarin, stb.), valamint fotoszintetikus és egyéb pigmentjei (klorofill-a, -b, -c; karotin, xantofill, fikobilin, stb.).

Zöldmoszatok: fonalas többsejtű vagy egysejtű, tengerben vagy édesvizekben (sőt talajban is) él, igénytelen autotróf. Klorofill mellett más pigment csak kis mértékben fordul elő, sejtfala pedig zömmel cellulóz. Gombákkal szimbiózisra léphetnek a talajlakó zöldalgák → zuzmók.

Euglena-félék: zöldszemes ostoros; édesvízi egysejtű, ostora van és stigmája (fényérzékelő folt). Sejtfala nincs, pelliculum (= vastag külső membrán) biztosítja szivarszerű alakját.

Sárgás moszatok: a klorofill mellett fukoxantin (barna) és karotin pigmentje is vannak, egysejtű. Sejtfala a cellulóz mellett szilikátot és meszet tartalmazhat. Az ún. kovamoszatok v. diatómák sejtfala két, egymásba illeszkedő héjat alkot, amelyek kristályos szilikátot tartalmaznak nagy mennyiségben. Tengeri üledékekből kinyerhető maradványuk a kovaföld: derítésre, szűrésre használható.

Barnamoszatok, vörösmoszatok: tengerekben élnek, soksejtű telepeket alkotnak, amelyeken levél-, gyökér- és szárszerű képződmények különböztethetők meg, A telepek 100-200

méteresre is megnőhetnek (tengeri hínárok). Jellegzetes pigmentjeik a fukoxantin (barna) és a fikobilin (vörös). Sejtfaluk főleg cellulóz, de a vörösmoszatokban emellett mész, xilánok és galaktánok (pl. agar, karragén) is előfordulnak.

Dinoflagellata-félék: ostoros egysejtű, sejtfa cellulózzal vagy hiányzik, néhány faj édesvízben, a legtöbb pedig tengervízben él, toxint termelhet. Vízvirágzás (ún. „vörös dagály”) és olyankor halak és puhatestűek tömeges pusztulásának okozója → humán toxikózis veszély! Néhány tengeri faj lumineszkál is; egyesek tengeri állatokkal (pl. korallal) szimbiózisra is léphetnek.

## 16. Protozoonok, nyálkagombák, algagombák.

### Protozoonok

„Állati jellegű”, egysejtű protiszták, vízben élnek. Fontos szerepük van a szerves anyagok lebontásában és a táplálékláncban. Többnyire fagotrófok (nincs sejtfa!): szerves anyagokat, baktériumtörmelékkel esznek, de kilitrófok is előfordulnak a szaprobionták között, sőt parazita protozoonok is léteznek. Trofozoita: vegetatív táplálkozás, haploid, ivartalan szaporodás (mitózisos ciklusok) jellemzik. Számos protozoon kedvezőtlen körülmények között kitartó képletet (ciszta) képez. Encisztációnak nevezzük a ciszta képződésének folyamatát, fordítottja a ciszta kicsírázása pedig az ún. excisztáció. A ciszták hőhatásra viszonylag érzékenyek (a forralás megöli őket), de a fertőtlenítést jól bírják. Bizonyos protozoonok ivaros szaporodásra is képesek, e folyamat neve szüngámia (ami lehet izogámia vagy anizogámia). Izogámia: két azonos méretű és morfológiájú haploid sejt (gaméta) olvad össze, ebből átmenetileg egy diploid zigóta lesz, amely meiózissal gyorsan be is fejezi az ivaros folyamatot, a diploid állapot nem rögzül. Anizogámia: morfológiailag két különböző sejt, a mikro- („fű”) és makrogaméta („lány”) olvad össze. A diploid zigóta egy különleges kitartó képletté alakul át, melynek neve oociszta. Ebből kedvező körülmények között meiózissal sporozoiták keletkeznek, amelyek haploid vegetatív sejtek (hasonlóan a trofozoitákhoz, de morfológiai különbségek vannak!).

4 legfontosabb osztályuk: ostorosok, amőbák, spórák, csillósok.

### Mastigophora (ostorosok)

Az ostorok hosszúak, megszámlálhatóak, számuk és elhelyezkedésük rendszertani bélyeg, azaz nem borítják be a sejt teljes felszínét. Az ostorok a mozgás szervei, másik funkciójuk pedig a fagotróf táplálkozás elősegítése. Gyakran képeznek cisztát az ostorosok, és csak ivartalanul szaporodnak. Néhány parazita is akad köztük. Utóbbira példa a *Giardia* nevű ősi ostoros: körte alakú sejtjének 4 pár ostora van, benne pedig két ekvivalens haploid sejtmag. Kórokozása tapadókorongja révén történik, amivel a tápcsatornához tapad, és ezáltal felszívódási zavarokat okozhat.

### Sarcodina (amőbák)

Állába (pseudopodium) van, amellyel táplálkozik és mozog is. Szaporodása csak ivartalanul történik, cisztaképzése pedig gyakori. Egyes tengerekben élő fajainak meszes héjuk alakul ki (nem sejtfal!) → geológiai kutatásokhoz használható fosszília. Paraziták is találhatók közöttük, pl. az *Entamoeba* nemzetségbe tartozik az ún. amőbás vérhas kórokozója.

