DEBRECENI EGYETEM

Debreceni Egyetem

Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar

Élelmiszertudományi Intézet

Élelmiszer minőség és biztonság mikrobiológiai vonatkozásai

Készítette:

Dr. Sándor Erzsébet és Dr. Peles Ferenc Árpád

Lektorálta:

Dr. Fekete Erzsébet

2015.

ISBN 978-963-473-832-9

Készült a **TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014** azonosító számú projekt keretében.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020

MAGYARORSZÁG KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális Alap

BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Tartalom

1 Bevezetés, történeti áttekintés ... 5
1.1 Mikrobák az élelmiszerekben ... 5
1.2 Élelmiszerek és mikrobák: történeti áttekintés ... 5
1.2.1 Gyűjtögetés időszaka ... 5
1.2.2 Élelmiszertermelés ... 6
1.3 Élelmiszer tartósítás története ... 7
1.4 Élelmiszerek romlásának története ... 9
1.5 Ételmérgezések története ... 10
2 Az élelmiszerekben található mikrobák szerepe, és jelentősége ... 12
2.1 Az élelmiszerekben találhat mikrobák elsődleges forrásai ... 12
2.2 A mikrobák életterei ... 13
2.2.1 A levegő, és a levegőben található mikrobák ... 13
2.2.2 A talajban és a vízben található mikrobák ... 14
2.2.3 A növényeken található mikrobák ... 14
2.2.4 Az állatok kültakaróján és gyomor-bélrendszerében található mikrobák ... 15
3 Az élelmiszerekben található mikroorganizmusok taxonómiája ... 17
3.1 Élelmiszerekben található baktériumok ... 19
3.2 Élelmiszerekben található gombák ... 20
3.3 Élelmiszerekben található protozoonok ... 26
3.4 Az élelmiszerekben előforduló fontosabb mikroba nemzetségek rövid leírása ... 26
3.5 Élelmiszerekben előforduló mikrobák elsődleges forrásai ... 31
4 A mikrobák növekedését és túlélését befolyásoló belső paraméterek ... 34
4.1 Szabad víztartalom ... 34
4.2 Kémhatás (pH) ... 39
4.3 Oxidációs-redukciós viszonyok ... 42
4.4 Tápanyagok ... 46
4.5 Sótartalom ... 48
4.6 Fizikai és biológiai szerkezet ... 49

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású
egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

5 A mikrobák növekedését és túlélését befolyásoló külső paraméterek 51
5.1 Hőmérséklet 51
5.2 Ozmózisnyomás 53
5.3 Rázás (vibráció) 55
5.4 Relatív páratartalom 55
5.5 Oxigén koncentráció 55
5.6 Légtérösszetétel 57
5.7 Feldolgozó és tartósító műveletek 57
6 Élelmiszer eredetű megbetegedések 58
6.1 Élelmiszer mikrobiológia közegészségügyi vonatkozásai 58
6.2 Élelmiszer eredetű megbetegedéseket okozó mikrobák patogenitási faktorai 61
7 *Staphylococcus aureus* és az általa okozott betegségek 64
8 *Listeria monocytogenes* és az élelmiszer eredetű liszteriózis 70
9 Spóraképző, Gram-pozitív baktériumok és az általuk okozott ételmérgezések 83
9.1 *Bacillus cereus* és az és az általa okozott élelmiszer eredetű betegségek 83
9.2 *Clostridium perfringens* és az és az általa okozott élelmiszer eredetű betegségek 86
9.3 Botulizmus 89
10 *Salmonella* nemzetség és az általuk okozott megbetegedések 93
11 *Escherichia* nemzetség és az általuk kiváltott élelmiszer eredetű megbetegedések 104
12 *Shigella*, *Yersinia* és *Vibrio* nemzetségek és az általuk kiváltott gasztroenteritisz 111
12.1 *Shigella* nemzetség 111
12.2 *Yersinia* nemzetség 113
12.3 *Vibrio* nemzetség 115
13 *Campylobacter* fajok és az általuk kiváltott gasztroenteritisz 117
14 Mikotoxinok 126
14.1 Az *Aspergillus* nemzetség fajai által termelt mikotoxinok 127
14.1.1 Aflatoxin 127
14.1.2 Ochratoxin 128

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású
egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

14.2 A *Penicillium* nemzetség fajai által termelt mikotoxinok 129
14.2.1 Patulin 129
14.2.2 Citrinin 130
14.3 A *Fusarium* nemzetség fajai által termelt mikotoxinok 130
14.3.1 Zearalenon 130
14.3.2 Fumonizinek 131
14.3.3 Trichotecének 131
14.4 A *Claviceps purpurea* által termelt ergot toxinok 132
15 Élelmiszer eredetű paraziták 133
15.1 Élelmiszer eredetű protozoonok 133
15.1.1 Giardia intestinalis 133
15.1.2 Entamoeba histolytica 135
15.1.3 Toxoplazmózis 136
15.1.4 Szarkocisztózis 137
15.1.5 Kriptosporidiózis 139
15.1.6 *Cyclospora cayetenensis* 140
15.2 A bélben előforduló férgek 140
15.2.1 Laposférgek (Platyhelminthes): májmétely féreg és galandférgek 140
15.2.2 Hengeres férgek 141
16 Élelmiszer eredetű vírusok 142
16.1.1 Hepatitis A és E vírus 143
16.1.2 Gasztroenterális vírusok 143
Felhasznált irodalom 145

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású
egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

1 Bevezetés, történeti áttekintés

1.1 Mikrobák az élelmiszerekben

A mikroorganizmusoknak fontos szerepe van az táplálékláncban, hiszen lehetnek termelő és lebontó szervezetek, továbbá paraziták és patogének is.

A nyers és feldolgozott élelmiszerek többsége kiváló táptalajt jelent a mikroorganizmusok számára, amelyek kedvező körülmények között elszaporodhatnak. Növekedésük és szaporodásuk közben az élelmiszerekben található összetevőket lebontják, átalakítják, így megváltoztatják azok érzékszervi tulajdonságait, ezáltal csökkentik az élelmiszerek minőségét, gyakran annak teljes romlását okozzák. Bizonyos mikroorganizmusok vagy azok mérgező anyagcseretermékei az élelmiszerrel a szervezetbe jutva emberi megbetegedést válthatnak ki.

Az élelmiszerekben előforduló mikrobák nem minden esetben károsak, élelmiszer romlást okozók, vagy kórokozók. Vannak az élelmiszer fermentációkban hasznos szerepet játszó mikroorganizmusok, melyek tevékenységei hozzájárulnak az élelmiszer érzékszervi tulajdonságainak kialakításában és növelik azok eltarthatóságát. Ezen kívül minden más mikroorganizmus előfordulása, elszaporodása és tevékenysége nem kívánatos az élelmiszerekben.

Az élelmiszerek nyersanyagai mindig szennyezettek mikroorganizmusokkal, illetve szennyeződhetnek a feldolgozás, tartósítás, csomagolás, tárolás és forgalmazás során is.

Az élelmiszerek feldolgozásának és tartósításának célja, a termékek minőségi tulajdonságainak kialakítása mellett a mikroorganizmusok elleni védekezés is.

Az élelmiszer-biztonság fokozott figyelmet kap napjainkban. Az egyik legfontosabb feladat a fogyasztók egészségének védelme érdekében a mikrobiológiai kockázatok csökkentése és megelőzése. Az élelmiszerekkel terjedő tömeges megbetegedést okozó mikrobiológiai fertőzéseken (pl. szalmonellózis, enterotoxikózis) kívül újabb kórokozók (pl. *Campylobacter*, *Listeria*) kerültek reflektorfénybe, melyek terjedését elősegítik a megváltozott fogyasztói szokások, mint például a kíméletesebb tartósítási módokkal kezelt, természetes biológiai eljárásokkal készült élelmiszerek, valamint a fokozott táplálkozás-élettani hatású félkész- és készételek iránti igény.

1.2 Élelmiszerek és mikrobák: történeti áttekintés

A mikrobiológia, ezen belül is a bakteriológia kialakulása alapján két korszakot különíthetünk el. Az egyik a mikrobiológia, mint tudomány kialakulása előtti időszak. melynek kezdeti fázisa a gyűjtögetés időszaka volt, amit később felváltott az élelmiszertermelés érája. A második korszak a mikrobiológia (bakteriológia), mint tudomány kialakulását követő korszak.

1.2.1 Gyűjtögetés időszaka

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

A gyűjtögető ember fő tevékenysége a táplálékszerzés volt, de a kőkorszak vadászó hordáinak már fontos feladatot jelentett az elejtett állatok húsának időleges tárolása. Erre az időszakra tehető a sütés és főzés megjelenése is.

1.2.2 Élelmiszertermelés

Az élelmiszertermelés és az élelmiszerek tárolásáával együttjáró élelmiszerromlás, ételmérgezés körülbelül 8 000 – 10 000 éve része az emberiség mindennappjainak. Régészeti bizonyítékok alátámasztják, hogy i.e. 8 000 körül a Közel-Keleten főzőedényeket használtak gabona magvak főzésére, sörkészítésre, valamint az élelmiszerek tárolására. Az élelmiszer készítés kezdeteit sugallják a i.e. 7 000-ből származó leletek, melyek bizonyítják, hogy Babilóniában azidőtájt már bizonyosan készítettek sört. Bort először az Asszír Birodalomban állítottak elő i.e. 3500 körül.

Az állattenyésztés és tejfeldolgozás kezdetleges nyomai i.e. 3 000 körüli időkre vezetnek vissza (sumérok –vajkészítés, Egyiptom - tej, vaj, sajt készítése). A húsok sózással történő tartósítása több korai kultúrában is jelen volt (sumérok, egyiptomiak, zsidók, kíniak, görögök, rómaiak) ugyanebben az időszakban. Fermentált húskészítményeket i.e. 1500 körül készítettek Babilóniában, illetve az ősi Kínában.

Az élelmiszerek tartósításának egyik módja volt az élelmiszerek olajban (olíva, szezám) tárolása, ami azonban elősegíthette a *Staphylococcus* okozta ételmérgezések kialakulását. Egy másik lehetőség az élelmiszerek alacsony hőmérsékleten tartása, amit a rómaiak a romlandó anyagok hóban tárolásával valósítottak meg.

Az élelmiszerek által okozott megbetegedések nyomai messzire nyúlnak vissza az emberiség történetében. Az élelmiszer eredetű megbetegedések egyik első képviselője a dizentéria, melynek leírása és megnevezése a görög **Hippokratész**tól (i. e. 460 – i. e. 375) származik. A középkorban nagy pusztítást okozott a gombával fertőzött gabona által előidézett ergotizmus, ami 943-ban Franciaországban több mint 40 000 áldozatott szedett). A Európában 1165-ban jelentek meg az első, írásos, hentesekkel kapcsolatos intézkedések; Svájcban 1248-ban) pedig szabályokat hoztak, amelyek meghatározták, melyek és az árulható, és melyek a nem árusítható húsok.

Már 1658-ban **Kircher Atanáz** (1602-1680) apát azt állította, hogy az oszlásnak indult tetemekben, romlott húsban, tejben és más termékekben szabad szemmel nem látható „férgek" találhatóak. A romlás, rothadás, erjedés okait azonban a 19. század derekáig nem ismerték pontosan, csak különböző elképzelések voltak, olykor fantasztikus magyarázatok misztikus erőkről vagy lényekről, amelyek ősnemzés útján keletkeztek az anyagban. **Lazzaro Spallanzani** (1729-1799) ugyan 1765-ben kimutatta, hogy az egy órán keresztül forralt húsleves nem lesz zavaros (nem romlik meg), ez azonban nem győzte meg az ősnemzés híveit. 1837-ben a német **Theodor Schwann** (1810-1882) arra a következtetésre jutott, hogy egy forró csövön keresztül áramoltatott folyadék levegő jelenlétében is tiszta marad (ősnemzés cáfolása). **Denis Papin** (1647-1712) és **G. Leibnitz** szintén tettek utalást az ételek magas hőmérsékleten történő tartósítására vonatkozóan.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

1789 és 1793 között egy párizsi cukrászmester **Nicholas Appert** (1749-1841) kidolgozta az üvegedénybe zárt élelmiszert forralással és légmentes lezárással történő tartósítását (konzerv). Appert kísérleteinek nagy lendületet adott a francia belügyminisztérium 1795-ös pályázata, mely 12 ezer frankot ígért annak, aki megoldja a francia hadsereg élelmiszer-ellátási problémáit (sok francia katona halt éhen, illetve sokan betegedtek meg a C-vitamin hiánya miatt kialakult skorbutban). Appert 1802 őszén a Párizshoz közeli Massyba költözött, ahol kisebb üzemet nyitott termékei előállítására és forgalmazására. A francia haditengerészek 1807-ben már rendszeresen és nagy mennyiségben fogyasztották Appert tartós ételeit. 1802 és 1809 között a francia tengerészet tesztelte Appert tartósítási eljárásait. 1810-ben a feltaláló személyesen - az 1812-es oroszországi hadjáratára készülő - Napóleontól vehette át a tekintélyes pénzdíjat és az Emberiség Jótevője megtisztelő címet. Appert eredményeit a „*Valamennyi állati és növényi eredetű anyag több éven át való eltartásának művészete*" címmel írt könyében foglalta össze. A francia konzervmester által kitalált módszert egy angol vállalkozó, Peter Durand szabadalmaztatta hazájában 1810. április 25-én. Durand konzervedényként már nemcsak üvegpalackot jelölt meg, hanem cserépedényt és fémdobozt is. A szabadalmat továbbadta két vállalkozónak, Bryan Donkinnak és John Hallnak, akik 1813-ban megnyitották a történelem első komoly, a mai konzervekhez már hasonlító dobozokat gyártó üzemüket.

Louis Pasteur (1822-1895) tekinthető a mikrobiológia atyjának, aki igazolta a szabad szemmel láthatatlan mikroorganizmusok létezését és tevékenységét. 1850 és 1860 között bizonyította, hogy a baktériumok okozzák a sör és a bor romlását, továbbá azt, hogy e termékek melegítés hatására (1860) hosszabb ideig eltarthatóak (pasztőrözés).

1837: tej savanyodását mikrobák okozzák.

1.3 Élelmiszer tartósítás története

Konzervek

Élelmiszerek modern tartósításában fontos évszám 1782, amikor a svéd vegyész Scheele bevezette az ecet konzerválását oly módon, hogy a forráspontjáig melegítette, ami megakadályozta az ecet további átalakulását. 1810-ben Franciaországban Appert szabadalmaztatta az élelmiszerek tartósítását (konzervek készítése). Ugyanebben az évben került beadásra Peter Durand brit szabadalma: élelmiszerek tartósítása „üveg, kerámia, ón, vagy más fémekben, illetve megfelelő anyagokban." Donkin, Hall és Gamble, a szabadalom megszerzése után, 1813-ban bevezette a gyakorlatba a lezárt edényben levő élelmiszerek feldolgozás utáni inkubációját (konzervek tartósítása). 1825-ben T. **Kensett** és E. **Daggett** szabadalmat adott be az USA-ban a konzervdobozba zárt ételek előállításáról, és 1839-re a konzervdobozok általánosan elterjedtek az USA-ban. Ugyanebben az évben született meg a francia L.A. **Fastier** nevéhez fűződő szabadalom, mely kimondja, sós víz alkalmazásával magasabb hőfok érhető el konzerválás során. 1843-ban I. **Winslow** bevezette a gőzzel történő sterilizálást , és 1853-ban megszületett R. Chevallier **Appert** szabadalma, mely az ételek autoklávval történő sterilizálását taglalja. 1874-ben jelentek meg az első kukták az élelmiszeriparban.

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

1837-ben **Winslow** készítette az első kukoricakonzervet, az első hal- és gyümölcskonzervek pedig 1840-ban kerültek a boltok polcaira. Az első magyar konzervgyárat 1861-ben Fiumében helyezték üzembe. Weiss **Manfréd** „Első Magyar Konzerv- és Ércárugyárát" 1885-ben a budapesti Soroksári úton nyitotta meg, melyben a hadsereg részére állítottak elő hús-, kávé-, gyümölcs- és zöldségkonzerveket, továbbá leveskivonatokat.

Az első konzerválással kapcsolatos bakteriológiai tanulmány 1895-ben látott napvilágot. (Russell). **Bigelow** és **Esty** első átfogó, baktériumspórák hőmérséklettel szembeni ellenállóságáról szóló tanulmányát 1920-ban publikálta.

Fagyasztás, hűtés

Már 1842-ben angol szabadalom taglalta (H. **Benjamin**) azt a tartósítási eljárást, mely során az élelmiszerek fagyasztása jeges sófürdőbe mártással történt. 1865-ben kezdődött a fagyasztott halak nagyüzemi előállítása az Amerikai Egyesült Államokban. Ezt követte a tojás fagyasztással történő konzerválása (1889). A fagyasztott húsok tengeri szállításának kezdete 1874-re datálható, és 1878 évéhez köthető az első sikeres fagyasztott hússzállítás Ausztráliából Angliába. 1890-ben Chicagóban már hűtőberendezésben tároltak gyümölcsöket. 1916-ban dolgozta ki az ételek gyors fagyasztását Németországban R. **Plank**, E. **Ehrenbaum** és K. **Reuter**. Az amerikai **Birdseye** 1929-ben bevezette és kereskedelmi forgalomba hozzta a fagyasztott élelmiszereket, akit a modern fagyasztott élelmiszeripar megalapítójának tekintenek.

Pasztörizálás

Pasteur borászati kutatásait 1854-ben kezdte el. 1867–1868-ben vezette be a melegítés üzemi gyakorlatát a nem kívánt mikrobák eltávolítására. A tej nagyüzemi pasztőrözése Németországban 1880-tól, az USA-ban 1890-től folyik. Magyarországon a 1883-ban létesült Tejcsarnok Szövetkezetekben vezették be először az a tej pasztörizálását.

Kémiai tartósító szerek

Az nátrium-benzoátot (E211), mint élelmiszer tartósítószert az USA-ban 1908-ban vezették be. 1954-ben Angliában szabadalmaztatták a nizin (E234) felhasználását érlelt sajtokban *a Clostridium fajok* által okozottt romlás elkelürése érdekében.1988-ban a nizin GRAS (Generally Regarded As Safe) minősítést nyert az USA-ban.

A szorbinsavat (E200) már 1955-ben engedélyezték élelmiszer tartósítóként. Ugyanebben az évben a klórtetraciklin (majd oxitetraciklin) antibiotikumokat használtak friss szárnyashúsok tartósítására. A tetraciklinek élelmiszeripari alkalmazását azonban 1966-ban korlátozták.

Tartósítás sugárzással

A nagyenergiájú sugárzások élelmiszeripari felhasználására már 1929-ben készült szabadalom (Franciaország). Nagy áttörést jelentett B.E. **Proctor (USA)** 1943-ban bevezetett eljárása, mely során ionizáló sugárzást használt a hamburger hús tartósítására. 1967-ben helyezték üzembe az első, élelmiszerek besugárzására

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

alkalmas nagyüzemi berendezést. 1990-ben engedélyezték az Egyesült Államokbanban a szárnyas hús besugárzását, melyet 1997-ben korlátoztak (max 4.5 kGy a friss, és max 7.0 kGy a fagyasztott termékeknél). A kén-dioxidot (SO_2) húsok tartósítására 1813-ban kezdték alkalmazni.

Egyéb tartósítási eljárások

A sűrített tej (1835) és tejpor (**Grimwade**, 1855) készítésére vonatkozó szabadalmak elsőként Angliában kerültek bevezetésre.