### Apicomplexa (spórások)

A legfejlettebb protozoon: ivaros szaporodása anizogámia. Kilotróf táplálkozás jellemzi, nincs mozgásszerve, többnyire parazita. Az ivaros szaporodás gyakran más gazdaszervezetben megy végbe, mint az ivartalan (végső gazda ↔ köztes gazda). A *Plasmodium* nemzetségben találhatók a malária kórokozói: változatos életsiklus, a szúnyog nyálmirigyében oocisztát képez, az embert csípésével fertőzi. (Tehát az ember a köztes gazda, a szúnyog pedig a végső gazda.) A vegetatív alakok a máj- és a vörösvérsejteket támadják meg, azokban szaporodnak. A vörösvérsejtek nagy számban ciklikusan pusztulnak el, mert szinkron folyamat a protozoon fejlődése → ezért a beteg testhőmérséklete is ciklikusan ingadozik (váltóláz).

### Ciliophora (csillósok)

Külön fejlődési ág a protozoonok között, ezek differenciálódtak a leginkább. Sok rövid csilló található az egész sejtfelszínen, fagotróf táplálkozású. Citosztóma a „szájnyílás” neve: környezetében hosszabbak a csillók; a citopig pedig a „végbélnyílás”: exocitózissal üríti itt ki a maradékot. Ivaros szaporodása izogámia, rövid a diploid állapot, és nem képez oocisztát, de ivartalan formái cisztává alakulhatnak. Kétmagvúak: a mikronukleusz az ivaros szaporodást irányítja, a makronukleusz pedig az összes többi életfolyamatot. Ide tartozik pl. a *Paramecium* (papucsállatka).

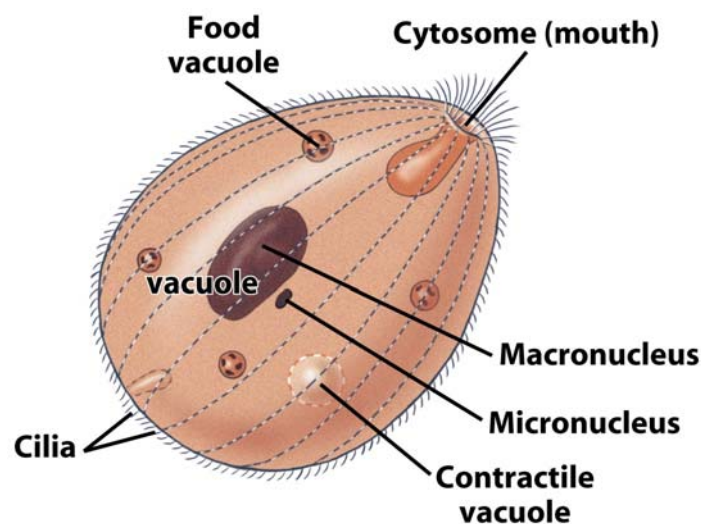


Figure 22-20b Microbiology, 6/e  
© 2005 John Wiley & Sons

### Nyálkagombák

Átmenetet képeznek a protozoonok (amőboid forma) és a gombák (spóraképzés) között. Haploid és diploid fázis is megfigyelhető életsiklusuk során, valamint szabad szemmel látható képződményeket is létrehozhatnak, amelyekben a sejtmagok általában diploidok.

Táplálkozásuk fagotróf (amőbaszerű) vagy kilotróf (gombaszerű) is lehet. Két típusuk van: az ún. *plazmódiumos* és az ún. *sejtes* nyálkagombák.

Plazmódiumos nyálkagombák (pl. *Physarum*): a plazmódium hatalmas amőbára emlékeztető, sokmagvú (mindegyik diploid) citoplazma tömeg, amőboid mozgással és táplálkozással. Sárga vagy piros pigmentáltsága miatt is jól látható. A tápanyagok elfogyása vagy kiszáradás esetén a plazmódiumból nyélen ülő *termőtestek* képződnek, abban pedig meiózissal haploid *spórák* (kítartó képlet cellulóz sejtfallal). Nedves körülmények között a spórák kicsíráznak, amelyek egyik fele hímivarú *ostoros rajzósejt*, másik fele pedig amőboid mozgású, nőivarú *mixamőba*. A két gaméta fuzionálva diploid zigótát eredményez, amelyből a sejtmagok egymást követő többszöri szinkron osztódásaival jönnek újra létre a plazmódiumok.

Sejtes nyálkagombák (pl. *Dictyostelium*): a fentihez hasonló életsiklus három jelentős különbséggel. 1.) Kedvező körülmények között a mixamőbák ivartalan módon szaporodnak, sejtfalukat nem vesztik el, tartós marad az egysejtűforma. 2.) Csak ha kevés táplálék van, akkor kezdenek a mixamőbák aggregátumot képezni, amiben a sejtek részben önállóak maradnak, mert nem fuzionálnak össze citoplazmaik. Ez az amőboid mozgású és táplálkozású képződmény az ún. *pszeudoplazmódium*. 3.) Utóbbiban a termőtest képződése és a spórák képződése végig haploid állapotban, ivartalanul is be tud következni. Ugyanakkor a sejtes nyálkagombák ivaros folyamatai is ismeretesek (fontos modellorganizmusok ennek tanulmányozásában), de azok meglehetősen bonyolultak.

### Álgombák

Heterotróf táplálkozásúak, szaporodásuk vízhez kötött, cellulóz + glükán a sejtfaluk (ha van), fényérzékelésre is képesek (köztes állapot algák, protozoonok és gombák között). Szaprobionták vagy paraziták lehetnek. Legfontosabb csoportjukat az ún. *petespóras gombák* (Oomycota) alkotják. Utóbbiak életsiklusuk nagy részét diploid állapotban töltik, de ivaros úton haploid rajzósejteket képeznek, melyek ostorral mozognak a vizekben. Gyakran növényi kórokozók: ide tartoznak pl. a peronoszpóra (szőlő) és a burgonyavész kórokozói.