Krukowitsch 1882-ben fedezte fel, hogy az ózon károsan hat az élemiszerek romlását okozó baktériumokra. 1997-ben az ózon GRAS minősítést kapott (FDA).

A.F. **Spawn** (1886,USA) nevéhez fűződik a zöldségek és gyümölcsök mechanikus szárítás révén történő konzerválása.

1907-ben E. Mecsnyikov és munkatársai leírták, és elnevezték a joghurtban található egyik baktériumot *Lactobacillus delbrueckii* subsp. bulgaricus-nak. Ugyanebben az évben írta le B.T.P. Barker az ecetsavbaktériumok szerepét a cider előállítása során. Ez biztos ide illik?

1917-ben **Franks** szabadalmaztatta a zöldségek és gyümölcsök CO_2 alatti tartósítását. 1928-ban pedig beindult az első nagyüzemi módosított légterű almatárolás Európában.

1950-re tehető a konzerválásban fontos D érték általános elterjedése.

1.4 Élelmiszerek romlásának története

1659-ben **Kircher** apát (később, 1847-ben Bondeau) kimutatta a baktériumok jelenlétét tejben, de láthatóvá csak a mikroszkóp megalkotása után váltak, amikor **Leeuwenhoek** először figyelt meg mikrobasejteket mikroszkópja segítségével (1860).

Scheele (1780) úgy gondolta, hogy a tej savanyodásáért a tejsav (fő savkomponens) a felelős. Latour 1836-ban élesztők jelenlétét mutatta ki megsavanyodott tejben, de csak Pasteur tudta bizonyítotani 1857-ben, hogy a tej savanyodását valóban mikroorganizmusok okozzák. 1866-ban jelent meg a borok érésével foglalkozó jelentős műve az *„Étude sur le Vin”*.

1867-ben jelent meg **Martin** elmélete, mely szerint a sajt érése hasonlóan megy végbe, mint az alkoholos, tejsavas és vajsavas erjedés. 1873-ban **Gayon** bizonyította a mikrobák szerepét a tojás romlásában. Ugyanebben az évben **Lister** először készített *Lactococcus lactis* tiszta tenyészetet.

1876-ban bizonyítást nyert, hogy a lebomló anyagokban levő baktériumok mindig visszavezethetőek a levegőben, a szubsztrátban, vagy a tárolóban található mikrobiális szennyeződésre.

1878-ban **Cienkowski** a cukoroldatokon keletkező nyálkában kimutatta a *Leuconostoc mesenteroides* baktériumot.

Azt, hogy a baktériumok képesek 0°C-on növekedni először Forster bizonyította be1887-ben. **Miquel** pedig 1888-ban

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

elsőként tanulmányozta a termofil baktériumokat. A pszikrofil kifejezés elsőként **Schmidt-Nielsen** (1902) használta a 0°C alatt növekedő mikrobákra.

Az első feljegyzés a tejben található baktériumok számának meghatározásáról 1895-ból **von Geuns**-tól (Amsterdam) származik.

1895-ben S.C. **Prescott** és W. **Underwood** elsőként mutatták ki, hogy a nem megfelelő hőkezelés okozza a kukoricakonzerv romlását.

Elsőként 1912-ben **Richte** használta az ozmofil kifejezést a magas ozmotikus nyomású körülmények között is növekedni képes élesztőkre.

B.W. **Hammer** izolálta először alvadt dehidratált tejből a *Bacillus coagulans* baktériumot 1915-ben.

P.J. **Donk** 1917-ben azonosította a termofil *Geobacillus stearothermophilus*-t, mely nagy hőtűrése maitt sterilizációs folyamatok validálása során alkalmazható (biológiai indikátor).

1.5 Ételmérgezések története

A magas mortalitású "kolbászmérgezésről" (botulizmus) 1820-ban Justinus **Kerner** készített először részletes leírást.

1857-ben az angol W. **Taylor of Penrith** a tífuszos láz átvitelében a tej szerepét gyanította.

Francesco **Selmi** (1870) szerint az ételmérgezéseket bizonyos elfogyasztott ételek váltják ki.

1888-ban **Gaertner** izolált először *Salmonella enteritidis*-t ételmérgezést okozott húsból.

A *Staphylococcus*-okat T. **Denys** hozta először kapcsolatba ételmérgezéssel 1894-ben.

A *Clostridium botulinum-ról szóló* első közlemények **Van Ermengem**-től származnak 1896-ből. G. **Landman** 1904-ben azonosította a *C. botulinum* A típusú törzsét, majd 1937-ben a *C. botulinum* E típusú törzset L. **Bier** és E. **Hazen** mutatta ki. 1960-ban **Moller** és **Scheibel** leírta a *C. botulinum* F típusát, a G típust először 1969-ben izolálták (Argentina - Gimenez és Ciccarelli). Kaliforniában észlelték az első csecsemő botulizmust (1976).

Bacillus cereus kiváltotta ételmérgezés leírása1906-ből származik.

Az első *Streptococcus* kiváltotta ételmérgezést (Linden, Turner, és Thom) 1926-ban publikálták.

A „Paralytic shellfish poisoning" (PSP), bénulásos mérgezést először 1937-ben észlelték.

1938-ban az Illinois állambeli *Campylobacter enteritis* járvány kitörésének okát tejre vezették vissza.

A *Yersinia enterocolitica* kiváltotta gastroenteritis első észlelése 1939-ben **Schleifstein** és **Coleman** nevéhez köthető.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

1945-ben **McClung** bizonyította először a *Clostridium perfringens* etiológiai szerepét ételmérgezésekben. A *C. perfringens* termelte enterotoxint 1969-ben mutatták ki.

Japánban, T. **Fujino** 1951-ben bizonyította a *Vibrio parahaemolyticus* szerepét ételmérgezésekben.

1955-ben S. Thompson csecsemő gastroenteritis esetén figyelte meg az *Escherichia coli* és a kolera közötti hasonlóságokat.

Az első jelentés az *Aspergillus flavus* aflatoxin termeléséről 1960-ban jelent meg, ekkor használták először a mikotoxin kifejezést.

Első élelmiszer eredetű giardiózis (*Giardialamblia*) észlelése1965-ben történt .

Salmonella enterotoxint 1975-ben mutattta ki először L.R. **Koupal** és R.H. **Deibel**.

Első dokumentált élelmiszer eredetű Norwalk vírus okozta gastroenteritis 1978-ban Ausztráliában került leírásra.

1981-ban élelmiszer eredetű liszteriózis járvány tört ki az USA-ban.

1982-ből származik az első dokumentált élelmiszer eredetű haemorrhagiás colitis eset (USA).

A *Campylobacter jejuni* enterotoxint 1983-ban publikálta **Ruiz-Palacios** és munkatársai.

Angliában diagnosztizálták elsőként a szivacsos agyvelőgyulladást (kergemarha-kór; Creutzfeld-Jakob betegség, Bovine Spongiform Encephalopathy”) 1986-ban.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású
egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

2 Az élelmiszerekben található mikrobák szerepe, és jelentősége

A mikroorganizmusok környezetünkben mindenütt megtalálhatóak . A magasabb rendű élőlények (növények, állatok) számára kedvező körülmények között mindig jelen vannak a mikrobák is, sőt léteznek olyan életterek, melyekben kizárólag csak mikrobák tudnak fennmaradni. A különböző körülmények eltérő mikrobapopulációk számára biztosítanak megfelelő tápanyagokat és környezeti feltételeket. Az élelmiszerek tápanyagokban (szénhidrát, fehérje, zsírok, stb.) gazdagok, ezért kiváló feltételeket teremtenek a heterotróf mikrobák számára, melyek a nagy energiatartalmú szerves vegyületek lebontásából származó energiát és monomereket használják fel a sejtjeiket alkotó makromolekulák felépítésére és a különböző életfolyamataik biztosítására.

Mikrobák többféleképpen is bekerülhetnek az élelmiszerbe: (1) jelen lehetnek már a nyersanyagon, annak természetes mikroflóráját alkotva, (2) bejuthatnak a növények betakarítása, illetve az állatok levágása során, továbbá (3) az alapanyagok feldolgozása, valamint (4) az élelmiszer tárolása, illetve szállítása folyamán.

Az élelmiszerben található mikrobák minősége és mennyisége sok tényezőtől függ. Ezek közül az egyik legfontosabb az adott élelmiszer tulajdonsága, hiszen ez határozza meg, milyen mikroorganizmus számára biztosít kedvező növekedési és szaporodási feltételeket., továbbá a mikroba tulajdonságail is fontosak. Ezen kívül a tárolási körülmények és a feldolgozás módja is befolyásolják az élelmiszerben található mikrobák összetételét és mennyiségét. Általánosságban elmondhatjuk, hogy az élelmiszerekben megtalálhatóak a mikrobák, azonban jelenlétük (általában) nem érzékelhető, és fogyasztásuk nem okoz problémát. Az élelmiszerben előforduló mikrobák akkor válnak érzékelhetővé, ha az élelmiszerek romlását okozzák, ami kellemetlen érzékszervi változásokkal jár. Az előzőhez hasonlóan, szintén nem kívánatos mikrobatevékenység nyomán alakulhatnak ki a mikrobák jelenlétére visszavezethető élelmiszer eredetű megbetegedések. Szintén érzékelhetően megváltoztatja az élelmiszerek tulajdonságait a mikroorganizmusok fermentációs aktivitása, amely azonban a legtöbb esetben kedvezően változtatja meg az élelmiszer tulajdonságait (gondoljunk csak a fermentált tejtermékekre, az alkoholos italokra, vagy a kelesztett pékárukra).

Az élelmiszerek növényi, vagy állati eredetűek, és mindig megtalálhatóak a környezetükben különböző mikroszkopikus élőlények. Ha tudjuk, milyen mikrobák fordulnak elő a ezen növények és állatok környezetében, azt is meg tudjuk jósolni, milyen mikrobák előfordulására lehet számítani a belőlük készülő élelmiszerekben. Továbbá az élelmiszer mikroba összetétele alapján azt is el tudjuk dönteni, hogy a szennyeződés az élelmiszer alapanyagról származott-e, vagy máshonnan került az élelmiszerbe.

2.1 Az élelmiszerekben találhat mikrobák elsődleges forrásai

Rendkívül gazdag, baktériumok, élesztők és fonalas gombák alkotta mikroflóra található az egyes növényi részek (különösen a gyökerek) felszínén, továbbá az állatok kültakaróján és

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

gyomor-bélrendszerében. Ez az élelmiszer alapanyagokon megtalálható mikroflóra befolyásolja annak minőségét, és a romlást, illetve az élelmiszer eredetű megbetegedést okozó mikrobák elsődleges forrása lehet. Fontos tehát az egyes élelmiszer alapanyagok mikrobiotájának (a mikrobák számának, illetve a faji összetételének) ismerete. Másrészről a mikrobák a környezetből (levegő, víz, munkafelületek, feldolgozó eszközök, dolgozók keze és ruházata) is be-, illetve rákerülhetnek az élelmiszerre.

Az élelmiszerek tápanyagokban gazdagok és könnyen metabolizálható összetevőket tartalmaznak, ezért ideális élőhelyet jelentenek a heterotróf mikrobák számára.

2.2 A mikrobák életterei

2.2.1 A levegő, és a levegőben található mikrobák

Valószínűleg a legtöbb mikroorganizmus számára a száraz atmoszféra jelenti a legbarátságtalanabb környezetet. Az alacsony víztartalom mellett a DNS-t károsító UV sugárzás, illetve a reaktív oxigénformák jelenléte is csökkenti a levegőben található mikrobák számát. A Gram-negatív baktériumok, a mikrobák többségéhez hasonlóan, a levegőbe kerülve gyorsan elpusztulnak. Egyes mikrobák azonban éppen a levegő áramlása segítségével képesek nagy távolságokra is eljutni. Igaz, a levegőben ezek sem képesek szaporodni.

A levegőben található baktériumok közül a Gram-pozitív pálcikák és kokkuszok dominálnak, amelyeket vastag sejtfaluk védi a kiszáradástól. Különösen gyakoriak a pigmentet termelők (*Micrococcus*, *Corynebacterium*), hiszen azok bizonyos védelmet biztosítanak a napsugárzás káros hatásaival szemben. Szintén jelentős arányban vannak jelen a kiszáradással, és egyéb környezeti hatásokkal szemben is ellenálló, spóraképző prokarióta szervezetek: az aerob endospóraképzők (*Bacillus* fajok) és a konidiospóraképző fonalas baktériumok (pl. *Streptomyces* fajok). Az érzékenyebb Gram-negatív baktériumok jelenléte általában frissebb, aeroszolos szennyeződésre utal. Fontos tehát az élelmiszer üzemek légterének folyamatos vizsgálata. A baktériumok a szálló porszemcséken „utazva", vagy köhögés, tüsszentés, palackok kinyitása közben, aeroszollal kerülnek a levegőbe. A levegőből származó, jól túlélő képességű *Streptomyces* fajok felelősek az élelmiszerekben a földes íz- és szaghiba kialakításáért, melyet az általuk termelt geosmin okoz.

Igen nagy számban lehetnek jelen a légtérben a gombák spórái, például a nagy mennyiségben termelődő konídiumok. Ez annak köszönhető, hogy a gombaspórák jól tűrik a kiszáradást, és a színes, pigmentált spórákat a napsugárzás is kevésbé károsítja. Hidrofób bevonatuknak, illetve kis méretüknek és tömegüknek köszönhetően könnyen a levegőbe kerülnek, sőt a légáramlatokkal nagy távolságra (akár több száz kilométerre) elszállítódnak. A gomba spórák az élelmiszerre kerülve, megfelelő körülmények között könnyen kicsíráznak. A leggyakoribb, levegőben előforduló gombák az apró, könnyű spórával rendelkező *Aspergillus* és a *Penicillium* nemzetségbe tartoznak. A mikotoxin termelése miatt jelentős *Fusarium* fajok viszont jellemzően vízcseppekkel terjednek. Említést érdemel még a nem csak élelmiszer-egészségügyi problémákat okozó, zárt térben gyakran kimutatható korompenész, a *Cladosporium*. Az ide

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

tartozó fajok hűtőszekrényben is képesek növekedni, és a húsok felületén fekete elszíneződést okoznak.

2.2.2 A talajban és a vízben található mikrobák

Sok mikroba egyaránt megtalálható a talajban és a vizekben, elsősorban az édesvízben. Ez annak köszönhető, hogy a talaj mikrobái megtalálhatóak a talajvízben, illetve bemosódnak a felszíni vizekbe is. Másrészt a vízzel (pl. esővíz, öntözővíz, szennyvíz) mikrobák kerülhetnek a talajba is. A két rendszer mikroflórájában így sok a hasonlóság. Egyedül a sós tengervizek mikrobapopulációja mutat jelentős eltérést.

A talaj rendkívül komplex élettér, ráadásul minden talajtípusnak megvan a maga sajátos baktérium, gomba és protozoon fajokból álló mikroflórája. A talaj egyértelműen a mikrobák legnagyobb rezervoárja, amelyben számos lebontó organizmus található. Ezeknek a szerves anyagokat lebontó (romlását okozó) mikrobáknak kiváló táptalajt jelentenek a szerves tápanyagokban dús élelmiszerek. Érthető tehát, miért kell megakadályozni az élelmiszerek talajjal, és porral történő szennyeződését. Az élő, vegetatív mikrobasejt mellett nagy számban találhatóak meg a talajban a különböző mikroszervezetek környezeti hatásokkal szemben ellenálló kitartóképletei is. Ilyen kitartóképlet a baktériumok endospórája, a gombák vastag falú klamidospórája és szkleróciuma. Gyakran megtalálhatóak a talajban az endospóra képző, élelmiszermérgezést okozó, toxintermelő *Bacillus* és *Clostridium* fajok.

Az édes, és tengervíz alkotja a Földön a legnagyobb életteret. A tengervízben található pszikrofil és pszikrotróf mikrobák a hűtőszekrényben, 0 – 4 ^{o}C hőmérsékleten is képesek szaporodni, ezért a tengerből származó élelmiszereknél (pl. halak) számolnunk kell ezek jelenlétével, és káros, romlást okozó hatásukkal is. Ezen felül a part menti vizek nagyobb szennyvíz terhelése miatt jelentősebb számban találhatóak meg a fekál-orál terjedésű patogén mikrobák is. Ezek képesek a kagylókban felhalmozódni, és súlyos ételmérgezések (pl. hepatitisz, tífuszos láz, gasztroenteritisz) kiváltói lehetnek. A melegebb tengerekből származó puhatestűek természetes mikroflórájának részét képezheti a súlyos élelmiszer eredetű megbetegedéseket kiváltó *Vibrio parahaemolyticus* is.

Az édesvízben elsősorban a bekerülő szennyvíz jelent problémát, ami a fekál-orál terjedésű patogén mikrobák forrása. Ezek a mikrobák általában nem képesek szaporodni a felszíni vizekben, és csak rövid ideig életképesek. A szennyvíz terheltség kimutatása rendkívül fontos, ami a bélflórában nagy számban jelenlevő indikátor mikroba (pl. coliformok, *E. coli*) segítségével történik.

A nem fekál-orál terjedésű, toxintermelő mikrobák (pl. cianobaktériumok, kovamoszatok) is súlyos élelmiszer eredetű mérgezést okozhatnak, a toxinokat felhalmozó puhatestűek elfogyasztása révén (pl.: paralytic shellfish poisoning).

2.2.3 A növényeken található mikrobák

A növények levelén és gyökerén sajátos mikroflóra található. A fiatal növényeken általában kisebb számban, nem patogén, romlást nem okozó gombák (pl. *Cladosporium*) vannak jelen. Gazdag élesztő flóra található viszont a virágokban és a gyümölcsök (pl.

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

szőlőbogyó) felületén, amelyek beindíthatják a gyümölcslevek (pl. must) erjedését. Baktériumok közül a növények föld feletti részén a Gram-negatív pálcák (*Pectobacterium, Erwinia, Pseudomonas, Xanthomonas*) dominálnak, de jelen vannak Gram-pozitív baktériumok is (*Lactobacillus, Leuconostoc*), melyeknek a zöldségek fermentálásánál (pl. savanyú káposzta) hasznosíthatunk.

Az érés folyamán az öregedő növény felületén, illetve belsejében a lebontó (pl. pektinolítikus) baktériumok arányának növekedése figyelhető meg, amelyek a növényi élelmiszerek romlásában is szerepet játszanak.

Gabonák esetében legnagyobb problémát a penészek, illetve az általuk termelt mikotoxinok jelenléte okozza. A termés fertőződése megtörténhet már a szántóföldön (pl.: *Cladosporium* sp., *Alternaria* sp., *Helminthosporium* sp., *Chaetomium* sp., *Fusarium* sp.), de egyes gombák a szárazabb, raktározott növényeken is képesek növekedni és toxinokat termelni (pl.: *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp.).

2.2.4 Az állatok kültakaróján és gyomor-bélrendszerében található mikrobák

Az állatok felületén az állatra és az adott állat környezetére jellemző mikroflóra található. Meglepőnek tűnhet, de bizonyos szempontok alapján az állatok gyomor-bélrendszere is az állat felszínének tekinthető, amely egy nagyon speciális életteret jelent.

Bár az állatok kültakarója állandó érintkezésben van a környezetével (levegő, talaj, víz), a szennyező mikróbák csak rövid ideig tudnak fennmaradni. A száraz körülmények és az alacsony kémhatás ugyanis nem kedvez a mikrobák szaporodásának, így az egészséges állati kültakarón igen jellegzetes, főként Gram-pozitív *Staphylococcus, Corynebacterium* és *Propionibacterium* fajok alkotta baktériumflóra található.