## **17. A valódi gombák általános jellemzése, elkülönítésük más élőlényektől.**

### A gombák általános tulajdonságai

- Sejtfelépítés: a sejtfal főleg kitinből áll, szteránvázas vegyületük a membránban az ergoszterin, a mitokondrium krisztái lemezesek; a mitózis zárt formában játszódik le: a sejtmag megnyúlik (anafázis), kettéosztódik (telofázis), de a maghártya ezen folyamatok alatt nem bomlik le.
- Biokémia, táplálkozás: kemoorganotrófok, aerobok (az élesztők is obligát aerobok, mert az ergoszterin szintéziséhez kell oxigén), de kis O<sub>2</sub> jelenlét mellett már jól szaporodnak;

ha fermentatív az anyagcsere, akkor az alkoholos erjesztés jellemző. Lys-t szintetizálnak AAA-ból (=  $\alpha$ -amino-adipinsav)  $\leftrightarrow$  a növény és az állat DAP-ból (= diaminopimelinsav) készít Lys-t (vagy sehogy!). Kilotróf táplálkozás jellemző valamennyi gombára.

- Ökológia: többségük szaprobionta (elhalt növényi és állati szerves anyagokat bont le), sok olyan szerves makromolekula van, amit szinte v. kizárólag csak gombák hasznosítanak (cellulóz, hemicellulóz, lignin, keratin). Vannak paraziták is  $\rightarrow$  mikózis = gombák által okozott (invazív!) megbetegedés, pl. dermatomikózis = bőrgombásodás. Szimbionta kapcsolatok: zuzmó = gomba + zöldalga (vagy cianobaktérium), mikorrhiza = gomba + növényi gyökér.
- Szerveződés: egysejtű (élesztő) vagy fonalas lehet; a fonal neve *hifa*, ezek kötege pedig a *micélium*: két típusa a légmicélium és a szubsztrátmicélium. Thallus = telep (szubsztrát- + légmicélium együtt). A penészgombák telepei szabad szemmel látható légmicélium-szövedéket alkotnak, a legfejlettebb „nagygombák” pedig termőtestet (álszövetes képződmény) is képeznek. A hifa sejtjeit szeptum választja el, de az általában pórusos, így anyagáram lehetséges a sejtek között. Sokszor kétmagvú (dikarion) sejtek vannak a hifában. Ún. *pseudohifa* is előfordulhat: ezekben osztódásuk után láncszerűen együtt maradnak ugyan a sejtek, de *teljesen* (!) különállóak (élesztőgombáknál ismeretes forma). *Dimorfizmus* (kétalakúság): a külső körülményektől függően ugyanaz a faj megjelenhet egysejtű v. fonalas formában is. Ökológiai relációjuk is változhat ilyenkor: pl. amikor egy szaprobionta, élesztőszerű talajlakó gomba invazív hifát képezve növényparazitává válik.
- Ivartalan szaporodás: élesztőgombák esetén a mitózisos ciklus főleg sarjadást (esetleg hasadást) eredményez, míg a fonalások esetén a sejtek osztódási ciklusai révén a hifa hosszabbodik ill. elágazik. Konídium: a fonal végén képződő, inkább szaporító mint kitartó képlet (morfológiája, színe és képződési módja egyaránt változatos). A csak ivartalanul szaporodó gombákat *imperfekt*nek nevezzük.
- Ivaros szaporodás: az ún. *perfekt* gombák ivaros folyamata 3 fő lépésből áll (plazmogámia, kariogámia, meiózis), ld. alább. Az élelciklus típusokat aszerint különböztetjük meg, hogy ezek a folyamatok hogyan váltakoznak az ivartalan szaporodással. Az élelciklus típusa egyúttal a gombák rendszerezésének, tagozatokra osztásának is az alapját képezi. A gombafajok (vagy -törzsek) lehetnek ún. homo- vagy heterothalliasok. Előbbi esetben az ivaros folyamatok egy telepen belül lejátszódnak, míg utóbbi esetben külön telepeket alkotnak a hím- és a női ivarú fonalak, és ivaros szaporodás csak találkozásukkor lehetséges. *Plazmogámia*: két haploid sejt (gaméta) összeolvad, amelynek eredménye 1 sejtben két haploid sejtmag (dikarion, áldiploid állapot). Ivartalanul szaporodva a dikarion állapot rögzülhet. *Kariogámia*: bekövetkezik a dikarion sejtben a haploid sejtmagok fúziója, és ezáltal valódi diploid sejt keletkezik, ez az állapot is rögzülhet ivartalan szaporodással. *Meiózis*: a diploid zigótából „ivaros” haploid spórák keletkeznek így, amelyek kitartó képletként funkcionálnak. Kicsírázás után vagy rögzül a haploid állapot, vagy pedig plazmogámia következik be.

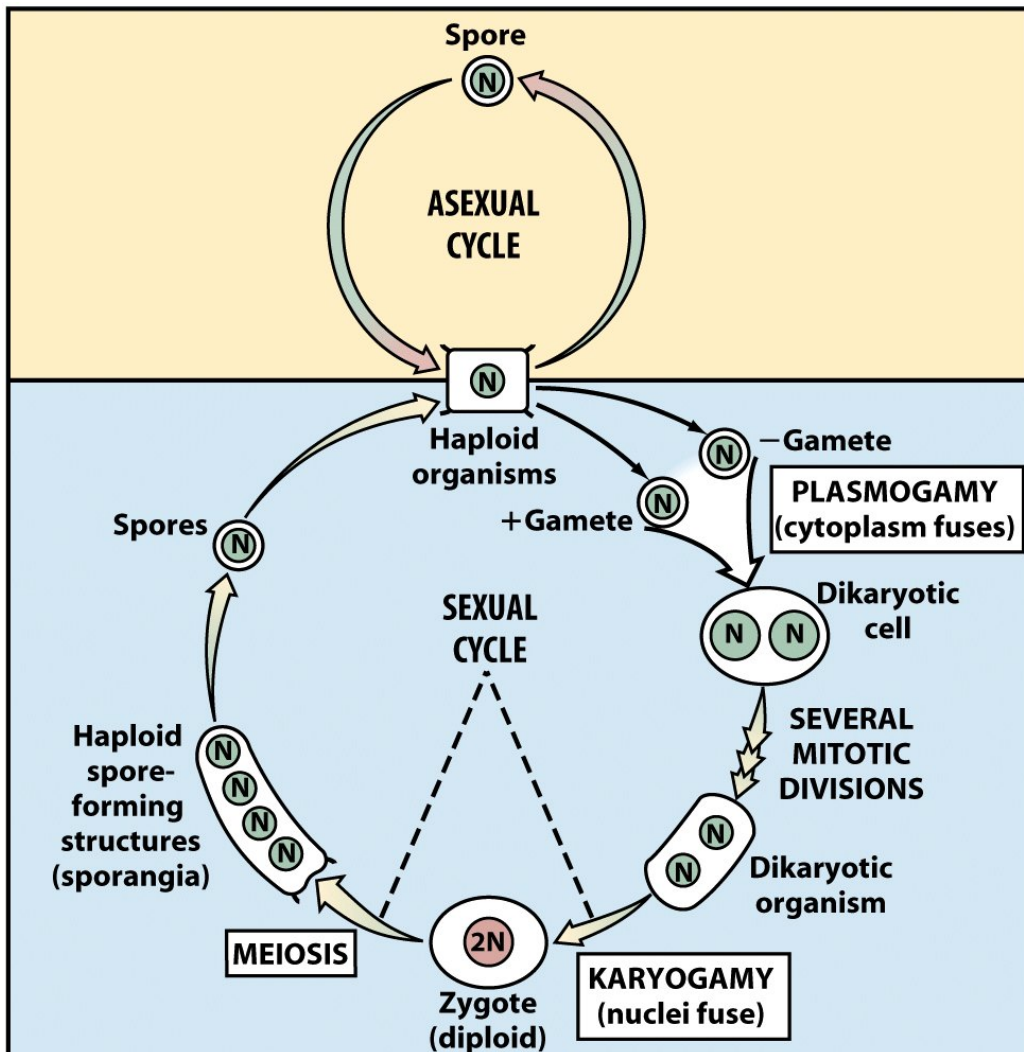


Figure 11-7 Microbiology, 6/e  
© 2005 John Wiley & Sons

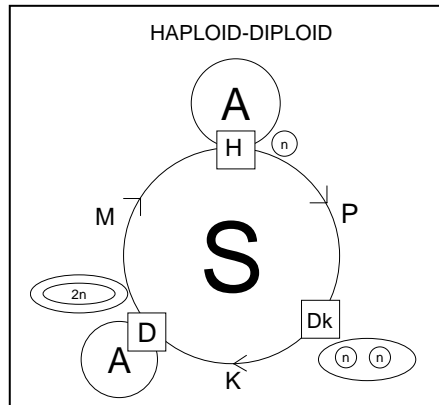
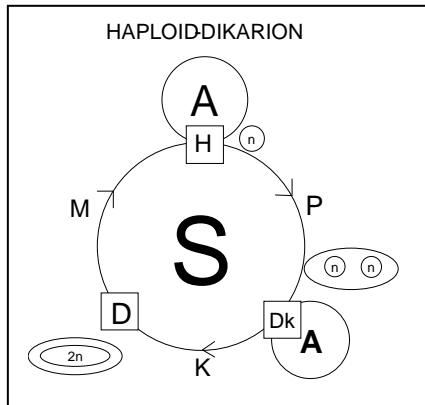
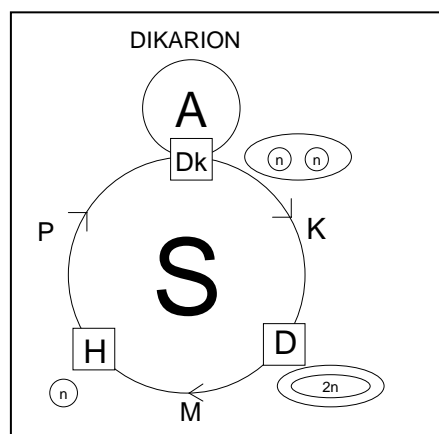
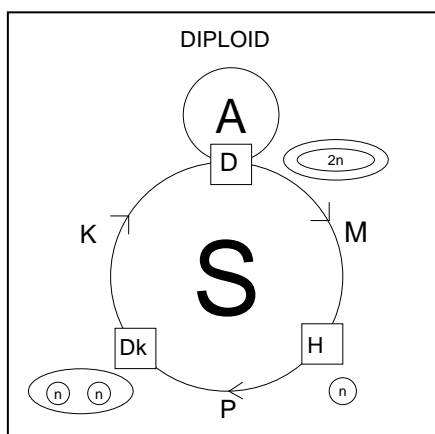
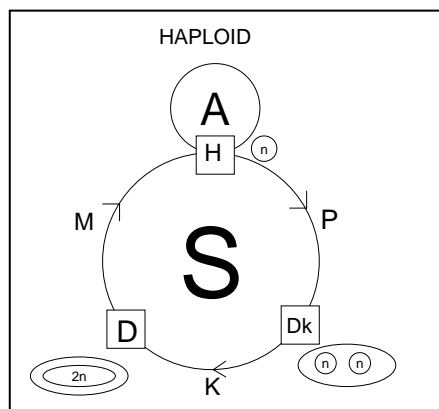
## 18. A valódi gombák életciklusának típusai és osztályozása: öt tagozatuk. A Chytridiomycota és a Zygomycota tagozatok.