Az orrgarat üreget általában nem patogén mikrobák kolonizálják, de stressz hatásra (pl.: hideg, éhezés, zsúfoltság) ezek is megbetegíthetik a gazdaszervezetet. Ilyen körülmények között könnyebben terjed például a *Staphylococcus aureus*, ami toxintermelése révén súlyos, hányással járó tüneteket alakíthat ki a fertőzött élelmiszert fogyasztóknál.

Az emésztőrendszer több szakaszra osztható, melynek egyes elemei jellegzetes mikroflórával rendelkeznek.

A szájüreg mikroba összetétele az elfogyasztott ételek függvényében változó. A diverz mikroflóra kialakulásához hozzájárul a szájüregben található sokféle mikrokörnyezet is. A fogakon kialakuló plakkokban a fogszuvasodás kialakításáért felelős *Fusobacter* nemzetség fajai találhatóak meg nagy számban.

A gyomor savas, általában 2 – 3 pH értékű közege a mikrobák számára kedvezőtlen élettér.

A bél mikroflórája viszont rendkívül változatos. Több mint 400 baktériumfaj található az emberi vékony és vastagbélben, melyek számát 10^{14} sejtre becsülik. Ez azt jelenti, hogy csak a bélüregben tízszer több mikrobasejt található, mint ahány sejtből áll az emberi test. A gyomortól a végbélnyílásig haladva folyamatosan nő a bélüregben található mikrobák száma. A vékonybél legfelső

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

szakaszán, a duodenumban 10^2–10^3 baktérium található milliliterenként. A következő szakaszon, a jejunumban ez a szám 10^3–10^4 értékre nő, míg a vékonybél legalsó szakaszán, az ileumban a jelen levő antimikrobiális faktorok (lizozim, IgA antitestek, epesók) jelenléte ellenére 10^5–10^6 milliliterenkénti értékre nő. A vékonybél normál mikroflórájában főként laktobaktériumok és sztreptokokkuszok találhatóak.

A vastagbél mikroflórája is igen jelentős, a benne található mikroorganizmusok intenzíven szaporodnak ezen a bélszakaszon. A fécesz 25–30%-át baktériumok alkotják, számuk eléri a 10^{10}–10^{11} grammonkénti telepképző egységet. A vastagbélben és a féceszben található baktériumok 90%-a az obligát anaerob *Bacteroides* és *Bifidobacterium* nemzetségbe tartozik. Jelentős számban találhatóak különböző enterobaktériumok is, mint az *Escherichia coli* (10^6 g^{-1} a normál bél-flórában), enterokokkuszok (10^5 g^{-1}), *Lactobacillus, Clostridium* és *Fusobacterium* (10^3–10^5 g^{-1}), továbbá kisebb számban élesztők, sztafilokokkuszok és pszeudomonaszok.

Összefoglalásként megállapítható, hogy a legtöbb élelmiszer, illetve élelmiszer alapanyag mikrobákkal szennyezett, ami vagy az élelmiszer alapanyag természetes mikroflórájából származik, vagy a környezetből (talaj, víz, levegő) kerül az élelmiszerre, illetve élelmiszerbe. A biztonságos élelmiszer előállításánál, illetve az élelmiszer tárolásánál tehát törekedni kell a szennyező mikrobák elpusztítására, vagy a megbetegedést, illetve romlást okozók visszaszorítására.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású
egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

3 Az élelmiszerekben található mikroorganizmusok taxonómiája

Az utóbbi évtizedekben sokat változott a mikrobák, köztük a baktériumok rendszerezése. A molekuláris genetikai módszerek eredményeképpen sok új taxon alakult ki. A DNS alapú módszerek eredményei mellett azonban mindig figyelembe veszik a hagyományos módszerek eredményeit is. Jelenleg a baktériumok rendszerezése és leírása három módszer eredményei alapján történik, melyek a következők: (1) fenotípus karakterek, (2) genotípusos jellemzők, (3) filogenetikai kapcsolatok. A fenotípusos és genotípusos tulajdonságok vizsgálatánál az élőlények közötti hasonlóságokat veszik számba, míg a filogenetikai módszerek az egyes élőlények közötti evolúciós kapcsolatok feltárásával egészíti ki az első két módszer eredményeit.

A fenotípus analízis vizsgálatánál a következő karaktereket veszik figyelembe:

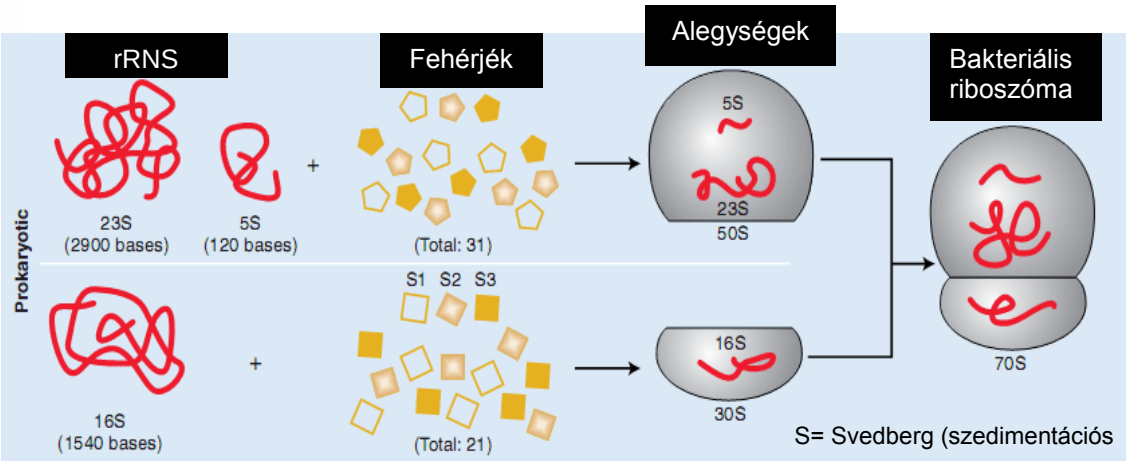
1. morfológiai jellemzők
2. metabolizmus jellemzői (biokémiai tulajdonságok)
3. Gram szerinti festődés
4. fiziológiai jellemzők
5. szerológiai jellemzők (szerotípus meghatározás)
6. a sejt kémiai összetevőinek jellemzése

A morfológiai karakterek közé tartozik a sejt nagysága és alakja, a telepmorfológia (nagyság, alak, szín, stb.) jellemzői, endospórák képződése, zárványtestek jelenléte, flagellumok száma és elhelyezkedése, tok megléte. A differenciáló Gram-festés alapján megkülönböztetünk Gram-negatív és Gram-pozitív baktériumokat. Szintén széleskörűen elterjedtek a szerológiai módszerek, melyek a faj alatti kategóriák (pl. *Salmonella* szerotípusok) elkülönítésében is alkalmazható. A metabolikus tulajdonságok közül az élelmiszer mikrobiológiában vizsgáljuk a különböző szénforrások, nitrogénforrások hasznosítását, cukrok fermentálásának képességét, a nitrogénfixálás képességét, növekedési faktor igényt. A mikroba fiziológiai jellemzői közül fontosak a növekedéshez szükséges hőmérsékleti, pH, sókoncentráció jellemzők, a mikroba oxigénigénye, a katalázok, vagy peroxidázok jelenléte és extracelluláris enzimek termelése. A sejt kémiai összetevőinek jellemzése közül a zsírsavösszetétel meghatározása (FAME: fatty acid methyl ester) elterjedt a humán kórokozókat vizsgáló laboratóriumokban, köztük az élelmiszer és víz mikrobiológiai laboratóriumokban is.

Napjainkban a DNS alapú módszerek elengedhetetlenek a pontos taxonómiai azonosításhoz. A nyolcvanas évektől kezdődően széleskörűen elterjedt az rRNS szekvencia alapján történő azonosítás, jelenleg pedig a teljes genomok elemzését és összehasonlítását végzik.

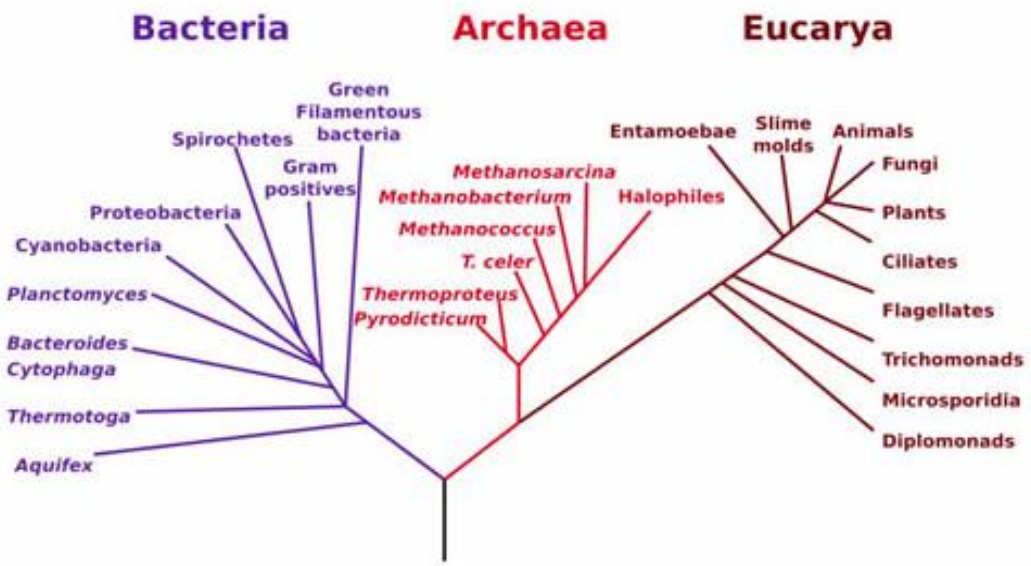
TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású
egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE



3.1. ábra: A bakteriális riboszóma felépítése.
(http://www.bio.miami.edu/dana/pix/ribosomes.jpg)

A fehérjékből és riboszómális RNS-ből álló riboszóma a fehérjeszintézis helye. A baktériumok riboszómája 70S (Svedberg) nagyságú, mely két alegységből épül fel. A 30S nagyságú kis alegység egy 16S nagyságú riboszómális RNS-ből (SSU: small subunit - kis alegység), és 21 fehérjéből áll. A nagy alegység 50S nagyságú, és a 31 fehérje mellett két riboszómális RNS alkotja: 5S rRNS, és 23S rRNS. Utóbbit nagy LSU-nak (lagre subunit – nagy alegység) is szokták nevezni (3.1. ábra).



3.2. ábra: Az élővilág különböző csoportjainak filogenetikai kapcsolatát megjelenítő törzsfa.
(http://www.expelledexposed.com/images/woese.jpg)

A 16S rRNS rendkívül konzervatív, így jól használható a baktériumok, illetve az egész élővilág filogenetikai kapcsolatainak feltárására. Az rRNS szekvenciák meghatározására két lehetőség áll rendelkezésre. Lehetőség van az izolált RNS átírására reverz

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

transzkriptáz enzim segítségével, és az így keletkező cDNS (komplementer DNS) azután polimeráz láncreakció (PCR) segítségével felszaporítható. A kapott fragmentum szekvenciája azután könnyen meghatározható. Lehetőség van közvetlenül DNS templátról is felszaporítani, majd szekvenáltatni a 16S rRNS kódoló gént (16S DNS). A szekvenciákat különböző adatbázisokban (pl. GeneBank) deponálják, így azok bárki számára hozzáférhetőek, és felhasználhatóak taxonómiai meghatározásokhoz és filogenetikai elemzésekhez. A riboszómális rRNS kis alegységének (prokatiótáknál 16S, eukariótáknál 18S) szekvenciája alapján szerkesztette meg **Carl Woese** a teljes élővilág filogenetikai kapcsolatát megjelenítő törzsfát, mely alapján az élővilágot 3 csoportra osztjuk: a Baktériumok, az Archeák és az Eukarióták doménjére (3.2. ábra).

A különböző fajok DNS-ének homológiáját sokáig széleskörűen használták a taxonómiai vizsgálatokban. Ennek egyik formája a DNS-RNS hibridizáció vizsgálata. Sokkal pontosabb eredményeket ad azonban a teljes genomok összehasonlítása DNS-DNS hibridizációval. Baktériumok esetében azonos fajnak akkor tekinthető két vizsgált izolátum, ha a genomi DNS-ük közötti homológia mértéke minimum 70%, vagyis az olvadáspontjuk (T_m) közötti különbség maximum 5°C.

3.1 Élelmiszerekben található baktériumok

A bakteriális DNS GC (guanin és citozin) tartalma több évtizede használt taxonómiai jellemző, és a 16S rRNS szekvenciákkal együtt alkalmazva különösen a **Gram-pozitív** baktériumok esetében fontos bélyeg. Jelenleg a Gram-pozitív baktériumokat további két nagy csoportra osztják. **Actinobacteria** a magas GC tartalmú Gram-pozitív baktériumok (G+C>55%) egyik csoportja. Ide tartoznak például a *Streptomyces, Bifidobacterium, Propionibacterium, Micrococcus, Corynebacterium, Brevibacterium* nemzetségek. A másik a **Firmicutes**, az alacsony GC tartalmú Gram-pozitív baktériumok csoportja (GC arány kisebb, mint 50%). A baktériumok Clostridium-ágának is nevezett csoportba sorolják a *Clostridium* genus tagjain kívül a *Bacillus, Staphylococcus, Lactobacillus, Pediococcus, Leuconostoc, Listeria* nemzetségeket.

A Gram-negatív baktériumok közül a proteobaktériumok törzsének van élelmiszeripari és élelmiszerbiztonsági jelentősége (4.3. ábra). A proteobaktériumokat rRNS szekvenciájuk alapján hat osztályra (alfa, béta, gamma, delta, epszilon, zéta) tagoljuk. Az osztályokon belüli legfontosabb élelmiszer mikrobiológiai szempontból jelentős nemzetségek a következőek:

α–proteobaktériumok: *Acetobacter, Asaia, Brevundimonas, Devosia, Gluconobacter, Paracoccus, Pseudoaminobacter, Sphingomonas, Xanthobacter, Zymomonas*.

β–proteobaktériumok: *Acidovorax, Alcaligenes, Burkholderia, Chromobacterium, Comamonas, Delftia, Hydrogenophaga, Janthinobacterium, Pandoraea, Pseudomonas* (növényi kórokozók), *Ralstoni, Telluri, Víriovora, Vogesella, Wautersi, Xylophilus*

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

γ-proteobaktériumok: **Enterobatreiaceae család** (*Escherichia, Citrobacter, Salmonella, Shigella, Proteus, Raoultella, Klebsiella, Edwardsiella*, stb), *Acinetobacter, Aeromonas, Alteromonas, Azomonas, Bacteroides, Carnimonas, Flavobacterium, Halomonas, Moraxella, Plesiomonas, Pseudoalteromonas, Pseudomonas, Psychrobacter, Photobacterium, Shewanella, Stenotrophomonas, Vibrio, Xanthomonas, Xylella*.

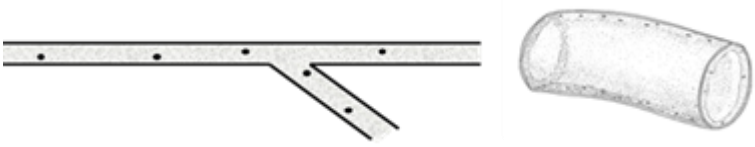
δ–proteobaktériumok: *Campylobacter, Helicobacter*

Mint látható, a legtöbb élelmiszerben található baktérium a γ-proteobaktériumok közé sorolható.

3.2 Élelmiszerekben található gombák

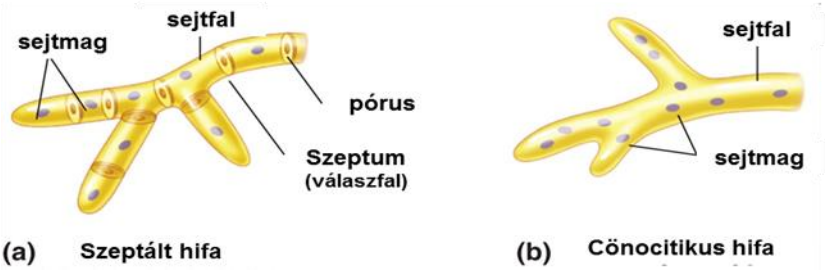
Az élelmiszerekben előforduló gombák elkülönítése egyrészt morfológiai alapon, másrészt főként DNS alapú filogenetikai markerekkel történik. A gombák életciklusában a vegetatív növekedésük mellet szaporodhatnak ivartalanul, nagyszámú aszexuális spóra termelésével, illetve ivaros spórákkal is. Először a legfontosabb morfológiai tulajdonságaikat vesszük sorra.

Az élelmiszerekben található gombákat morfológiai alapon **élesztő**kre és **penész**ekre oszthatjuk. Az egysejtű gombákat élesztőknek nevezzük. A penészek tenyészteste pedig sejtfallal körülvett, soksejtű hifából áll. A **hifa** elágazódásra képes, csöves szerkezetű vegetatív tenyésztest (3.3. ábra).



3.3. ábra: A hifa vázlatos rajza.

A hifa szerkezetét tekintve lehet harántfalakkal tagolt **szeptált hifa**. Másik típusa a harántfalak nélküli, sokmagvú forma, melyet **cönocitikus hifá**nak nevezünk (3.4. ábra).



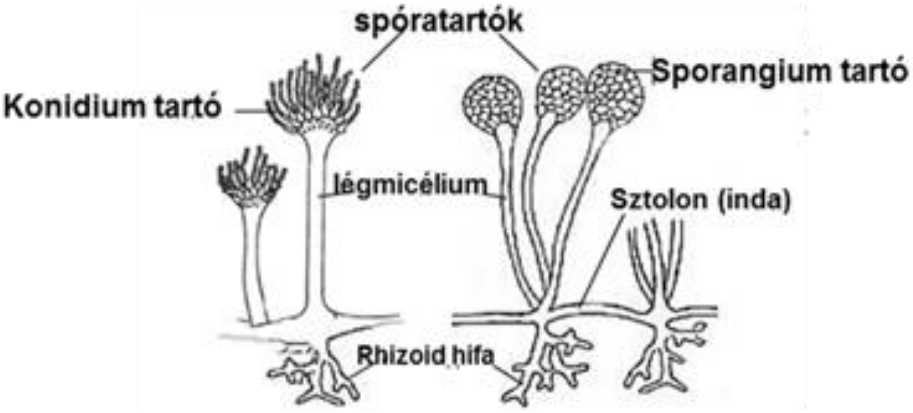
3.4. ábra: A szeptált és a cönocitikus hifa vázlatos képe. (http://www.medical-labs.net/wp-content/uploads/2014/04/Forms-of-hyphae-Septate-and-Coenocytic-Hyphae.jpg)

A hifák általában együtt növekednek a szubsztrátum felszínén, **micélium**ot (hifaszövedéket), vagy penészgyepet alkotva. A hifa növekedése során elágazódik, és benövi a szubsztrát felületét,

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

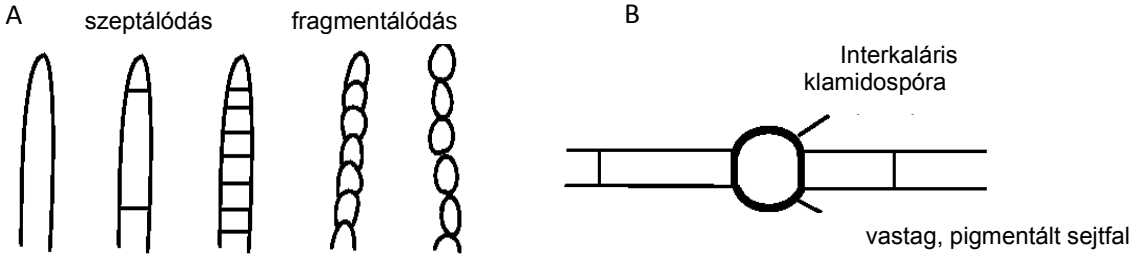
SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

sőt belenő a szubsztrátba. A hifaszövedékből **légmicélium**ok nyúlhatnak ki, melyeken ivartalan **spórák** képződhetnek nagy számban (3.5. ábra). Az ivartalan spórák képződését nem előzi meg ivarsejtek, ivarszervek egyesülése vagy meiózis, mint az ivaros spóráknál. Az ivartalan spórák szerepe a gomba elterjesztése.