### A gombák életciklusának típusai

A perfekt gombák életciklusai *ivartalan* v. aszexuális (mitózisos osztódási ciklusok és konídiumképzés), valamint *ivaros* v. szexuális (plazmogámia, kariogámia, meiózis) szakaszokból, illetve azok váltakozásaiból állnak. Az ivaros folyamatok eredményeként egy gombasejt haploid, dikarion vagy diploid állapotú is lehet. Az ivaros folyamat elvileg a 3 lépés közül bármelyik után megszakítható, és a sejtek ivartalanul is szaporodni kezhetnek az adott állapotban (ami ilyenkor rögzül). Az egyes gombákra azonban jellemző, hogy az ivaros folyamat hol szakadhat meg, s ez alapján ötféle életciklus típust (haploid, diploid, dikarion, haploid-diploid, haploid-dikarion) lehet megkülönböztetni. Az imperfekt gombák pedig gyakran eredményeznek redundanciát a rendszerben, mert külön néven szerepelhetnek az anamorf (ivartalan) ill. a teleomorf (ivaros) alakok.



- A - aszexuális szakasz
- S - szexuális szakasz
- P - plazmogámia
- K - kariogámia
- M - meiózis
- H - haploid
- Dk - dikarion
- D - diploid



### Tagozatok

A gombák rendszerezésénél a morfológiai, telepszerveződési, genetikai és citológiai tulajdonságok mellett a legfontosabb bélyeg az életciklus típusa. A valódi gombák esetén az alábbi 5 tagozatot (divízió) szoktuk elkülöníteni: Chytridiomycota (vízigombák), Zygomycota (járomspórás gombák), Ascomycota (tömlős gombák), Basidiomycota (bazídiumos gombák), Deuteromycota (Fungi Imperfecti, „tökéletlen” gombák).

### Chytridiomycota

Vízigombák tagozata: még vízhez kötött szaporodásuk ivarosán képződő ostoros rajzósejtekkel történik, de az ezek konjugációját követően képződő, morfológiailag változatos

telepek már szárazföldi életet élnek. A hifákban a sejtek nem szeparáltak (ún. cönocita), a sejtmagok szabadon „úsznak” a hifában. Általában szaprobionták erős lebontó aktivitással (pl. cellulóz, kitin, keratin); de vannak köztük szép számmal paraziták is (növény- v. rovarparazita, utóbbi az erős kitináz aktivitás miatt lehetséges).

### Zygomycota

Járomspórás gombák tagozata, ide tartozik pl. a fekete kenyérpenész. Teljesen alkalmazkodtak a szárazföldi élethez (talajlakók), ivartalanul ún. sporangiumban képződő sporangiospórákkal szaporodnak. E spórák ostorral nem rendelkeznek, ugyanakkor melaninban gazdagok, ezért színesek (fekete, barna, szürke). A járomspórás gombákat kitines sejtfa, cönocita hifák, bennük haploid sejtmagok jellemzik. Ellentétes párosodási típusú hifákon nyúlványok (zigofórok) képződhetnek, melyek konjugációra (plazmogámia) képesek. Haploid életciklus: nem stabil sem a dikarion, sem a diploid forma. Az ivaros folyamat gyorsan játszódik le, közben a képződő spóra fala erősen megvastagodik, rücskössé válik (ezzel együtt a kariogámia és a meiózis is bekövetkezik). Valódi kitartó képlet képződik így, amelynek neve zigospóra v. járomspóra. Ebből kedvező körülmények között zigosporangium csírázik ki, amelyben ún. meiospórák képződnek.

Mucor: fejespenész, amelynek hifái folyadéktenyészetben, alacsony O<sub>2</sub> szint mellett élesztőszerű, erjedésre képes sarjadzósejtekre is széteshetnek (dimorf). Fonális formái gyümölcsök és zöldségek rothadását, kenyérfélék penészesedését okozzák.

Rhizopus: indáspenész, a kenyér penészesedésének leggyakoribb okozója, ugyanakkor egyes távol-keleti fermentált élelmiszerekben (pl. a szójából készített tempeh) az íz fontos kialakítója. Szteroidokat tudnak átalakítani, ezért iparilag is fontosak.

Phycomyces: szerves anyagok lebontása révén a természetben fontos szerepe van. Ipari jelentőségét különböző B-vitaminok előállítására adja, továbbá kutatásokban modellorganizmusként is jelentős.

## **19. Az Ascomycota tagozat.**

Ascomycota = tömlősgombák tagozata

Életciklusa (haploid-dikarion, de csak az ún. valódi tömlős gombák esetében!)

A haploid spóra kicsírázik → pórusos szeptáltású haploid fonalak képződnek, amelynek sejtjei mitózis ciklusok révén osztódnak → a haploid szubsztrátmicélium párosodási típus szerint kétféle lehet → ivartalan módon párosodási szervecskék képződnek rajtuk: az *antheridium* a hím-, az *ascogonium* pedig a nőivarú → ha bekövetkezik köztük a plazmogámia, egy dikarion sejt keletkezik → ebből mitózis ciklusok révén dikarion (ún. *askogén*) hifa, illetve azokból légmicélium képződik (dikarion sejtet tartalmaz, pórusos szeptáltású) → ezután alakul ki a *termőtest* (már szabad szemmel is látható képződmény)

dikarion ill. körülötte haploid hifákból) → a termőtestben egyes dikarion hifák csúcsi sejtjei tömlővé (*aszkus*) alakulnak, ezekben lejátszódik a kariogámia, és így az aszkusz diploid lesz → meiózissal, majd az azt követő (ún. posztmeiotikus) mitózissal spórák képződnek, ezért egy aszkuszban tipikusan 8 *aszkospóra* (kitartó képlet) jön létre → kedvező körülmények között ismét kezdődik előlről az egész folyamat.

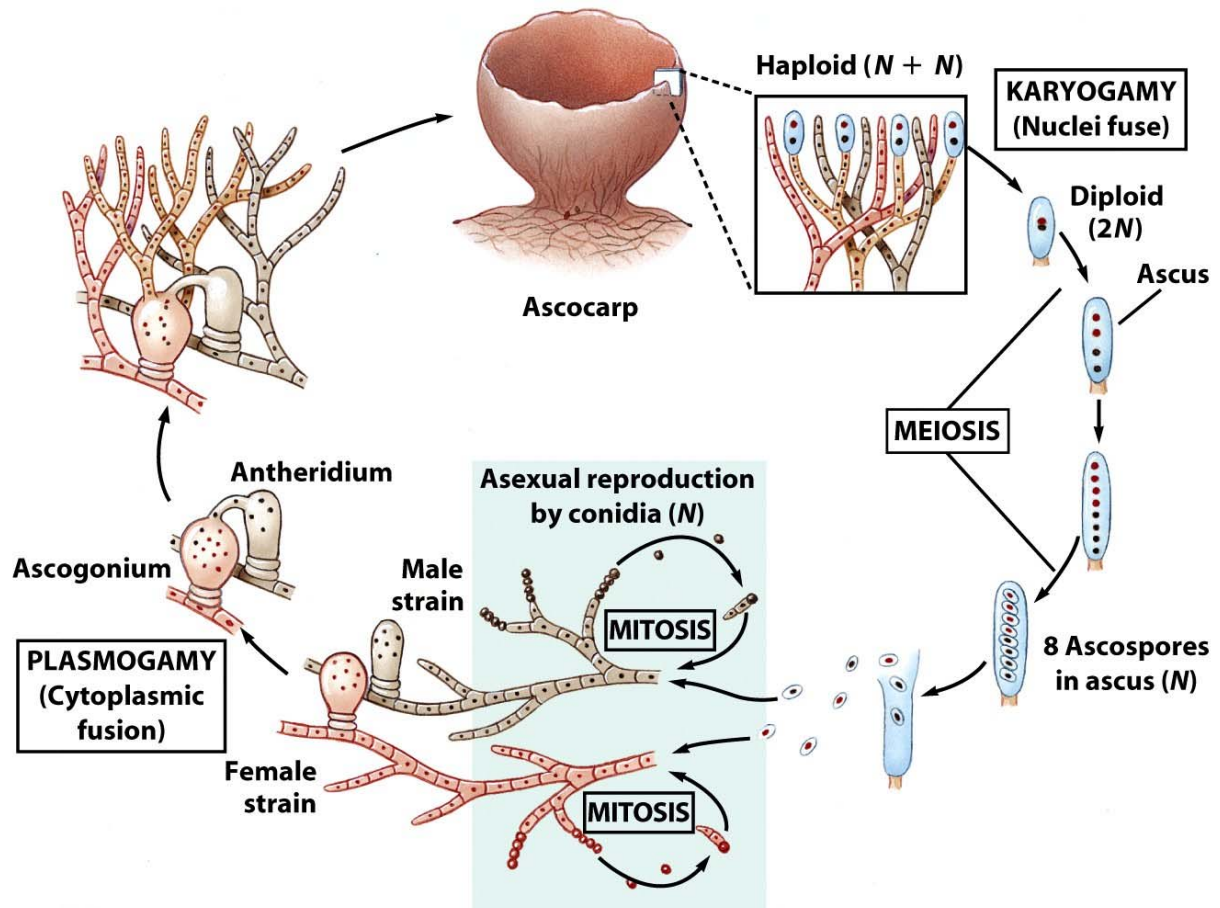


Figure 11-12 Microbiology, 6/e  
© 2005 John Wiley & Sons

Az Ascomycota tagozat az alábbi 3 osztályra bontható: Archi-, Hemi-, Euascomycetes.

### Archiascomycetes (ősi tömlős gombák)

Többféle típusú gombát sorolnak jelenleg ide, ld. az alábbi néhány példát. Valamennyien nagyon korán leágazhattak a valódi tömlős gombák fejlődési vonalától, de egymástól is meglehetősen nagy az evolúciós távolságuk.

Schizosaccharomyces: az ún. hasadó élesztőgomba (nem sarjadzik, hanem hasad!) egy haploid életciklusú szaprobionta, amelyet egy afrikai sörből (helyi bennszülött nyelven *pombe*) izoláltak először, de jelenleg inkább kutatásokban jelentős.

Taphrina: az ún. dergombák képviselője; dimorf: fonalas (parazita) és egysejtű (szaprobionta) formája is létezik, előbbi pl. csonthéjas növények kártevője lehet.

*Pneumocystis*: sokáig protozoonnak vélték, mert egysejtű és cisztát képez, rRNS szekvencia alapján került ebbe a csoportba. Tüdőgyulladást okozhat, a fertőzés AIDS-esek esetében sokszor halálos kimenetelű.