3.5. ábra:A penészek spóratarói.(http://4.bp.blogspot.com/-4XuIgwwOIsM/T6ryESgX6MI/AAAAAAAAAC4/PjxwhHpvvLY/s1600/hyphae,+many+kinds,+sporophores2.jpg)

Az élelmiszerekben megtalálható gombák legfontosabb ivartalan spórái a konídiumok, sporangiospórák, artrospórák és klamidospórák. A konídiumok, vagy konidiospórák szabadon keletkeznek a konidiumtartókon. A sporangiospórák peridiummal fedett sporangiumban jönnek létre (3.5. ábra). Az artrospórák a hifa feldarabolódásával alakulnak ki szeptálódással, vagy fragmentálódással. A klamidospórák vastag falú kitartóképletek. Kialakulhatnak a hifa végén (terminálisan), vagy a hifafonalban, a vegetatív sejtek között (interkalárisan) (3.6. ábra).



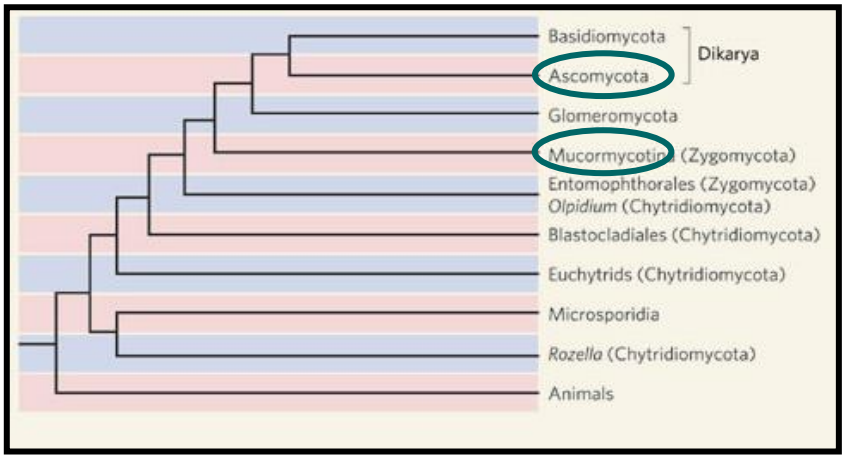
3.6. ábra: Az artrospórák (A) és a klamidospórák (B) keletkezésének vázlatos rajza. (http://www.fungionline.org.uk/images/6asexual/chlam.gif)

A konídiumok gyakran pigmentáltak és jól tűrik a kiszáradást. A konídiumok képződhetnek szabadon, vagy áltermőtestekben, például acervulusban és piknídiumban is.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

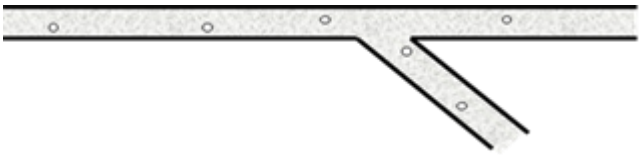
A gombák rendszertana, a baktériumokhoz hasonlóan, sokat változott az utóbbi időben, és a rendszertani felosztás folyamatosan változik. Az SSU (gombáknál 18S rRNS) szekvenciája mellett több gén szekvenciáját elemezve készítették el a gombák (Fungi) királyságának filogenetikai kapcsolatait megjelenítő törzsfát (3. 7. ábra).



3.7. ábra: A gombák (Fungi) országába tartozó taxonok közötti kapcsolat (Bruns, 2006). A bekeretezett csoportok az élelmiszerekkel kapcsolatos gombataxonokat jelölik. (http://scienceblogs.com/evolgen/wp-content/blogs.dir/296/files/2012/04/i-250d31268fcd82d0b1857ae49ba6e320-fungal_phylogeny.gif)

Legjelentősebb különbség a korábbi felosztásokhoz képest, hogy több csoportról, köztük a járomspórás gombákról (Zygomycota) bebizonyosodott, hogy annak felbontása, és rendszerezésének újragondolása erősen indokolt. Az arbuszkuláris mikorrhiza képzőket Glomeromycota néven, új gombatörzsként kiemelték a Zygomycota csoportból, és további taxonómiai változások is várhatóak. Az élelmiszereknél jelentős Rhyzopus és Mucor nemzetségek jelenleg a Mucoromycotina altörzsbe (subphyllum) tartoznak.

Az Ascomycota és a Basydiomycota törzsek közösen a Dycaria alkirályságba (subkingdom) tartoznak, és eltűnt a gombák ivartalan formáit magába foglaló Deuteromycota csoport, mint rendszertani egység. Az ide tartozó gombákat molekuláris filogenetikai markerek segítségével besorolták az Ascomycota és a Basydiomycota csoportokba. Az ivartalan formákat jelenleg konídiumos gombákként emlegetnek, és a hivatalos taxonómiai leírásokból eltűnt a csoporttal kapcsolatosan használt Deuteromycota, illetve az imperfekt gombák elnevezés.

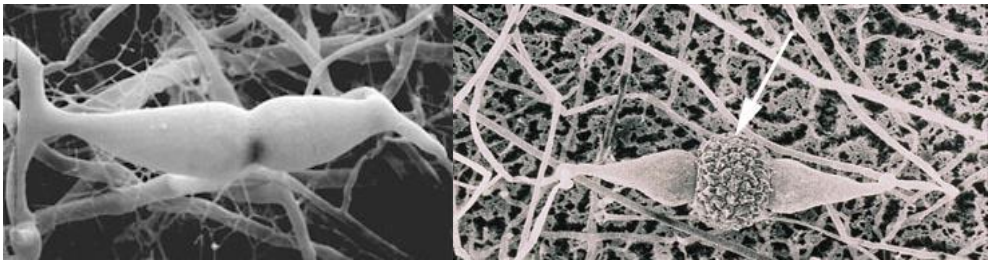


3.8. ábra: A cönocitikus hifa vázlatos rajza

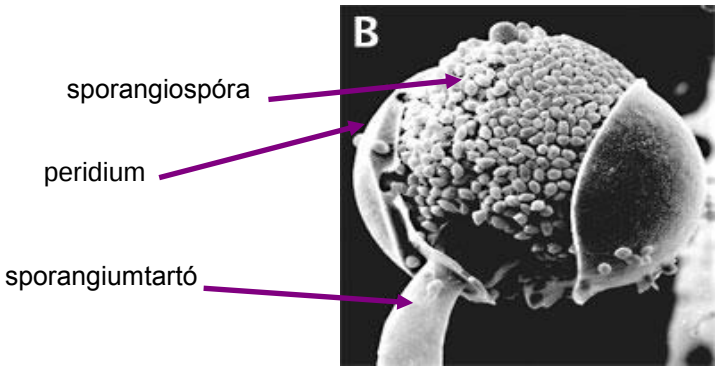
TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

A **Mucoromycotina** altörzs fajai gyakran megtalálhatóak talajban és elhalt növényi maradványokon, illetve élelmiszereken. Ázsiában speciális fermentált élelmiszerek (pl. tempeh – Indonézia) előállítására is használnak Rhizopus fajokat. Nálunk inkább a zöldségek, gyümölcsök, illetve egyéb élelmiszerek romlásában szerepet játszó károsító tevékenységük jelentős. Gyorsan növekedő penészgyepet alkotnak. Teleptestük harántfalakat nem tartalmazó, **cönocitikus** micéliumból áll (3.8. ábra).



3.9. ábra: Egyesülő gametangiumok (baloldali kép) és vastag falú zigospóra (jobboldali kép, nyíl). (http://tolweb.org/Zygomycota/20518, http://www.apsnet.org/edcenter/illglossary/Article%20Images/zygospore.jpg)



3.10. ábra: Sporangiospórák a peridiummal fedett sporangiumtartóban. (http://tolweb.org/Zygomycota/20518)

A Mucoromycotina altörzs fajainak ivaros szaporodása során a hifákból gamentangiumok alakulnak ki. Kompatibilis (eltérő párosodási típusba tartozó) ivarszervek morfológiailag azonosak (izogametangiumok). Összeolvadásukkal (gametangiogámia) történik meg a plazmogámia, majd a kariogámia, és létrejön a vastag falú ivaros spóra, az ellenálló zigospóra. (3.9. ábra). Ivartalan spórájuk a peridiummal fedett sporangiumokban kialakuló sporansiospóra (3.10. ábra). Élelmiszerekkel kapcsolatos fontosabb nemzetségeik: *Mucor, Rhizopus, Thamnidium*.

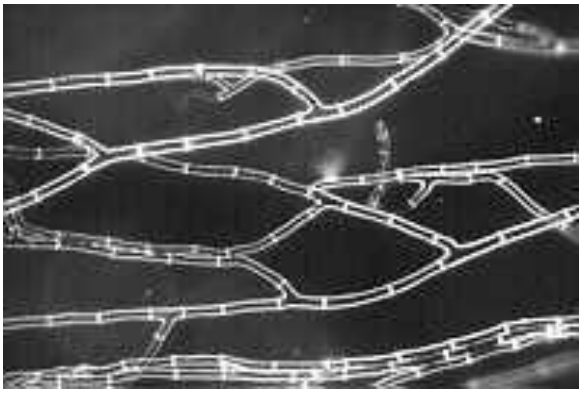
Az **Ascomycota** (tömlősgombák) törzset jelenleg három altörzsre osztják: **Taphrynomycotina, Saccharomycotina** (aszkuszos élesztők) és **Pezizomycotina**. Mitospórás gombák néven szintén itt találhatóak az ivartalan szaporodási alakok, melyeket korábban Deuteromycetes (vagy Fungi Imperfecti, illetve Conidiomycetes) csoportba különítettek el. Ezek közül élelmiszer mikrobiológiai

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

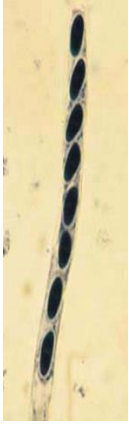
jelentősége a jelenleg a Taphrynomycotina altörzsbe sorolt hasadó élesztőknek (*Schizosaccharomyces*) a Saccharomycotina altörzsbe tartozó valódi élesztőknek, illetve a Pezizomycotina csoportba tartozó penészeknek, és ezek ivartalanul szaporodó formáinak van.

A fonalas tömlősgombák telepteste válaszfalas hifákból áll. (3.11. ábra).



3.11. ábra: Válaszfalas hifa mikroszkópi képe.
(http://www.uoguelph.ca/~gbarron/MISCELLANEOUS/hyphae.htm)

A tömlősgombák ivaros spórája a tömlőkben (ascus) keletkező aszkospóra (3.12. ábra). Az aszkuszok képződhetnek szabadon, vagy termőtestben. Az élelmiszerekben előforduló tömlősgombák ivartalan alakjainak fontosabb spóraformái az arthrospóra, a klamidospóra (3.6. ábra) és a konídium. Utóbbi képződhet termőtest nélkül szabadon, illetve/vagy áltermőtestben is.

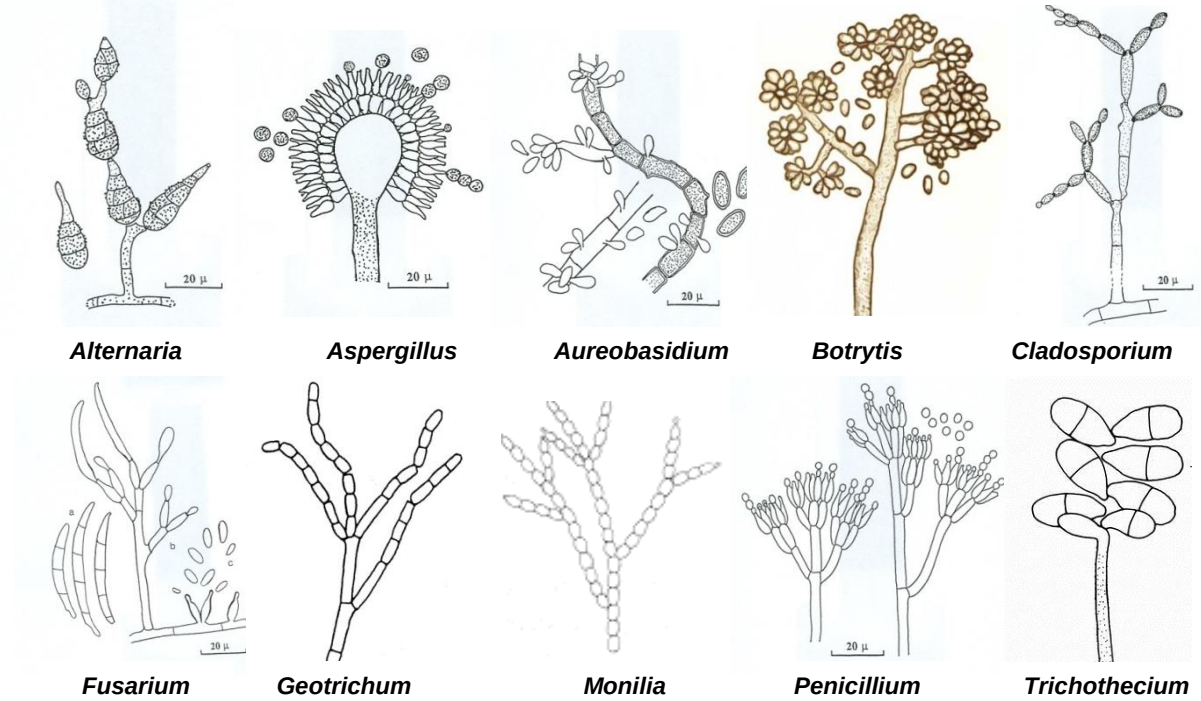


3.12. ábra: Aszkuszok mikroszkópi képe aszkospórákkal.
(http://www.apsnet.org/edcenter/illglossary/Article%20Images/ascus.jpg)

A Perizimycotina csoportba tartozó élelmiszer mikrobiológiában fontosabb nemzetségek: *Byssochlamys, Emericella, Eupenicillium, Eurotium* (Eurotiales rend, Trichocomaceae család). Az ivartalan alakok (mitospórás vagy konídiumos gombák) fontosabb nemzetségei: *Alternaria, Aspergillus, Aureobasidium, Botrytis,*

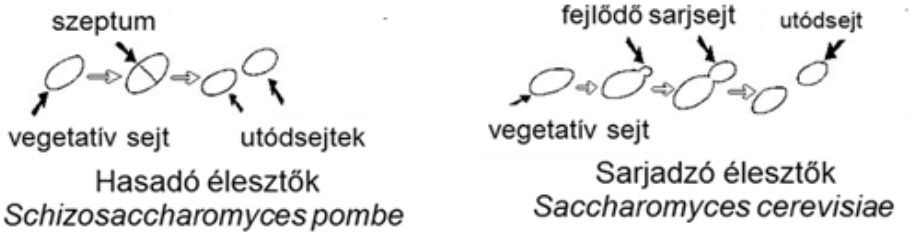
SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Cladosporium, Fusarium, Geotrichum, Monilia, Penicillium, Trichothecium (3.13. ábra).



3.13. ábra: Fontosabb mitospórás gomba nemzetség ivatratlan spóra képzése (Gaeotrichum – artrospóra), illetve konidiumtartója. (http://mycota-crcc.mnhn.fr/image/ImageGenre,http://www.mycolog.com/monilia.gif, http://147.100.108.242/caracterisation/caracterisation_utilisateur/images/conidiophore_botrytis.jpg, http://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/ps06/mikroorg/web/images/plisne/perokresby/Trichothecium_roseum_nakres.jpg)

A penészekhez hasonlóan az élesztő elnevezés sem rendszertani bélyeg, hanem a gomba morfológiája alapján kialakított kategória. Az egysejtű gombákat nevezzük élesztőknek, melyek jól elkülöníthetőek az élelmiszerekben található, hasonló megjelenésű baktériumoktól (1-2 μm), hiszen azoknál jóval nagyobbak (5 - 8 μm).



3.14. ábra: Az élesztők szaporodásának típusai.

Az élesztősejtek számukat egyszerű sejtosztódással, vagy sarjadzással (blasztospóra képzés) kettőzhetik meg (3.14. ábra). Az osztódással (valójában széles alapú bimbózással) szaporodó hasadó élesztők rendszertanilag a Tahrynomycotina altörzs

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Schizosaccharomycetes osztályába tartoznak. Legismertebb fajuk a *Schizosaccharomyces pombe*.

Az aszkuszos gombák között található, blasztospóraképzéssel szaporodó valódi élesztők filogenetikailag elkülönülő csoportot alkotnak: a Saccharomycotina altörzsön belül található egyetlen osztály (Saccharomycetes), egyetlen rendjébe (Saccharomycetales) sorolhatóak. Az ide tartozó legfontosabb fajok a *Hanseniaspora* (inperfect: *Kloeckera*), *Debaryomyces, Pichia*, továbbá a Saccharomycetaceae családba tartozó Kluyveromyces, Saccharomyces, Torulaspora, *Zygosaccharomyces* nemzetség fajai. Az ivartalan (imperfect) alakok közül a legfontosabbak a *Brettanomyces* (perfect: *Dekkera*), *Candida, Cryptococcus, Rhodotorula, Trichosporon* genus fajai.

3.3 Élelmiszerekben található protozoonok

A protozoonok rendszerezése a korábban tárgyalt csoportokéhoz hasonlóan sokat változott az utóbbi években a DNS alapú filogenetikai rendszerezés előtérbe kerülésével. Élelmiszer mikrobiológiai szempontból legfontosabb fajaik: *Cryptosporidium parvum, Cyclospora cayetanensis, Toxoplasma gondii* (Alveolata csoport, Apicomplexa törzs), *Entamoeba histolytica* (Amoebozoa csoport) és *Giardia lamblia* (Fornicata csoport).

3.4 Az élelmiszerekben előforduló fontosabb mikroba nemzetségek rövid leírása

Acinetobacter: (gör. akinetos, „nem tud mozogni”) Gram-negatív pálcák, a Gammaproteobakteria osztályának Moraxellaceae családjába sorolják. Oxidáz negatív, szigorúan aerob, nitrátot nem redukáló baktériumok. Fiatal tenyészete egyértelműen pálcika alakú, de idős tenyészetében sok kokkoid sejt található. A talajban és az édes vizekben általánosan elterjedtek. Főként a hűtve tárolt, nyers élelmiszerekben gyakori az előfordulásuk.

Aeromonas: (gör. „gázképző”) A Gammaproteobakteria osztályának Aeromonadaceae családjába sorolt, vízi életmódú, Gram-negatív pálca, melyet korábban a szintén vízi életmóddal jellemzett Vibrionaceae családba soroltak. Cukrok fermentációja során bőséges gázképzés jellemzi. A halak bélfórájában található; egyes fajai a halak kórokozói.

Alcaligenes: („lúgot termelő”) Bár a Gram-negatív baktériumok közé tartoznak, időnként Gram-pozitívan festődnek. A β-proteobaktériumok osztályának Alcaligenaceae családjába sorolják. Pálcika alakúak, a cukrokat nem fermentálják. Pigmentet nem termelnek. A bomló anyagokon gyakran megtalálható, széleskörűen elterjedt mikrobák. Élelmeiszerek közül a nyers tejben, szárnyasokból származó termékekben találhatóak meg, illetve fekáliából is származhatnak.

Alteromonas: (másik monad– egysejtű élőlény) Gram-negatív, γ-proteobaktériumok. Szigorúan aerob, mozgékony pálcák. Tengervízben, partközeli vizekben fordulnek elő. A tengerből származó élelmiszereken, illetve élelmiszerekben találhatóak.

Acrobacter: (lat. „új”) Korábban *Campylobacter* fajokként számon tartott, Gram-negatív, az ε-proteobaktériumok közé tartozik. Görbült pálca alakja hasonló a *Campylobacter*-hez, de

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

azoktól eltérően aerotoleráns, és képes növekedni 15 °C-on is. Élelmiszerek közül szárnyasokban, nyers tejben, kagylóban, vízben, marhából és sertésből készült termékekben fordul elő. Oxidáz és kataláz pozitív baktériumok. Állatokban magzatelhalást, és enterális tüneteket okoz. Emberekben az *A. butzleri* okozhat enterális tüneteket.

Bacillus: (lat. „pálca") Gram-pozitív, aerob, endospóraképző pálca (Firmicutes rend, Bacillaceae család). Legtöbb fajuk mezofil, de pszikrofil és termofil fajai is vannak. Mindössze két patogén faja van: a lépfene (antrax) kórokozója, a *B. antracis* és a *B. cereus*. Utóbbinak csak néhány törzse okoz élelmiszer eredetű gasztroenteritiszt.

Brevibacillus: Korábban a *Bacillus* nemzetségbe sorolt, Gram-pozitív, aerob, endospóraképző pálca Gram-pozitív, aerob, endospóraképző pálca (Firmicutes rend, Paenibacillaceae család). Talajban és vízben előforduló, gyakran megtalálható a növények felületén, a levegőben és a porban. Legalább kilenc fajuk ismert.

Brochorthix: (lat. brochos: hurok, thrix: fonal) Gram-pozitív, endospóraképző pálca, a *Lactobacillus* és a Listeria nemzetség közeli rokona (Firmicutes rend, Listeriaceae család). Az exponenciális fázisban lévő sejtek pálcika alakúak, míg az idősebb sejtek kokkoidok, ami a corynebatériumokra jellemző tulajdonság. Két fajuk ismert: *B. campestris* és *B. thermosphacta*. Gyakran megtalálhatóak hústermékekben, valamint gázt át nem eresztő csomagolásban, fagyasztóban tárolt nyers és feldolgozott húskészítményeken. A *B. campestris* ramnóz és hippurát pozitív, míg a *B. thermosphacta* nem. A genus fajainak G+C aránya: 36.

Burkholderia: Gram-negatív, pálcika alakú, β-proteobaktérium, korábban a *Pseudomas* genusba sorolták. Gyakran megtalálhatóak növények, különösen virágok felületén, nyers tejben. A zöldségek romlását okozzák. A nyers tejben gyakran megtalálható *B. cepacia* a cisztás fibrózisos betegekben jelentős patogén.

Campylobacter: (gör. campylo: görbült) Gram-negatív, scirálisan görbült pálca. Korábban a vibriók közé sorolták. Az ε-proteobaktériumok közé tartozik. Mikroaerofil és anaerob fajai ismertek.

Carnobacterium: (lat. carnis: hús) Gram-pozitív, kataláz negatív pálca (Firmicutes rend, Carnobacteriaceae család). Korábban a lactobacillusok közé sorolták. Heterofermentatívak, glükózból gázt termelnek. Általában 0 és 45 °C között növekednek. GC arányuk 33,0-37,2. A lactobacillusoktól eltérően nem növekednek acetáton, de termelnek olajsavat. Vákum csomagolt húsokon és hústermékeken, valamint halon és szárnyas húsokon találhatóak meg.

Citrobacter: Gram-negatív, γ-proteobaktérium, az enterobaktériumok (Enterobacteriaceae család) közé tartozik. Pálcika alakú, a laktózt lassan fermentálja, telepei általában citromsárgák. Minden fajuk képes a citrátot egyedüli szénforrásként hasznosítani. A *C. freundii* gyakran megtalálható élelmiszerekben. Különböző fajai általánosan elterjedtek a zöldségeken és a húsokon.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Clostridium: (gör. closter: orsó) Anaerob, Gram-pozitív, endospóraképző pálca (Firmicutes rend, Clostridiaceae család). Aerob párjához, a *Bacillus* nemzetség tagjaihoz hasonlóan általánosan elterjedt, gyakran megtalálható a környezetben. Több faja humán patogén. Élelmiszer eredetű megbetegedést a *C. perfringens* és a *C. botulinum* (botulizmus) fajok okoznak. Mezofil, pszikrofil és termofil fajai is vannak.

Corynebacterium: (gör. coryne: buzogány) Gram pozitív, pálcika alakú baktérium (Actinobacteria rend, Corynebacteriaceae család). Szerepet játszhat a zöldségek, és a húsok romlásában. Általában mezofilek, de vannak pszikrofil fajai is. A növényi kórokozókat a ***Clavibacter***, és a *Curtrobacterium* nemzetségekbe helyezték át. Humán patogén faja a *C. diphtheriae* a szamárköhögés kórokozója. GC arányuk 51-63 közötti.

Enterobacter: Az enterobaktériumok (Enterobacteriaceae család) közé tartozó Gram-negatív pálca. Az élelmiszerekben előforduló, patogén *E. sakazakii* 2007-ben átkerült a *Cronobacter* nemzetségbe (*Cronobacter sakazakii*).

Enterococcus: Gram-pozitív baktérium. Megjelenésére a magányos, páros, vagy rövid láncokat alkotó tojásdad alakú sejtek jellemzőek.

Erwinia: Növényeken megtalálható, az enterobaktériumok (Enterobacteriaceae család) közé tartozó Gram-negatív pálca. Néhány faj átkerült a *Pantoea* nemzetségbe. Az *E. carotovora* és az *E. chrysanthemi* pedig a *Pectobacterium* nemzetségbe kerültek át (*P. carotovora* és *P. chrysanthemi*).

Escherichia: Az *E. coli* a legtöbbet tanulmányozott baktérium (Gram-negatív, gammaproteobacterium, törzs Enterobacteriaceae család). Több törzse képes élelmiszer eredetű megbetegedést okozni. Az *E. coli* a fekális szennyezés kimutatására is használt baktérium.

Flavobacterium: Agaron és növények felszínén citromsárga és piros pigmenteket termelő, Gram-negatív pálca (Bacteriodetes törzs, Flavobacteriaceae család). Mezofil, vagy pszikrofil baktériumok. A hűtött húsok és zöldségek romlásában játszik szerepet.

Hafnia: Az enterobaktériumok (Enterobacteriaceae család) közé tartozó mozgékony, lizin és ornitin pozitív, Gram-negatív pálca. Jelenleg két faja ismert: *H. alvei* és a *H. paralvei*. A hűtött húsok és zöldségek romlását okozza.

Kocuria: A *Micrococcus* genusból újonnann létrehozott nemzetség. Gram-pozitív (Actinobacteria rend, Micrococcaceae család), oxidáz negatív, kataláz pozitív. DNS-ének GC aránya 66-75%.

Lactobacillus: Gram pozitív, kataláz negatív pálca alakú baktérium (Firmicutes rend, Lactobacillaceae család). A pálcák gyakran hosszú láncokat alkotnak. Az élelmiszerekben előfordulóak mikroaerofilek, de a vastagbél és a bendő mikroflórájában valódi anaerob fajok találhatóak. Általában előfordulnak a zöldségek felületén és a tejtermékekben. A *L. suebicus* fajt pürésített alma és körte húsból izolálták. Képes növekedni savas (pH 2,8) körülmények között 12-

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

16% alkoholtartalom mellett. Részt vesznek a fermentált termékek előállításában. Megtalálhatóak a hűtött, vákuum csomagolt húsokban.

Lactococcusus: Gram-pozitív (Firmicutes rend, Streptococcaceae család), mozgásra nem képes kerek vagy tojásdad kokkuszok, melyek magányosak, de alkothatnak párokat, vagy láncokat. Kataláz negatívak. 10 ^{o}C-on növekednek, 45 ^{o}C-on azonban nem. Fermentációjuk során főként L-tejsavat képeznek.

Leuconostoc: A *Lactococcus*-ok mellett a tejsavbaktériumok másik nemzetsége. Gram-pozitív (Firmicutes rend, Leuconostocaceae család), kataláz negatív, heterofermentáló baktériumok. A lactobacillusokkal együtt fordulnak elő.

Listeria: Gram-pozitív (Firmicutes rend, Streptococcaceae család), spórát nem képező pálcák, melyek a Brochothrix nemzetséggel szoros rokonságban állnak. Hidegben, a hűtött élelmiszerekben is képesek növekedni.

Micrococcus: Gram-pozitív (Actinobacteria rend, Micrococcaceae család), kataláz negatív pálcák, az elmősök bőrén általában megtalálhatóak, magas NaCl koncentrációnál is növekedő baktériumok.

Moraxella: Gram-negatív (Gammaproteobakteria osztály) rövid pálcák. Oxidáz pozitív baktériumok, glükózból nem képeznek savakat. GC arányuk 40-46%.

Paenibacillus: Gram-pozitív (Firmicutes rend, Paenibacillaceae család), a közelmúltban létrehozott nemzetség. Tagjai korábban a *Bacillus* és a *Clostridium* genusba tartoztak. Számos makromolekulát képesek lebontani, antibakteriális és antifungális anyagokat termelnek. Néhány növénnyel asszociálódott fajuk képes N_2 megkötésére. Nyers, és UTH tejből is izolálták már.

Pandoraea: Gram-negatív (Betaproteobakteria osztály, Burkholderiaceae oszály) baktérium. Élelmiszerekben nem gyakori a jelenléte. A *P. norimbergenesis* fajt tejporból mutatták ki.

Pantoea: Gram-negatív (Gammaaproteobakteria osztály, Enterobacteriaceae oszály), tokot és spórát nem képező, egyenes pálca. Legtöbbjük peritrich csillóval rendelkező, mozgásra képes baktérium. Széleskörűen elterjedtek. Megtalálhatóak növények felületén, magvakban, talakban, vízben, emberi mintákban. Vannak közöttük növényi kórokozók is. Fajait korábban az *Enterobacterium*, illetve az *Erwinia* nemzetségbe sorolták.

Pediococcus: Gram-pozitív (Firmicutes rend, Lactobacillaceae család), homofermentatív coocus sejtjei párokat vagy tertádokat alkotnak. A *P. acidilactici* általános starterkultúra, ám ismert egy eset, amikor humán szeptikémiát okozott. DNS-ének GC aránya 34-44%.

Proteus: Az enterobaktériumok (Enterobacteriaceae család) közé tartozó Gram-negatív pálca. Alakját képes változtatni (nevét Próteusz-ról, az alakját változtatni képes görög tengeristenről kapta). Mozgásra képes, a nedves agarlemez felületét szinte elárasztva képes növekedni. Tipikus enterobaktériumként a humán és állati bélrendszer lakója. Izolálhatóak züldségekből és hústermékekből, különösen a

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

mezofil közülmények között romlásnak indukt termékekből.

Pseudomonas: (hamis monad) Tipikus talajban és vízben megtalálható baktériumok. Általánosan elterjedtek a friss élelmiszereken, különösen a zöldségeken, húsokon, szárnyasokon és tengerből származó termékeken. Korábban a legnagyobb genusz volt, amit 13 nemzetségre osztottak fel. Gram-negatív pálca (Gammaproteobacteria törzs, Pseudomonadaceae család).

Psychrobacter: Gram-negatív (Gammaproteobakteria osztály, Moraxallaceae család). A nemzetséget eredetileg azért hozták létre, hogy ide gyűjtsék a mozgásra nem képes Gram-negatív pálcák egy részét az *Acinetobacter* és a *Moraxella* nemzetségből. Sejtjeik kövér kokkobacillusok, melyek gyakran párban fordulnak elő. Aerob, nem mozgó, oxidáz és kataláz pozitív baktériumok, melyek általában nem tudnak a glükózt fermentálni. Képesek 6,5% NaCl tartalom mellet is növekedni, akár 1 ^{o}C-on, ugyanakkor nem nőnek 35, 37 illetve 45 ^{o}C-on. Általában hidrolizálják a tween 80-at és lecitináz pozitívak. Az *Acinetobacter* nemzetség tagjaitól eltérően érzékenyek a penicillinre, oxidáz pozitívok és hasznosítják az aminovalerátot. A *Pseudomonas* nemzetségtől glicerin és fruktóz hasznosító képessége különíti el. Gyakran megtalálhatóak húson, baromfiakon, halon, illetve a vizekben.

Salmonella: A Gram-negatív (Gammaproteobakteria osztály, Enterobacteriaceae család) nemzetség minden faja emberi kórorkzó. Jelenleg három fajra különítik el: *S. enterica, S. bongori, S. subterranea*. A *S. enterica* fajon belül több mint 2400 szerotípust különítenek el. Az egyes szerotíposokat a következőképpen jelölik: *Salmonella enterica* serovas Typhi, vagy *Salmonella* Typhi.

Serratia: Gram-negatív (Gammaproteobakteria osztály, Enterobacteriaceae család) általában vörös színű pigmentet termel a tenyészetben és az élelmiszereken, bár pigmentet nem termelő törzsei sem ritkák. Proteolítikus aktivitással rendelkező aerob baktériumok. Élelmiszeren található fajai közül a *S. liquefaciens* a legyakoribb. A hűtve tárolt zöldségek, és húsok romlását okozza. Érdekesség, hogy találtak spóraképző *S. marcescens* izolátumot is.

Shewanella: Az először *Pseudomonas putrefaciens* néven leírt baktériumot először *Alteromonas putrefaciens*-re változtatták, majd a *Shewanella* genusba helyezték át *S. putrefaciens* néven. A Gram-negatív (Gammaproteobakteria osztály, Shewanellaaceae család), egyenes, vagy görbült pálca alakú baktériumok poláris flagellum segítségével mozognak és nem termelnek pigmenteket. Oxidáz pozitív rakciót adnak. Édesvízben, vagy tengerekben élnek.

Shigella: Gram-negatív enterobaktérium (Gammaproteobakteria osztály, Enterobacteriaceae család). Minden faja humán patogén.

Sphingomonas: Gram-negatív (Alphaproteobakteria osztály, Sphingomonadaceae család). Általában sárga pigmentet termelnek. Korábban a Flavobacterium nemzetségbe tartozó fajok tartoznak ide. Vizekben és egyes zöldségeken fordulnak elő. Emberi megbetegedéseket okozhatnak.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Staphylococcus: (szőlőfürtszerű kokkusz) Gram-pozitív, kataláz pozitív kokkuszok (Firmicutes rend, Staphylococcaceae család) közé tartozó *S. aureus* számos humán megbetegedés, köztük az élelmiszer eredetű gasztroenteritisz kórokozója.

Stenotrophomonas: (kevés szubsztráton élő) Ezek a Gram-negatív pálcák (Gammaproteobakteria osztály, Xanthomonadaceae család) gyakran előfordulnak növényeken, talajból, vízből, tejből is izolálták már. Számos termesztett növény rhizoszférájában megtalálhatóak, a növényekkel szimbiózisban élő, növekedésüket serkentő baktériumok. Egyenes vagy görbült, poláris flagellummal rendelkező, mozgó, pálcika alakú baktériumok.

Vagococcus: (vándorló kokkusz) A genust a Lactococcus nemzetség tagjaiból különítették el, a 16S rRNS szekvenciák alapján. Peritrich flagellummal rendelkező, mozgékony, Gram-pozitív (Firmicutes rend, Enterococcaceae család), kataláz negatív baktériumok. 10 ^{o}C-on képesek növekedni, 45 ^{o}C-on azonban nem. 4% NaCl jelenlétében még képesek a növekedésre, 6,5% NaCl koncentráción és 9,6 pH-án azonban már nem. GC arányuk 33,6%. Legalább egy fajuk termel H_2S-t. Halakon, ürülékben és vizekben fordulnak elő.

Vibrio: Gram-negatív (Gammaproteobakteria osztály, Vibrionaceae család) egyenes vagy görbült pálcák. Számos gasztroenteritiszt kiváltó faj található a nemzetségben.

Weissella: 1993-ban különítették el a tejsavbaktériumoknak ezen a nemzetségét. Gram-pozitív (Firmicutes rend, Leuconostocaceae család) baktériumok. A *W. paramesentheroides* és a *W. hellenica* glükózból DL-tejsavat képez. Szénhidrátokból gázt fejlesztenek.

Yersinia: Gram-negatív (Gammaproteobakteria osztály). Ebbe a nemzetségbe tartozik *Y. pestis*, a pestis kórokozója is. A *Y. enterocolitica* élelmiszer eredetű gasztroenteritisz kórokozója.

3.5 Élelmiszerekben előforduló mikrobák elsődleges forrásai

Minden mikroba csoportnak megvan a speciális környezeti és tápanyag igénye, mint azt egy korábbi fejezetben is említettük. Adott élőhelyen, illetve adott élelmiszerben tehát meghatározott fajok, nemzetségek találhatóak. Ezek ismerete segít egyrészt annak meghatározásában, hogy milyen jellegű mikrobiális veszélyre szükséges figyelnünk egy-egy élelmiszer esetében. Másrészről adott mikroba jelenléte rámutat egy-egy élelmiszerfertőzés, illetve mérgezés eredetére is.

A talajban és a vízben előforduló baktériumokról és gombákról elmondható, hogy az egyikben előforduló fajok a másik élettérben is megtalálhatóak. Kivételt jelentenek ez alól a sós vízi élettérhez kötött gombák (pl. *Alteromonas*). Ebben az élettérben jellemzően a következő baktérium nemzetségek találhatóak meg: *Acinetobacter, Bacillus* (talajban), *Clostridium* (talajban), *Corynebacterium, Pseudomonas, Psychrobacter, Vagococcus, Vibrio*. Jellemző protozoonok: *Cryptosporidium parvum, Giardia lamblia,Cyclospora cayetanensis*.