#### Hemiascomycetes („félömlős” gombák)

Ide tartozik a perfekt élesztőgombák túlnyomó többsége (de az imperfektek nem!). Egysejtűek, ivartalan szaporodásuk sarjadzással történik; valódi fonalakat általában nem képeznek, de pszeudohifát gyakran igen. Életciklusuk típusa többnyire haploid vagy haploid-diploid. A dikarion forma nem stabil, ivarszervecskéket nem képez → ellentétes párosodási típusú haploid sejtjei konjugációra képesek, és a képződő diploid sejt alakulhat át aszkusszá (vagy pedig rögzül diploidként). A meiózist mitózis nem követi az aszkuszban → csak 4 aszkospóra keletkezik („félömlős”). Természetes élőhelyük: nagy cukortartalmú helyek, mint pl. gyümölcscefre. Kis oxigénigényűek, anyagcseréjükre az alkoholos fermentáció gyakran jellemző a légzés mellett (Pasteur- és Crabtree-effektusok!).

*Saccharomyces*: intenzív fermentatív anyagcsere jellemzi, a *S. cerevisiae* sörélesztő és pékélesztő is egyben (sör, bor, finomszesz készítéséhez és kenyérsütéshez is ezt a fajt használják), nagy alkohol-toleranciával rendelkezik. Haploid-diploid életciklusú, biotechnológiai alkalmazásokban (genetikailag módosított élesztő) és kutatásokban is kiemelt szerepű szervezet.

*Zygosaccharomyces*: haploid; erősen ozmotoleráns, sőt a tartósítószerket is jól bírja → élelmiszerek (pl. lekvár) erjedéssel romlását okozhatja.

*Kluyveromyces*: a laktózt is képes hasznosítani → tejipari hulladékok sejtömeggé konvertálására (SCP) használható, az pedig háziállatok takarmányozására.

*Pichia*: növényi nedvekből izolálható; takarmányélesztőként szintén régóta hasznosítják, illetve újabban biotechnológiai célokra is.

#### Euascomycetes (valódi tömlős gombák)

Életciklusukat ld. feljebb; termőtestjük formája alapján osztályozhatók tovább → az lehet: gömb = kleisztotécium; palack = peritécium; csésze = apotécium.

#### Kleisztotéciumos gombák:

*Trichophyton*: talajlakó szaprobionta, amely bőrgombásodást (dermatomikózis) okozhat (keratinofil); anamorf név, de teleomorf alakja is van.

*Penicillium* (anamorf): ecsetpenész; antibiotikum termelése jelentős: penicillin (rezisztencia és allergia miatt módosított származékait használják általában); tárolt gabonák és élelmiszerek romlását okozhatja. Sajtgyártásban is jelentős starter kultúra (pl. camembert).

*Aspergillus* (anamorf): kannapenész, szövedékei gyakran feketék; alacsony vízigénye miatt gabonák és élelmiszerek romlását okozhatja. Mikotoxintermelés is előfordul egyeseknél (pl. aflatoxin), illetve mások gyógyászati jelentőségű metabolitokat termelnek (pl. fumagillint). Citromsav-fermentáció ipari megvalósításában is használatosak.

### Peritéciumos gombák:

*Trichoderma*: talajlakó szaprobionta anamorf alakja; szénhidrátok (pl. cellulóz, xilán) erőteljes lebontása miatt fontos ökológiai szerepe és biotechnológiai alkalmazása is van.

*Fusarium* (anamorf): növénypatogén ill. raktári kártevő, amely veszélyes mikotoxinokat termelhet (pl. F-2, T-2) → takarmánynövényeken keresztül állatokat, sőt embereket is súlyosan megbetegíthet.

*Claviceps*: magyarul anyarozs: a gabonakalászt fertőzi meg; vastag, fekete, ellenálló képletet (szklerócium = „varjúköröm”) képez, ami áttelel. Toxinokat (ún. ergot alkaloidokat) termel, amelyek simaizom összehúzó hatásuk miatt orvosi jelentőséggel is bírnak (pl. szülés megindítására használhatóak).

*Neurospora*: jelentős modellorganizmus (pl. a meiózis szabályozásának tanulmányozása, egyéb genetikai kutatások).

*Acremonium*: antibiotikum termelése miatt jelentős (cephalosporin).

### Apotéciumos gombák:

*Monilia*: anamorf alak; növényi kórokozók („monília” gyümölcsfák ill. termésük).

*Botrytis*: szőlő szürkerothadását okozza, de esetenként nemesrothadását, aszúsodását is (a mikroklíma, az időjárás, a szőlőfajta és a talaj összetételének függvénye).

Jelentős számban tartoznak ide „nagygombák” is, mint pl. csészegombák, kucsmagombák, papsapkagombák, szarvasgombák.

## **20. A Basidiomycota és a Deuteromycota tagozatok.**

### Basidiomycota = bazídiumos gombák tagozata

Fonals, talajlakó, többnyire szaprobionta gombák, sokuk lebontja a cellulózon kívül a hemicellulózt és a lignint is (barna- ill. fehérkorhasztók). Ökológiai jelentőségük mellett emiatt egyes képviselői képesek a fából készült tárgyak (pl. épületek szerkezeti elemei, kerítés, csónakok, stb.) megtámadására is. Növényi paraziták (pl. ún. „farontók”) is találhatók közöttük. Ivartalan spórája a konídiospórán kívül klamidospóra is lehet, és az utóbbi már valódi kitaró képlet. Életciklusának nagyobb részére a dikarion hifák jellemzők, de haploid formában is létrehoz fonalakat (a hifák mindig pórusosan szeptáltak, ún. parentoszómás dolipórusokat tartalmaznak). Nincsenek ivarszervecskéi: a haploid hifák fúziójával képződnek a dikarion sejtek, illetve azokból a dikarion fonalak. Utóbbiakban egy jellegzetes csatképzéses mechanizmus biztosítja, hogy sejtosztódáskor az utódok azonos módon örököljék a kétféle sejtmagot. Az ivaros folyamat burkolására nagy méretű termőtesteket képez, amelyekben külön termőréteg (ún. himénium) alakul ki. A termőrétegben a fonalvégi sejtek bazídiummá alakulnak; ezekben bekövetkezik a kariogámia, majd meiózissal 4 bazídiospóra fűződik le róla (exogén módon, v.ö. az aszkospórák endogének). A spórákból haploid hifák fejlődhetnek ki kedvező körülmények között, és így az életciklus előlről

kezdődhet. A Basidiomycota tagozat az alábbi két osztályra bontható: Hetero-, ill. Homobasidiomycetes.