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

A legtöbb talajban, és vízben található mikroba szennyezésként a növényekre kerülhet, de csak kevés faj képes kötődni és hasznosítani az ott található tápanyagokat, és így hosszabb ideig fennmaradni a növényi felszínen. A növényekre jellemző mikroflóra domináns összetevői a tejsav baktériumok és egyes élesztők, melyek között az *Acinetobacter, Alcaligenes, Bacillus, Carnobacterium, Citrobacter, Clostridium, Corynebacterium, Enterobacte, Enterococcus, Lactococcus, Lactobacillus, Leuconostoc, Pediococcu, Proteus, Pseudomonas, Psychrobacter, Serratia* nemzetségek tagjait találhatjuk meg. Jellemző a növényi kórokozó baktérium nemzetségek (*Corynebacterium, Curtrobacterim, Pectobacterium, Pseudomonas, Xanthomonas*) jelenléte is. Szintén általános a penészek előfordulása is. A gyomorbél rendszerben található mikrobák a szennyezett vízzel kerülhetnek leggyakrabban a növényekre. Nagy részük (pl.: *Salmonella*) az emésztőrendszeren kívül rövid ideig életképes.

A növények felületéről a mikrobák folyamatosan az élelmiszertároló illetve feldolgozó eszközökre kerülnek, és jellegzetes mikroflórát alakítanak ki.

A hús feldolgozása (vágás, darálás) során hasonlóképpen jellegzetes mikroflóra alakulhat ki a hússal kapcsolatba kerülő eszközökön. Szárnyasoknál és más tenyésztett állatoknál a fertőzött takarmány a *Salmonella* fertőzés egyik lehetséges forrása. Siló takarmányból pedig *Listeria monocytogenes* kerülhet a tejbe, illetve a húsba. Száraz takarmányból nemcsak az elfogyasztott táplálék, hanem az állat kültakarója is szennyeződhet mikrobákkal. Az állati takarmányokban előforduló jellemző baktérium nemzetségek a következőek: *Bacillus, Clostridium, Enterococcus, Escherichia, Listeria, Micrococcus, Proteus, Staphylococcus.* Protozoonok közül a *Cryptosporidium parvum, Entamoeba histolytica, Giardia lamblia* előfordulására lehet számítani. Tejelő szarvasmarháknál a nyers tejbe kerülhetnek a tőgyön található mikrobák, melyek az állat környezetére jellemzőek. A tőgyön, és a kültakarón található mikrobák azután tovább szennyezhetik a környezetet, illetve rákerülhetnek a tejet tároló edényekre, és az állattal kapcsolatba kerülő gondozókra. Állat bőrén, illetve kültakaróján található baktérium nemzetségek: *Acinetobacter, Alcaligenes, Bacillus, Clostridium, Corynebacterium, Enterobacter, Enterococcus, Flavobacterium, Lactococcus, Lactobacillus, Leuconostoc, Listeria, Micrococcus, Moraxella, Pediococcus, Proteus, Pseudomonas, Psychrobacter, Serratia, Staphylococcus*.

Fekális szennyeződés esetén az élelmiszerekben az Enterobecteriaceae család tagjai (*Escherichia, Salmonella, Shigella*), egyéb bélben található patogén baktériumok (*Vibrio, Yersinia, Clostridium*) valamint protozoonok (*Cryptosporidium parvum, Entamoeba histolytica, Toxoplasma gondii, Cyclospora cayetanensis, Giardia lamblia*) fordulhatnak elő.

Élelmiszerekkel kapcsolatba kerülő dolgozók esetében nagyon fontos a személyi higiénia, és a higiéniai előírások betartása, hiszen tükrözi a dolgozó környezetét és életterét (habitat). A mikrobák egyrészt a környezetből, például a talajból, vízből, porból kerülhetnek az élelmiszerekkel kapcsolatba kerülő dolgozók kezére és ruházatára, másrészt saját mikroflórájukkal is beszennyezhetik azt. Nagyszámú mikroba található ugyanis minden ember orr- és szájüregében, bőrén, valamint a bél

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

rendszerben. Jellemző baktérium nemzetségek a *Campylobacter, Citrobacter, Enterobacter, Enterococcus, Escherichia, Hafnia, Salmonella, Shigella, Vagococcus.* Leggyakoribb protozoon a *Toxoplasma gondii*.

Végül meg kell említeni, hogy a levegőből, illetve a szálló porral is kerülhetnek mikrobák az élelmiszerekre. A levegőben a baktériumok közül hosszabb ideig a Gram-pozitívok képesek fennmaradni. Gombák közük a penészek, és néhány élesztő lehet veszélyforrás. Jellemző baktérium nemzetségek: *Acinetobacter, Bacillus, Brevibacillus, Citrobacter, Clostridium, Enterobacter, Micrococcus, Paenibacillus*.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású
egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

4 A mikrobák növekedését és túlélését befolyásoló belső paraméterek

A mikroorganizmusokra ható belső paraméterek közé tartoznak (a teljesség igénye nélkül) többek között a szabad víztartalom, a hidrogénion koncentráció, az oxidációs-redukciós viszonyok, a tápanyagok, a sótartalom, valamint a fizikai és biológiai szerkezet.

4.1 Szabad víztartalom

A baktérium sejtek víztartalma 75-85 %. A víz e miatt fontos a mikroorganizmusok életében, továbbá mint általános oldószer is jelentős. Az élelmiszerek többsége nagy százalékban tartalmaz vizet (pl. húsok több mint 60%-ot, a zöldségek és gyümölcsök akár több mint 90%-ot). A mikroorganizmusok számára csak a szabad, fizikailag és kémiailag nem kötött víz hozzáférhető.

A mikrobák számára hozzáférhető víztartalmat a **vízaktivitás**sal (a_w) fejezzük ki. Vízaktivitás az oldattal egyensúlyban lévő légtér parciális vízgőz nyomásának és a tiszta víz azonos hőmérsékleten mért gőznyomásának hányadosa. Függ a közeg nedvességtartalmától, kémiai összetételétől és a hőmérséklettől. Azonos hőmérsékleten a közegben lévő vizes oldat gőznyomása (p) mindig kisebb, mint a tiszta oldószer (víz) gőztenziója (p_0).

$$a_w = p/p_0$$

a_w: vízaktivitás adott hőmérsékleten
p: a közegben lévő vizes oldat gőztenziója
p_0: oldószer (víz) gőztenziója

A vízaktivitás értéke 0 és 1 közé esik. A desztillált vízé 1, a szabad vizet nem tartalmazó rendszeré 0. A tiszta víz vízaktivitása természetszerűleg 1, az élelmiszereké ennél kisebb, az erősen romló élelmiszereké 0,8-nál nagyobb, a jól eltartható élelmiszereké 0,6-nál kisebb. Mivel 0,75-nél kisebb vízaktivitás érték esetén a mikrobák többsége nem képes szaporodni, így az ezzel összefüggő víztartalomértéket az élelmiszer kritikus víztartalmának tekintjük.

4.1. táblázat: A vízaktivitás és a sóoldat koncentrációja közötti összefüggés (Jay et al., 2005).

NaCl koncentráció % (w/v)	Vízaktivitás (a_w)
0,9	0,995
1,7	0,99
3,5	0,98
7	0,96
10	0,94
13	0,92
16	0,90
19	0,88
22	0,86
telített oldat	0,75

A 22% (w/v) -os NaCl oldat vízaktivitása 0,86, a telített NaCl oldaté pedig 0,75 (4.1. táblázat). Amikor sót használunk a

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

vízaktivitás csökkentéséhez, igen nagy mennyiségre van szükség ahhoz, hogy a vízaktivitás értéket 0,80 alá tudjuk csökkenteni.

A környezetnek azt a relatív páratartalmát, ami mellett adott hőmérsékleten az élelmiszer víztartalma már nem változik **egyensúlyi relatív páratartalom**nak (**ERP**) nevezik. Ugyanezt a viszonyt fejezi ki %-ban, mint a vízaktivitás.

Zárt rendszerek esetén megfigyelhető, hogy a légtér valamint a különféle termékek és élelmiszerek víztartalma egyensúlyra törekszik. Egyensúlyi relatív páratartalomnak (ERP) nevezzük a légtérnek azt a relatív páratartalmát, ami mellett egy adott hőmérsékleten nem változik a közeg víztartalma.

A vízaktivitás és az egyensúlyi relatív páratartalom között az alábbi egyenlettel kifejezhető összefüggés áll fenn:

$$ERP = a_w \times 100$$

Az ERP tehát nem az oldatra vagy az élelmiszerre, hanem a vele egyensúlyban lévő levegő páratartalmára vonatkozik.

Mivel a vízaktivitás nem fejezi ki a hőmérséklet hatását és nem SI mértékegység, ezáltal újabban a vízaktivitás helyett előnyben részesítik a **vízpotenciál** alkalmazását. A vízpotenciál jele: ψ („pszí”), mértékegysége J/m^3, vagy Pa. A vízpotenciál a víz szabad energiája egy rendszerben a tiszta vízhez viszonyítva, melynek értéke akkor a legnagyobb, ha csak vízmolekulák vannak a rendszerben, vagyis a 25 ºC-os, 100 kPa nyomású tiszta víz vízpotenciálja nulla. Az oldatok vízpotenciál értéke negatív. A vízpotenciál az a nyomás (MPa egységben), amellyel (1 mol vagy 1 kg) víz vonható ki egy (1 mol) szubsztrátumból.

Vízpotenciál képlete:

$$\psi = \frac{RT}{V_W} \times \log a_W$$

R: egyetemes gázállandó ($8{,}314\ J \times mol^{-1} \times K^{-1}$)
T: abszolút hőmérséklet (K)
V_w: víz parciális moláris térfogata
a_w: vízaktivitás.

A mikroorganizmusok szaporodása 0.998 és 0.6 vízaktivitási értékek (a_v) között lehetséges. A mikroorganizmusok többségének szaporodásához nagy vízaktivitás (0,98-0,99) és kis vízpotenciál (-0,7 - -2,8 MPa) szükséges. Általánosságban elmondható, hogy a baktériumok vízigénye ($a_w > 0{,}91$; $\psi > -13{,}0$ MPa) a legnagyobb. A baktériumok közt kivételt képeznek a halofil fajok, melyek szaporodásukhoz nagy só koncentrációt igényelnek és alacsony a vízigényük ($a_w > 0{,}75$; $\psi > -39{,}6$ MPa). Az élesztő és penészgombákra jellemző, hogy a baktériumoknál szélesebb vízaktivitás tartományban képesek szaporodni.
A mikroorganizmusok közül a gombák (*Aspergillus glaucus,* a_W: 0,8; *Saccharomyces rouxi,* a_W: 0,6) képesek a legalacsonyabb vízaktivitású környezetben megélni. Az élesztőgombák szaporodásának minimális vízigénye kisebb, mint a baktériumoké. Egyes xerofil

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

élesztők képesek 0,67 vízaktivitás értéknél is szaporodni.

4.2. táblázat: Mikroorganizmusok szaporodásának vízaktivitás-igénye. (Rajkó, 1997; Deák, 2006; Laczay, 2008)

a_w	**Mikroorganizmusok**
0,86 - 0,99	baktériumok általában
0,75 - 0,91	halofil baktériumok
0,85 - 0,99	élesztőgombák általában
0,60 - 0,85	ozmofil élesztőgombák
0,80 - 0,99	penészgombák általában
0,71 - 0,85	xerotoleráns gombák
0,61 - 0,85	xerofil gombák

A xerotróf élesztők minimális vízaktivitás igénye 0,79. A penészgombák általában kis vízigényűek. A xerofil penészek lassan ugyan, de képesek 0,70 vízaktivitás érték (-49,1 MPa) alatt is szaporodni. A baktériumok közül a halofilek vízaktivitás igénye a legkisebb (0,75), ugyanakkor a xerofil penészek és az ozmofil élesztők akár 0,61 és 0,65 vízaktivitás értékeken is képesek szaporodni (4.2. táblázat).

4.3. táblázat: A mikroorganizmusok minimális vízaktivitás igénye. (Bíró, 1994; Szabó, 2008)

Mikroorganizmusok	**a_w-érték**	**Szaporodás**
Gram-negatív pálcák zöme	0,95 alatt	nem szaporodik.
Gram-pozitív baktériumok	0,88 alatt	nem szaporodnak,
kivétel a *S. aureus*, mely enterotoxint csak	0,86 értékig 0,92 értékig	szaporodik, de termel.
Enzimek aktívitása a lipázé	0,85 alatt 0,30 alatt	gátlódik, szűnik meg.
Penészgombák	0,70-0,65 alatt	nem szaporodnak.
Romlást okozó baktériumok	0,91 értékig	fejlődnek.
Élesztők	0,80-0,88 értékig	fejlődnek.
Mikroorganizmusok	0,57-0,50 alatt	nem szaporodnak.

Általánosságban elmondható, hogy a baktériumok vízaktivitás igénye nagyobb, mint a gombáké, továbbá a Gram-negatív baktériumoknak nagyobb a vízaktivitás igénye, mint a Gram-pozitív baktériumoké. A romlást okozó baktériumok többsége nem képes szaporodni 0,91 vízaktivitás érték alatt, míg a romlást okozó gombák akár 0,80-as értéknél is képesek növekedni (4.3. táblázat).

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

4.4. táblázat: Néhány mikroorganizmus szaporodásához szükséges minimális a_w érték. (Jay et al., 2005)

Mikroorganizmus	Minimális a_w érték
Escherichia coli	0,96
Bacillus subtilis	0,95
Clostridium botulinum	0,94-0,97
Staphylococcus aureus	0,86
Penicillium spp.	0,79-0,83
Aspergillus spp.	0,64-0,70
Zygosaccharomyces rouxii	0,62
Xeromyces bisporus	0,61

Ha megnézzük néhány „élelmiszer-patogén" mikroorganizmus szaporodásához szükséges minimális a_w értéket, akkor azt tapasztaljuk, hogy a *Staphylococcus aureus* akár 0,86-os értéknél is képes szaporodni, míg a *Clostridium botulinum* csak 0,94 érték felett (4.4. táblázat).

4.5. táblázat: Néhány élelmiszer a_w értéke. (Rajkó, 1997; Laczay, 2008)

Élelmiszer	a_w érték
Friss, nyers zöldség, gyümölcs, hús, hal, tej	0,98<
Főtt hús, kenyér	0,95-0,98
Sózott hús, sonka, sajt	0,91-0,95
Szalámi, száraz sajtok, szörpök	0,87-0,91
Kolbász, nyers sonka, liszt, rizs, bab, borsó	0,80-0,87
Lekvárok, ízek	0,65-0,80
Aszalt gyümölcsök	0,60-0,65
Tejpor, fűszerek, száraz tészták	0,20-0,60

A legtöbb friss élelmiszer (zöldség, gyümölcs, hús, hal, tej, stb.) vízaktivitás értéke 0,98 felett van. A szárított termékek (pl. tejpor, száraz tészták, aszalt gyümölcsök, stb.), valamint a magas cukortartalmú termékek (pl. lekvárok) pedig alacsony víztartalmúak (4.5. és 4.6. táblázat).

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

4.6. táblázat: Néhány anyag vízaktivitási értéke és e környezetben előforduló példaszervezetek. (Márialigeti, 2013)

Vízaktivitás (a_w)	Anyag/környezet	Tipikus példaszervezet
1,00	Kémiailag tiszta (desztillált) víz	*Caulobacter* sp., metilotrófok
0,98-0,95	Főtt húskészítmények, kenyér	*Campylobacter* sp., *Staphylococcus* sp.
0,995	Emberi vér	*Streptococcus* sp., *Escherichia* sp.
0,95-0,98	Tengervíz	*Pseudomonas* sp., bíborbaktériumok, *Vibrio* sp.
0,90	Bodzaszirup, sonka	Sokféle Gram-pozitív kokkusz, pl. *Staphylococcus* sp.
0,85-0,91	Szalámifélék	*Saccharomyces* sp.
0,75	Sós kekszek, sózott hal	*Halobacterium* sp., *Halococcus* sp.
0,80-0,75	Dzsemek, lekvárok	*Debaryomyces* sp.
0,65-0,75	Szárított gyümölcsök, töltött cukorkák	*Xeromyces*, egyéb xerofil penészek
0,60-0,20	Száraz tészták, fűszerek, tejpor	xerofil penészek

Mivel a nagy szabad víztartalmú termékek és élelmiszerek kedveznek a mikroorganizmusok szaporodásának, így élelmiszeripari szempontból nagy jelentősége van a vízaktivitás csökkentésének. A termékek és élelmiszerek szabad víztartalma csökkenthető például szárítással, vagy a vizet kémiailag megkötő, ozmotikusan aktív anyagok (pl. sók, cukrok) felhasználásával.

4.7. táblázat: A mikroorganizmusok csoportosítása vízaktivitás igényük alapján. (Bíró, 1994)

Csoportok	a_w-érték
Hidrofil (vízkedvelő)	1,0 - 0,95
Xerotoleráns (szárazságtűrő)	0,95 - 0,90
Xerofil (szárazságkedvelő)	0,90 - 0,85
Ozmofil	0,85 - 0,57

Vízigény alapján a mikroorganizmusok hidrofil, xerotoleráns, xerofil és ozmofil szervezetek lehetnek (4.7. táblázat).

A mikroorganizmusok **szárazságtűrése** (nedvesség hiány) igen eltérő. A spórát nem képező (asporogén) baktériumok általában érzékenyebbek a kiszáradásra:

Neisseria gonorrhoeae	néhány perc
Vibrio cholerae	néhány perc
Corynebacterium diphtheriae	4 évig
Azotobacter chroococcum	10 évig
Rhizobium sp.	16 évig életképesek.

Spórát képező (sporogén) baktériumok igen ellenállóak! 100 éves herbárium 1 gram talajából 9000 spórás baktériumot tenyésztettek ki. *B. subtilis* 300 év után, *B. anthracis*80 év után is kitenyésztethető volt.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

A gombák néhány évtől akár 30-40 évig (*Aspergillus* fajok spórái 16 évig) is életképesek. Kiszáradáskor inaktívak és latens állapotban vannak.

4.2 Kémhatás (pH)

A pH az oxóniumion [H_3O^+] koncentráció 10-es alapú negatív logaritmusa, vagy egyszerűbben pH = -lg[H^+], mely kifejezi az adott közeg „savasságát”, illetve „lúgosságát”. A mikroorganizmusok egy jól beazonosítható pH tartományon belül képesek növekedni. A pH hatása igen erős, és differenciált. A hidrogénion koncentráció (pH) elsősorban a plazmahártyát alkotó fehérjék elektromos töltésére hat, ezzel együtt megváltozik a plazmamembrán átjárhatósága is.

A mikroorganizmusok pH = 1,5-11 tartományban képesek szaporodni, de többségük számára a 7,0 körüli (pH = 6,5-7,5) érték az optimális. A legtöbb baktérium a pH = 6-7 közötti „sávot” kedveli. A mikroorganizmusok pH-igénye illetve -tűrése három paraméterrel jellemezhető (minimális, optimális és maximális pH-érték). A penészgombák képesek a legszélesebb pH-intervallumban (pH = 1,5-11) szaporodni, de az élesztők pH-spektruma is igen széles (pH = 2,2-8,5). Az élesztők és penészgombák a gyengén savanyú (pH = 5-6) közegben szaporodnak a legintenzívebben (4.8. táblázat).

4.8. táblázat: A mikroorganizmusok szaporodásának pH tartományai. (Deák, 2006; Szabó, 2008)

Mikrobacsoport	Min. pH	Opt. pH	Max. pH
Baktériumok többsége	4,0	6,5	8,5
Tejsavbaktériumok	3,2	5,0	7,8
Ecetsavbaktériumok	2,8	4,0	5,5
Élesztőgombák	2,2	5,0	8,5
Penészgombák	1,5	5,0	11,0

A baktériumok többsége számára semleges pH az optimális, de egyesek (pl. *Lactobacillus*ok, *Staphylococcus*ok, stb.) képesek savas kémhatású közegben is szaporodni (4.9. táblázat). A *Vibrio cholerae* (kolera kórokozója) viszont bázikus környezetben szaporodik optimálisan.