### Heterobasidiomycetes

Rozsdagombák (Uredinales rend): elsősorban gabonák kártevői (leveleken rozsdafolthoz hasonló elhalás); ivaros szaporodásuk csak parazitaként a gazdanövényen fordul elő, de nincs termőtestjük. Szaprobiontaként csak ivartalanul szaporodnak, változatos formákat hoznak létre.

Üszöggombák (Ustilaginales): növényi paraziták (pl. kukorica golyvásüszög). A megfertőzött növényi szöveteket burjánzásra készítetik → fehér daganat (golyva) képződik, amelyben ivaros módon fekete üszögspórák képződnek (nincs termőtestjük). Szaprobionta formájuk élesztőszerű, ilyenkor a sejtek csak ivartalanul szaporodnak.

### Homobasidiomycetes

Növényekkel sokuk szimbionta kapcsolatban (mikorrhiza) áll, ők az ún. gyökérkapcsolt gombák; kis részük viszont növényi parazita (pl. taplók). Nagy méretű termőtestjeik humán és állati táplálékul szolgálnak, de ugyanakkor sok bazídiumos gomba toxint termel (micetizmus = gombamérgezés → különböző sejt-, ideg- és gyomormérgek jellegzetes tünetekkel). Spóráik színesek, ami a himénium jellegzetes, de fajonként változó színét is adja. További csoportosításuk termőtesttípus szerint történik: pilotécium = a kalapos gombák termőtestje, gaszterotécium = a hasgombák (pöfetegek) termőtestje, krusztotécium = a farontó taplógombák évelő termőtestje.

### Pilotéciumos gombák:

*Agaricus*: csiperkék, lemezes termőrétégük van; a kétspórás csiperke (*A. bisporus*) házasított változata a pincében termesztett „champignon gomba”.

*Amanita*: galócák, lemezes termőrétégük van; a gyilkos galóca (*A. phalloides*) halálosan mérgező (sejtmérge, az amanitin gátolja az eukarióta sejtek transzkripcióját); hallucinogén hatású az idegmérgeket tartalmazó párducgalóca (*A. pantherina*).

*Boletus*: tinorúfélék, csöves termőrétégük van; egyik közkedvelt táplálékunk az ízletes vargánya (*B. edulis*); súlyos gyomormérgezést okozhat a sátántinorú (*B. satanas*).

### Deuteromycota = Fungi Imperfecti

Általában egyáltalán nem tudnak ivaroson szaporodni, csak ivartalanul (vegetatív sejtciklusok révén ill. konídiumokkal). Jelentős részüknek van azonban perfekt alakja is (ami többnyire tömlős v. bazídiumos gomba lehet) → redundancia a taxonómiában (ilyenkor beszélünk az adott faj anamorf és teleomorf alakjairól, amelyek eltérő néven szerepelnek). Az anamorf alak rögzülhet, ha pl. poliploidizmus miatt az ivaros folyamatok, vagy azok valamely lépése kivitelezhetetlenné válik; egy másik lehetőség, ha egy heterothalliás gomba egyik szaporodási típusú telepe nagyon hosszú ideig nem találkozik a másik teleppel, és végül

„elveszíti” konjugációs képességét. Az imperfekt gombák morfológiájuk (fonalas, egysejtű, dimorf), biokémiai reakcióik, teleomorf alakjaik tagozata, ill. ivartalan spóráképzésük alapján csoportosíthatók. Utóbbiak fő típusai az alábbiak: konídiospórák, sporangiospórák, klamidospórák (vastag falú kitartó képletek, amelyek a hifa belsejében képződnek), blasztospórák (élesztőszerű gombák sarjsejtjei) és artrospórák (fragmentálódó hifa különváló sejtjei).

*Candida*: általában egysejtű formájú, de dimorf is lehet; nagyon elterjedt a természetben. Teleomorf alakja aszkuszos gomba (ha van). Musterjesztők és élelmiszerek romlását okozók egyaránt vannak köztük. Emberben is előfordul (pl. szájbán, bélben) kis csíraszámú a *C. albicans* és egyéb fajok, de az immunrendszer legyengülése esetén patogénné is válhat (ún. candidózist okoz, ennek egyik esete a csecsemőkori „szájpenész”).

*Cryptococcus*: teleomorf alakja bazídiumos gomba; talajban és levegőben gyakori álélesztőgomba, madárürülékek szaprobiontája. A *C. neoformans* humán patogén, de csak immunológiailag súlyosan legyengült szervezeteket támad meg (pl. AIDS-esek gyakran halálos kimenetelű tüdő- vagy agyhártyagyulladását okozhatja).

*Rhodotorula*: egy üszőgomba anamorf alakja, egysejtű; kéntartalmú aminosavak ipari előállítására használják.

## Felhasznált irodalom

**Pesti Miklós** (szerk.): Általános mikrobiológia. Dialóg Campus, Budapest-Pécs, 2001

**Jacquelyn G. Black**: Microbiology. Principles and Explorations. 6th Ed. John Wiley & Sons, Inc., New York, 2005