4.9. táblázat: Néhány baktérium pH-igénye. (Szabó, 2008)

Mikroorganizmusok	Minimum pH	Maximum pH
Escherichia coli	4,4	9,0
Salmonella Typhi	4,5	8,0
Staphylococcus aureus	4,3	8,0
Lactobacillus sp.	3,0	7,2

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

4.10. táblázat: Néhány mikroorganizmus szaporodásához szükséges minimális pH érték. (Jay et al., 2005)

Mikroorganizmus	Minimális pH érték
Shigella sonnei	5,0-4,5
Clostridium perfringens	5,0
Bacillus cereus	4,9
Vibrio parahaemolyticus	4,8
Clostridium botulinum I. csoport	4,6
Escherichia coli 0157:H7	4,5
Lactococcus lactis	4,3
Yersinia enterocolitica	4,2
Listeria monocytogenes	4,1
Salmonella spp.	4,0
Staphylococcus aureus	4,0
Lactobacillus brevis	3,1
Lactobacillus sakei	3,0
Penicillium roqueforti	3,0
Botrytis cinerea	2,0
Alicyclobacillus acidocaldarius	2,0
Zygosaccharomyces bailii	1,8

A 4.10. táblázatban szereplő adatok azt mutatják, hogy számos élelmiszer eredetű megbetegedést, illetve mikrobális romlást okozó mikroorganizmus képes alacsony pH-érték mellett is szaporodni. Az *Alicyclobacillus acidocaldarius* és *Botrytis cinerea* akár pH = 2,0 értéknél, míg a *Staphylococcus aureus* és a szalmonellák pH = 4,0 értéknél is képesek a szaporodásra.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

4.11. táblázat: A mikroorganizmusok csoportosítása pH-igényük alapján. (http://www.bmekornyesz.hu/sqlatm/dl.php?dir=silo%2F4.+f%C3%A9l%C3%A9v%2FMikrobiol%C3%B3gia%2F&a=dl&id=558&f=silo/4.%20f%C3%A9l%C3%A9v/Mikrobiol%C3%B3gia/elojegyzet1.pdf.)

	pH optimum	Példa
Acidofil	< 5,5	gombák, tejsavbaktériumok
Neutrofil	5,5-8,0	baktériumok többsége
Alkalofil	> 8,0	néhány talajbaktérium

A mikroorganizmusok pH-igényük alapján **neutrofil, acidofil,** és **alkalofil** csoportba sorolhatók (4.11. táblázat). A **neutrofil** mikroorganizmusok pH optimuma pH= 5,5 és 8,0 közé esik. A neutrofil mikroorganizmusok széles körben előfordulnak a környezetben (ide tartozik a baktériumok többsége, pl. *Escherichia coli*). Az **acidofil** mikroorganizmusok általában pH = 5,5 alatt képesek növekedni (pl. tejsav- és ecetsav baktériumok, *Alicyclobacillus* fajok, *Rhodopila globiformis*, *Acidithiobacillus ferrooxidans, Picrophilus oshimae*, stb.). Az **alkalofil** mikroorganizmusok optimuma pH = 8,0 fölött van (pl. *Bacillus firmus*, denitrifikálók, ureabontók).

A minimum pH érték alatt, illetve a maximum pH érték felett a mikroorganizmusok szaporodása leáll, majd pedig pusztulás következik be. Ez az alapja a savanyítás alkalmazásának az élelmiszerek és a takarmányok (silózás) tartósítására. A pH érzékenység befolyásolja a növekedést, a szaporodást is (ez a táptalajok összeállításánál fontos).

A baktériumok szaporodása, növekedése, toxintermelése általában a savas tartományban gátlást szenved. Ennek különösen az élelmiszeriparban van nagy jelentősége a *Clostridium botulinum* baktériummal szembeni védekezés eredményességét illetően.

A mikroorganizmusokra hatással vannak egyrészt a szabad hidrogénionok, másrészt az egyes élelmiszerekben megtalálható gyenge szerves savak disszociálatlan molekulái is. Mivel a disszociálatlan savmolekulának specifikus antimikrobás hatása is van, a mikroorganizmusok pH-tűrését befolyásolja sav kémiai természete. A savas pH-jú élelmiszerekben (pl. savanyúkáposzta, gyümölcslé, ecet, bor, joghurt, stb.) a gyenge szerves savak (pl. étkezési savak, tartósítószerek) disszociációja visszaszorul, és antimikrobás hatásuk kerül előtérbe. A gyenge szerves savak (pl. tejsav, ecetsav, citromsav, stb.) antimikrobás hatását a disszociációs állandó, valamint a pH is befolyásolja. A fenti példában említett három szerves sav közül az ecetsavnak van a legerősebb, a citromsavnak pedig a leggyengébb antimikrobás hatása. A savtermészetű tartósítószerek (pl. benzoesav, szorbinsav) alacsony pH érték (pH = 3,0) esetén kb. 93-95 %-ban disszociálatlanok, ezért kis koncentrációban is hatékonyak.

A 4.12. táblázat az egyes élelmiszerek pH értékeit mutatja be.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

4.12. táblázat: Egyes élelmiszerek pH-értékei (Biro, 1993; Jay et al., 2005, www.mtk.nyme.hu/~food/int-hu/mikro/segedletek/.../eloadas2.ppt)

Élelmiszer	pH-tartomány
Ecet, citromlé	2,3
Szénsavas üdítők	2,0-3,0
Gyümölcslé (meggy)	2,7
Bor	2,8-4,0
Savanyúkáposzta	3,1-3,7
Meggy	3,4
Alma, almalé, narancslé, szőlő, szilva	3,0-4,5
Paradicsom	3,8-4,3
Joghurt	3,8-4,5
Savanyú aludttej	4,4-4,5
Lágysajt	4,5
Sör	4,0-5,0
Kávé	5,0
Tea	5,5
Friss nyers hús	5,7-6,2
Főzelékkonzervek	5,4-6,5
Baromfihús	6,2-6,7
Friss nyers tej	6,4-6,8
Hal	6,6-6,8
Záptojás	9,0

4.3 Oxidációs-redukciós viszonyok

Alapfogalmak

Redukció: elektronfelvétel.
Oxidáció: elektronleadás. A két folyamat egyszerre játszódik le.
Redoxireakció: elektronátmenettel járó folyamat (redukció + oxidáció).
Oxidálószer: az a vegyület, amelyik oxidációra kényszeríti a reakció partnert, miközben önmaga redukálódik (pl. O_2, O_3, F_2, Cl_2, Br_2, $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$, H_2O_2 valamint egyéb, főleg szerves peroxidok).

Redukálószer: olyan vegyület, amely redukcióra kényszeríti a reakció partnert, miközben önmaga oxidálódik. Elektron leadására hajlamos elemek. (pl. alkáli- és alkáliföldfémek, hidrogén, a legtöbb fém és néhány nemfémes elem vegyületei, cukrok, alkoholok, vitaminok).

Oxidáció: $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$ vagy $2Cu + O_2 \rightarrow 2CuO$
Redukció: $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

Az az anyag, amely könnyen ad le elektronokat, jó redukálószer, amelyik pedig könnyen vesz fel elektronokat, az jó oxidálószer. Amikor elektronok adódnak át egyik vegyületről

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

egy másikra, akkor potenciálkülönbség jön létre a két vegyület között.

Redoxpotenciál (E_h): a redukciós-oxidációs (redox) reakciók legfontosabb paramétere. A redoxpotenciál a közeg elektronleadási vagy elektronfelvételi (oxidáló-redukáló) képességének jellemzője. A redoxireakció során az egyik anyag (redukálószer) elektront ad le, a másik anyag (oxidálószer) elektront vesz fel. Amikor egy elem vagy vegyület elektront veszít oxidálódik, miközben az elektront kapó szubsztrátum redukálódik. Minél erősebben oxidált egy anyag, annál pozitívabb lesz az elektromos potenciálja; minél erősebben redukált az anyag, annál negatívabb lesz az elektromos potenciálja. Amikor az oxidálószer és redukálószer koncentrációja egyenlő, akkor nulla az elektromos potenciál.

A normál hidrogén-elektródra vonatkoztatott redoxpotenciál (E_h) a közegbe merített inert fém (általában platina, arany vagy ezüst) elektród és egy (a normál hidrogén elektródhoz képest) ismert potenciálú referencia elektród közötti potenciálkülönbségként mérhető. A mért E_h értéket a redox reakcióban résztvevő vegyületpár oxidált és redukált formájának koncentrációaránya és a protonok koncentrációja (aktivitása) is befolyásolja. A redoxpotentciált egy referencia elektródhoz viszonyítva mérik és millivoltban (mV) fejezik ki.

A közeg redoxpotenciálja nagymértékben befolyásolja azt, hogy mely mikrobák képesek elszaporodni, illetve milyen anyagcsere folyamatok zajlanak le. A mikrobasejtekre valójában nem az oxigén jelenléte vagy hiánya, hanem a közeg redoxpotenciálja gyakorol közvetlen hatást. Emiatt az élelmiszerek oxidációs-redukciós viszonyait a redoxpotenciállal lehet kifejezni.

A Nernst-egyenlet fejezi ki a redoxpotenciált egy megfordítható oxidációs-redukciós viszonyban: $E_h = E\frac{RT}{nF} \times ln\frac{[\text{ox.}]}{[\text{red.}]}$

E_h: a normál hidrogén elektródra vonatkoztatott redoxpotenciál,
E_0: a rendszer standard redoxpotenciálja, amikor pH = 0, valamint az oxidált [ox.] és redukált [red.] alak koncentrációja megegyezik,
R: az egyetemes gázállandó ($R=8{,}314\ J \times mol^{-1} \times K^{-1}$),
T: az abszolút hőmérséklet (K),
F: a Faraday-állandó ($F = 9{,}648 \times 10^4\ J \times V^{-1} \times mol^{-1}$),
n: a reakcióban átvitt elektronok száma.

Egy atom vagy molekula elektron felvevő vagy leadó hajlamát annak standard redoxpotenciálja (E_0) fejezi ki. Nagy pozitív E_0 érték azt jelzi, hogy a redox-pár oxidált formája erős oxidáló ágens, a redukált forma csak gyengén redukáló. A nagy negatív E_0 a fordított esetet jelzi. A mV-ban mért negatív E_h-értékek redukáló, a pozitív értékek oxidáló körülményeknek felelnek meg.

A Nernst-egyenletből jól látszik, hogy a hidrogénion aktivitás miatt kialakult redoxpotenciál függ a közeg pH értékétől.

Az állandók behelyettesítése után kiszámítható, hogy 25 ^oC hőmérsékleten egy pH-nyi csökkentés 58 mV-tal növeli a redoxpotenciál értékét. Ennek tulajdonítható be például a kis

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

pH-értékű gyümölcslevek viszonylag nagy redoxpotenciálja.

A rendszerben mérhető elektródpotenciál arányos a rendszerben lévő hidrogén-gáz parciális nyomásával. Mivel a redoxpotenciál értéke erősen függ a pH-tól, ezért bevezették az rH fogalmát. Az rH a mért elektródpotenciálnak megfelelő hidrogéngáz parciális nyomásának negatív tízes alapú logaritmusa:

$$rH = -\lg p(H_2)$$

Az rH-skála 0-42-ig terjed. A 0-28 közötti érték redukáló, a 28 semleges, a 28-42 közötti érték pedig oxidáló rendszert jelez. Minél nagyobb az rH-érték, a közeg annál erősebb oxidáló hatással rendelkezik. A mikroorganizmusok oxigénigényét – rH-értékben megadva – a 4.13. táblázat tartalmazza.

4.13. táblázat: A mikroorganizmusok oxigénigénye rH-értékben megadva. (http://www.mtk.nyme.hu/~food/int-hu/mikro/segedletek/szoveg/II.ev/Gazdasagi_4gyakorlat.doc)

Aerob mikroorganizmusok	rH > 14
Mikroaerofil mikroorganizmusok	7,4 < rH< 14
Anaerob mikroorganizmusok	rH < 7,4

Az aerob mikroorganizmusok pozitív (300 mV-ot elérő, vagy meghaladó) redoxpotenciál értéknél, míg az anaerobok negatív (-300 mV-nál kisebb) redoxpotenciál értéknél tudnak szaporodni.

Az élelmiszerek redoxpotenciálját a redox-párok jelenléte, az oxidált és redukált formák aránya, a közeg pH-értéke, a redox pufferkapacitás, az oxigén hozzáférhetősége, valamint a mikrobiológiai vízaktivitás befolyásolja.

Az oxigén, ami a légkör 21%-át alkotja, általában az élelmiszerek redoxpotenciáljának egyik leghatékonyabb befolyásoló tényezője. Vizes közegben mérhető E_0 értéke igen nagy (+820 mV), ezért erős oxidáló hatása van. A levegővel intenzíven érintkező élelmiszerben a nagy redoxpotenciál-érték a jelenlévő redox-párok egyensúlyát döntően az oxidált forma felé tolja el. Abban az esetben, ha növeljük a levegő élelmiszerbe jutásának lehetőségét (pl. szeleteléssel, darálással), akkor növekedni fog a termék redoxpotenciál-értéke. Ha kizárjuk a levegőt (pl. módosított légterű vákuumcsomagolás), a termék redoxpotenciálja csökkenthető.

A mikroorganizmusok szaporodása következtében a környezet redoxpotenciálja csökken, ami általában az oxigénfelhasználás és a képződő redukáló anyagcseretermékek együttes hatásánk tulajdonítható.

A növényi termékek redoxpotenciálja általában pozitív (E_h = 300-400 mV), míg az állati eredetű termékeké (pl. húsok, sajtok, stb.) negatív (-20 - -200 mV). Az állati eredetű élelmiszerek redoxpotenciál értéke általában kicsi és jól kiegyensúlyozott. (4.14. táblázat).

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

4.14. táblázat: Néhány élelmiszer redoxpotenciálja és pH-értéke. (Bíró, 1993; Laczay, 2008; www.mtk.nyme.hu/~food/int-hu/mikro/segedletek/.../eloadas2.ppt)

Élelmiszer	E_h (mV)	pH
Nyers hús	-200	5,7
Nyers darált hús	+225	5,9
Hőkezelt kolbász és konzerv	-20 – -150	6,5
Sajtok	-20 – -200	5,0 – 5,
Gabona (teljes szem)	-320 – -360	6,0
Burgonya gumó	-150	6,0
Spenót, parajlé	+74	6,2
Tej	+200 – +340	6,4 – 6,8
Körte, körtelé	+436	4,2
Szőlő, szőlőlé	+409	3,9
Citrom, citromlé	+382	2,2

Az élelmiszerek redoxpotenciálját elsősorban az oxidált és redukált vegyületek koncentrációja határozza meg. Ezek arányát azonban az is befolyásolja, hogy milyen mértékben járja át a levegő a terméket, illetve hogy mekkora annak „redox-fékező" kapacitása, vagyis ellenállása a redoxpotenciál változásával szemben.

Például ha a darált húst átjárja a levegő, akkor a redox kapacitás már nem elegendő a kis redoxpotenciál érték fenntartására, tehát a redoxpotenciál értéke -200 mV-ról akár +200 mV-ra növekszik. Az élelmiszer összetevői közül a szulfhidril (-SH) csoportokat tartalmazó vegyületek (pl. metioin, illetve enzimek) a redukáló cukrok, illetve egyéb más anyagok elősegítik a redukált viszonyok fenntartását. A nagy „redox-fékező" kapacitású termékekben, még levegő jelenlétében is -200 mV körül marad a redoxpotenciál, ezáltal lehetővé válik az obligát anaerobok szaporodása.

Oxigén-igényük alapján a mikroorganizmusok szaporodása csak bizonyos redoxpotenciál tartományban megy végbe. Ebből az következik, hogy a redoxpotenciál mérésével a közegben szaporodni képes mikroorganizmusok jellegére (aerob, fakultatív vagy obligát anaerob, aerotolerans anaerob, stb.) is következtetni lehet. A biológiai oxidáció a környezet redukálódását eredményezi, amiből az következik, hogy az aerob mikroorganizmusok szaporodása révén a redoxpotenciál oly mértékig csökkenhet, hogy az már az anaerobok számára is kedvezővé válik. Tehát a kezdeti aerob környezetben idővel kialakulhat anaerob mikroflóra. A kezdeti redoxpotencial értéke alapján a később kialakuló mikroflórára nem lehet következtetni.

Habár a mikroorganizmusok szaporodása tág redoxpotenciál-tartományban lehetséges, az egyes mikrobák négy alapvető csoportba (obligát aerob, obligát anaerob, fakultatív anaerob, aerotolerans anaerob) sorolhatóak a szaporodásuk redoxpotenciál-tartománya, valamint az azt befolyásoló oxigénhez való viszonyuk alapján.

Az **obligát aerob** mikrobák szaporodásukhoz oxigént és nagy redoxpotenciálú közeget igényelnek. Például a penészgombák,

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

pszeudomonaszok szaporodása +100 mV, a *Bacillus subtilis* szaporodása pedig -100 mV feletti E_h értéknél lehetséges.

Az **obligát anaerob** mikrobák csak alacsony, negatív redoxpotenciálú közegben képesek szaporodni, sok esetben csak az oxigén teljes kizárásával. Sok anaerob mikroba számára toxikus hatású az oxigén, mivel nem képesek közömbösíteni (nincs kataláz és szuperoxid-diszmutáz enzimük). Például a klosztrídiumok szaporodása -300 mV alatti E_h értéknél lehetséges.

A **fakultatív anaerob** mikrobák mind aerob, mind anaerob környezetben képesek szaporodni. A környezet redoxpotenciálja függvényében energiájukat aerob légzés, vagy erjesztés útján nyerik. Ide tartoznak az enterobaktériumok, élesztőgombák.

Az **aerotoleráns anaerob** mikrobák aerob légzésre képtelenek, de ennek ellenére oxigén jelenlétében is szaporodnak, mint pl. a tejsavbaktériumok. Energiát erjesztéses úton termelnek, továbbá nem rendelkeznek kataláz és szuperoxid-diszmutáz enzimmel. Az oxigén jelenlétében való szaporodásukat az teszi lehetővé, hogy a mérgező szuperoxidokat egy, a mangánionok millimól koncentráció-szintig történő felhalmozásán alapuló mechanizmus révén képesek hatástalanítani.

A fermentációs ipar nagymértékben kihasználja a redoxpotenciál mikroorganizmusok szaporodására kifejetett hatását. A redoxpotenciál folyamatos mérésével információkat szerezhetünk a végbemenő anyagcsere folyamatokról (pl. alkoholos erjedésnél). A redox viszonyok szabályozása által (pl. a levegőztetés intenzitásának változtatásával) lehetőség nyílik a fermentáció irányának befolyásolására (pl. aerob és anaerob szennyvízkezelési technológiák).

A mikroba-szaporodást kísérő redoxpotenciál csökkenés mérése alkalmas lehet a mikrobiális aktivitás kimutatása mellett az élősejtszám becslésére is (pl. a tejiparban már régóta használnak festék-redukciós próbákat, elsősorban a tej mikrobiológiai állapotának gyors megállapítására).

4.4 Tápanyagok

A mikrobáknak a szaporodásukhoz szükségük van energia-, szén- és nitrogénforrásként szolgáló tápanyagokra, továbbá vitaminokra és ásványi sókra. Az élelmiszerek általában tartalmazzák ezeket a tápanyagokat, összetételük szerint azomban nagyon különböző mértékben. Az élelmiszerben kialakuló mikrobiotára a tápanyagok megléte, korlátozott volta vagy hiánya lényeges szelektív ökológiai tényezőként hat.

Egyes élelmiszerek olyan összetevőket tartalmaznak, amelyeknek bizonyos mértékű antimikrobás hatásuk van és gátolják a mikrobák szaporodását (ezáltal a mikrobiális romlást). Ilyen gátló anyagok vannak pl. a friss tejben (laktenin, laktoperoxidáz), a tojásfehérjében (lizozim). Sok növényi nyersanyag is tartalmaz olyan illóolajokat, zsírsavakat vagy más, komplex összetételű vegyületeket, amelyek mikrobagátlók.

A mikrobák tápanyag igénye, és az ezekhez az anyagokhoz (elemekhez) való viszonya különböző lehet.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

A mikrobiológiában a szenet, oxigént, hidrogént, nitrogént, ként, foszfort, káliumot, kálciumot, vasat **makroelemnek** tekintjük. Ezek részben a mikrobák tápanyag szükségletét elégítik ki, részben pedig fontos alkotói a nukleinsavaknak és koenzimeknek (pl. a foszfor: RNS, DNS, valamint ATP, NAD, NADP stb. alkotórésze) enzimeknek (a foszfor, a magnézium), fehérjéknek (kén) is.

Szénforrások

A szén-dioxid az obligát kemo- és fotoszintetizáló mikroorganizmusok számára jelent szénforrás. A fakultatív anaerob és aerob szervezetek számára is szükséges bizonyos mennyiségű szén-dioxid, annak ellenére, hogy ezek szénforrásként szerves szénvegyületeket (pl. szénhidrátokat, szerves savakat, lipideket) is felhasználnak. A szén-dioxid ugyanis nélkülözhetetlen néhány intermedier bioszintéziséhez (arginin, pirimidin). Vannak olyan mikroorganizmusok (*Campylobacter*ek, *Staphylococcus*ok, *Brucell*ákés a *Neisseri*ák is) amelyek szokatlanul nagy koncentrációban (10%) igénylik a szén-dioxidot.

Sok baktérium szénforrásként ***szerves szenet*** felhasznál bioszintéziséhez. Ezt részben környezetéből oldott állapotban tudja felvenni, vagy a megfelelő enzimek segítségével metabolizálhatja, ezáltal a sejt a bioszintéziséhez alapanyagot, és természetesen energiát is nyer. A felhasznált szerves szénforrások igen széles körét hasznosítják a mikrobák, így a szénhidrátokat, alkoholokat, zsírsavakat, aromás vegyületeket, aminosavakat, szerves savakat. Vannak természetesen olyanok is, amelyek szervesanyagoknak csak egy szűk körét tudják metabolizálni (pl. metánt, metanolt, dimetil-étert).

Az élelmiszerhigiéniai szempontból fontos mikrobák általában cukrokat, alkoholokat és aminosavakat, egyes fajok pedig összetett szénhidrátokat is képesek energiaforrásként hasznosítani. A szénhidrátok a legkönnyebben metabolizálható energiaforrások a mikrobák számára. Az egyszerű cukrok felhasználása terén a baktériumok különféleképpen viselkedhetnek. Egyéb szerves vegyületekek (pl. szerves savak, alkoholok, észterek) is szolgálhatnak energiaforrásként.

A lipáz fermentummal rendelkező mikrobák a zsírt is képesek hasznosítani energiaforrásként, elsősorban szénhidrátok hiányában. Főleg aerob mikrobákra jellemző a zsírbontás. A zsírokat felhasználni képes fajok gyakran fehérjebontók is.

Nitrogénforrások

A mikroorganizmusok a nitogént, a fehérjék és a nukleinsavak szintéziséhez igénylik. Többnyire a bőséges nitrogénforrás hatására nő az anyagcsere sebessége is.

Egyes prokariótak (*Azotobacter*ek, *Azospirillum*ok, *Klebsiell*ák, *Rhizobium*ok, *Clostridium*ok) képesek a légköri nitrogént is megkötni. Ezek szaprotrófok, és a megkötött nitrogén felhasználásával aminosvakat szintetizálnak.

Más baktériumok ammónium-sókat igényelnek nitrogénforrásként (pl. enterobaktériumok, nitrifikáló baktériumok), de felhasználhatnak organikus aminokat is. Ilyen szempontból pl. az α-ketoglutársav,

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

valamint a glutamin a legfontosabb vegyületek, mivel a transzaminálás révén az aminosavak amincsoportja is innen származik.

A patogén baktériumok többsége peptideket, aminosavakat, illetve karbamidot igényelnek szaporodásukhoz. A proteolitikus enzimcsoporttal rendelkezők (fehérjebontó baktériumok) nitrogénszükségletüket fehérjékből fedezik.

A ***növekedési faktorok*** olyan szerves anyagok, amelyekre a mikroorganizmusoknak feltétlenül szükségük van a szaporodáshoz és növekedéshez, de azt előállítani nem tudják, így azt a környezetből kénytelenek felvenni.

A növekedési faktorokat kémiai szempontból a következő csoportokba sorolhatjuk:

- aminosavak (pl. valin és glutaminsav a laktobacillusok számára),
- vitaminok (pl. sztreptokokkuszok és laktobacillusok számára),
- elágazó szénláncú zsírsavak (bendőbaktériumok számára),
- koleszterin (mikoplazmák számára).

Vannak olyan szervezetek is, amelyek eredetileg nem igényelnek növekedési faktorokat, de mutagén hatásra növekedési faktor igénylőkké válhatnak (auxotróf mutánsok).

Kifejezetten vitaminigényesek a *Lactobacilus*ok és *Streptococcus*ok. Van olyan eset is, amikor az együtt előforduló mikroorganizmusok egymást látják el vitaminnal (szinergizmus).

A mikrobák egy része nem képes vitaminokat előállítani, de az élelmiszerek általában képesek ellátni azokat ezekkel a fontos anyagokkal. A B-csoportbeli vitaminokat a Gram-pozitív baktériumok rendszerint nem képesek szintetizálni, csak a Gram-negatív baktériumok és a gombák.

A **vas** az aerob szervezetek citokróm rendszerében tölt be fontos szerepet, de létfontosságú a nitrogénkötésben (nitrogenáz-hidrogenáz) és a fotoszintézisben is.

Nagy jelentőségük van a mikroorganizmusok tenyészfeltételeinek kialakításában az ***ásványi sóknak***. A kálcium a baktériumok endospórájának falában van jelentős mennyiségben. Ez az elem felelős a spóra hőrezisztenciájáért is.

A ***nyomelemek*** (mikroelemek) közé a Mn, Co, Cu, Mo, Zn, Ni, V, Cl, Na, B és a Si sorolható. Ezek rendszerint még a mesterséges táptalajon is (szennyezés formájában) elegendő mennyiségben állnak a mikrobák rendelkezésére.

Egyes élelmiszerek olyan összetevőket tartalmaznak, amelyeknek bizonyos mértékű antimikrobás hatásuk van és gátolják a romlást. Ilyen gátló anyagok vannak például a friss tejben (laktenin, laktoperoxidáz), a tojásfehérjében (lizozim). Több növényi nyersanyag is tartalmaz olyan illóolajokat, zsírsavakat, vagy más komplex összetételű vegyületeket (pl. fitoncidok, fitoalexinek, szerves savak), amelyek mikrobagátló hatásúak.

4.5 Sótartalom

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

A sókoncentráció szorosan összefügg a vízaktivitással, de speciális jelentősége miatt külön tárgyaljuk. Az alacsony vízaktivitás speciális esete a nagy sókoncentráció. A patogén mikroorganizmusok többsége 1-2 % nátrium-klorid koncentráció mellett szaporodik optimálisan. Az ennél nagyobb sókoncentráció kifejezetten gátló hatású. Nagy sótartalom esetén a mikrobasejtek folyadékot adnak le a környezetnek, ezáltal összezsugorodnak. A legtöbb baktérium számára a 7,5% koncentráció a szaporodás felső határa.

Azokat a mikroorganizmusokat, amelyek 7,5-15% sókoncentráció mellett is képesek szaporodni, halotoleráns (sótűrő) mikrobáknak nevezzük. Ebbe a csoportba tartozik pl. a patogének közül a *Staphylococcus aureus* és a *Bacillus cereus*.

A 15-25% koncentrációnál is szaporodni képes mikroorganizmusokat halofileknek (sókedvelők) nevezzük. Élelmiszerhigiéniai szempontból az egyik legnagyobb jelentősége a *Vibrio parahaemolyticus* baktériumnak van, amely főként nyers, sózott tengeri állatok fogyasztása révén okoz ételmérgezést. A *V. parahaemolyticus* mellett egyes gombák is jelentősek.

Bizonyos sók gátló hatást képesek kifejteni kis koncentrációban is, csupán kémiai jellegüknél fogva. A húsok pácolásánál alklamazott nitrát, illetve nitrit kis töménységben – egyéb hatásaik mellett – specifikusan gátolják a *Clostridium botulinum* spóráinak kicsírázását. Abban az esetben, ha a gátló hatást kifejtő sók koncentrációja csökken, a túlélő mikrobák képesek tovább szaporodni. A sózás régóta ismert tartósító eljárás.

A mikroorganizmusokat a NaCl toleranciájuk alapján a következőképpen csoportosíthatjuk:

Nem halotoleránsak - elpusztulnak magasNaCl koncentráció esetén.

Halotoleráns - elviselik a magas NaCl koncentrációt, de nem növekednek.

Fakultatív halofil - magasabb NaCl koncentráció mellett is növekednek.

Obligát halofil - magas NaCl koncentrációt igényelhetnek, desztillált vízben rögtön elpusztulnak.

Az extrém halofilek a Holt-tenger sóbepárlóiból kerültek elő (*Halobacterium salinarium*, *Halococcus morrhuae*). Ezek az élelmiszer, illetve a bőriparban okozhatnak problémát, ha sózott halakon, vagy sózott nyersbőrön jelennek meg (piros pigmentet termelnek). Az extrém halofil baktériumok (pl. *Halobacterium salinarum*) tenyésztéséhez 15-30% NaCl is szükséges lehet.

4.6 Fizikai és biológiai szerkezet

Az élelmiszerek nyersanyagául szolgáló termések és más növényi részek biológiai szerkezete természetes akadály a mikrobák behatolásával szemben. A termések héja, burka, a gyümölcsök viaszbevonata és általában a növények epidermisze és kutikulája jelentős védelmet nyújt a mikroorganizmusok támadása ellen a belsőbb szövetekbe. A növényekhez hasonlóan biológiai felépítésük védi az állati eredetű nyersanyagokat is (pl. a tojás héja, húsokon az

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

izompólya, kötőszöveti hártya).

Ez a természetes védelem többnyire csak addig tart, amíg a biológiai szerkezet ép és sértetlen. A szedés, szállítás, tárolás során megsérült növényi anyag ezért gyors romlásnak van kitéve. Ezt elősegíti a növények kényszerérése is, melynek során a keményítőt és pektint lebontó enzimek aktiválódnak. A gyors szöveti légzés csökkenti nemcsak az oldható szénhidrátokat, hanem a szerves savakat is. A szövetekben végbemenő bomlási folyamatok miatt nő a pH és a redoxpotenciál, mely révén kedvezőbbé válnak a körülmények a mikroorganizmusok számára.

Az állati eredetű nyersanyagok előkészítése (állatok levágása és vágóhídi feldolgozása) szintén jelentős változásokat idéz elő az élő állapothoz képest. Az elhalt sejtek membránjai permeábilitása megváltozik, a sejtekből tápanyagok jutnak ki. Szöveti enzimes lebontó folyamatok indulnak meg, melyek a hús érése folyamán növelik a redoxpotenciált, ami kedvez az aerob mikrobák szaporodásának. Az állati test darabolása, csontozása, a bőr lefejtése, a belső szervek eltávolítása új felületeket tár fel a mikroorganizmusok megtelepedésére.

A szilárd halmazállapotú élelmiszerek, még ha látszólag homogének is, a fizikai szerkezetüket tekintve mikroheterogének, mely heterogenitás ökológiailag jelentős különbséget okoz. Ez lehetővé teszi az eltérő élettani tulajdonságú és anyagcsere-képességű mikrobák egyidejű tevékenységét a termék különböző részeiben.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású
egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

5 A mikrobák növekedését és túlélését befolyásoló külső paraméterek

5.1 Hőmérséklet

A mikroorganizmusok szaporodását meghatározó egyik legfontosabb környezeti tényező a hőmérséklet. A mikrobák igen széles hőmérsékleti tartományban képesek szaporodni. Földünkön az arktikus környezetben (–10 °C), illetve a feltörő magas hőmérsékletű (akár 110 °C-os) vizekben is lehet szaporodó mikroorganizmusokat kimutatni. Az optimális hőmérséklettől való eltérés befolyásolja a mikrobák anyagcsere-folyamatait, a szaporodás sebességét és a mikrobapopulációk sejtszámát. A minimális hőmérséklet alatt a mikrobák túlélhetnek ugyan, de szaporodásuk megáll, a maximális szaporodási hőmérséklet felett pedig elpusztulnak.

A mikroorganizmusok élettevékenységüket (szaporodás, anyagcsere) csak egy bizonyos hőmérséklet-tartományban képesek folytatni. Ennek az a magyarázata, hogy az életjelenségek bonyolult, enzimekkel katalizált biokémiai folyamatok eredményei. Az enzimek működéséhez, illetve a mikroorganizmusok élettevékenységeihez szükséges hőmérséklet-tartományt három paraméterrel (minimum, optimum, maximum) lehet jellemezni.

Hőmérséklet-minimum: ezen hőmérséklet alatt a mikroba nem képes szaporodni. (Nem azonos az anyagcsere megszűnését eredményező hőmérséklettel!)

Hőmérséklet-optimum: az a hőmérséklet, amelyen a legintenzívebb a mikroorganizmus szaporodása. (Az egyes anyagcsere folyamatok, a termékképzés, a toxintermelés stb. optimuma nem feltétlenül esik egybe a szaporodás hőoptimumával!)

Hőmérséklet-maximum: ezen hőmérséklet felett a mikroba nem képes szaporodni. (Nem azonos az anyagcsere megszűnését eredményező hőmérséklettel!)

A szaporodási maximum feletti hőmérsékleten való tároláskor mikrobapusztulás következik be. Minél magasabb a hőmérséklet, annál gyorsabb a pusztulás. A mikrobák elpusztítása hőkezeléssel (pasztőrözés, sterilezés) az élelmiszer-tartósítási eljárások legfontosabb technológiai lépése.

Az egyes mikroorganizmusok szaporodását befolyásoló minimum, optimum és maximum hőmérséklet értékek nem állapíthatóak meg pontosan (különösen az optimális hőmérséklet esetén), hanem néhány Celsius fokos hőmérséklet-intervallumként határozhatók meg. A szaporodás hőmérsékleti határai csak közelítőleg adhatóak meg, mert nem csak fajonként, hanem egy adott faj különböző törzsei közt eltérések lehetnek, továbbá változnak az egyéb környezeti tényezők (tápközeg, pH, a_w, redoxpotenciál) hatására is.

A mikroorganizmusok hőmérsékletigényének, illetve hőmérséklettűrésének vizsgálata tiszta tenyészetből előállított kultúrák különböző hőmérsékleten történő, és körülbelül egy héten át zajló inkubálásával történik. Az inkubálási idő leteltét követően a tenyészetek szaporodásának mértéke alapján állapítjuk meg az optimális szaporodási hőmérsékletet. Mivel ez a vizsgálat hosszabb időt

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

igényel, a mindennapi rutin diagnosztikában nem alkalmazható. Az adott mikroba számára optimális hőmérséklettartományt az eltérő hőmérsékleten mért generációs idők összehasonlításával lehet meghatározni.

A mikroorganizmusok között több csoportot lehet megkülönböztetni a szaporodásuk hőmérsékleti határai szerint (5.1. táblázat). E szerint megkülönböztetünk pszichrofil (hidegkedvelő), pszichrotoleráns (hidegtűrő), mezofil, termotoleráns (melegtűrő) és termofil (melegkedvelő) mikroorganizmusokat. Az 5.1. táblázatban szereplő értékek közelítő átlagértékek, melyek a gyakorlatban 5-10 °C széles hőmérsékleti tartományok.

5.1. táblázat: A mikroorganizmusok csoportosítása hőmérséklet igény szerint. (Biró-Szita, 2000; Deák, 2006; Laczay, 2008; Szabó, 2008)

Csoport	Hőmérséklet (°C)		
	Minimális	Optimális	Maximális
Pszichrofil	–10 - +5	10-15	15-20
Pszichrotoleráns/pszichrotróf	–5 - +5	20-30	30-40
Mezofil	5-15	25-40	40-45
Termotoleráns/termotróf	10-20	40-45	50
Termofil	25-45	50-80	60-90

A **pszichrofil** csoportra jellemző, hogy szaporodásuk hőmérséklet optimuma 15 °C alatt van. Ezt a csoportot tovább tagolva beszélhetünk pszichrotoleráns/pszichrotróf (hidegtűrő) mikrobákról, valamint kriotoleráns mikrobákról. A hidegtűrők szaporodása 5 °C alatti hőmérsékleten leáll. A kriotoleráns mikrobák azonban akár -18 °C hőmérsékletnél is képesek lassú szaporodásra. -18 °C alatti hőmérsékleten azonban már nem kell a mikroorganizmusok szaporodásával számolni.

A kisebb hőmérsékleti optimumot igénylő hidegkedvelő mikrobák a modern élelmezés legnagyobb kockázatát jelentik, mivel a hűtőszekrény hőmérsékletén sem gátolt a szaporodásuk. A hidegkedvelő fajok még a mínusz tartományokban is képesek fejlődni és az élelmiszerek lassú romlását okozni. Hűtött húsok felületén jellemző nyúlós, nyálkás bevonat, ami hidegtűrő fehérje-, és szénhidrátbontó baktériumok működésének eredménye, még +4 °C-on történő tárolásnál is bekövetkezhet 5-8 nap alatt. A zsírbontó baktériumok egy része is hidegtűrő.

Sok pszichrotróf és pszichrofil faj van a *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium* és *Arthrobacter* nemzetségekben. Az élelmiszerrel terjedő kórokozók közül fontos kiemelni a *Listeria monocytogenes*-t, valamint a *Yersinia enterocolitica*-t, melyek hűtési hőmérsékleten is szaporodnak. Az élesztők és penészek között is sok pszichrotróf faj található (pl. *Candida*, *Cryptococcus*, *Cladosporium* és *Penicillium* nemzetség).

A **mezofil** mikrobák szaporodásának hőmérséklet-optimuma 25-40 °C közé esik. A mi éghajlatunk alatt többségében mezofil mikroorganizmusokkal találkozunk. Élelmiszer-higiéniai szempontból is ezek a mikrobák a legjelentősebbek. A mezofil baktériumok szaporodása a legintenzívebb, kedvező hőmérsékleten az élelmiszerek gyors romlását okozzák. Közvetlen közegészségügyi veszélyt

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

jelentenek a fogyasztókra nézve, mivel ebbe a csoportba tartozik a legtöbb patogén (pl. *Salmonella, Staphylococcus aureus, Clostridium perfringens*, stb.), valamint élelmiszer-rontó, -fertőző és toxintermelő mikroorganizmus.

Termofileknek nevezzük azokat a mikroorganizmusokat, amelyek maximális szaporodási hőmérséklete 55 ^{o}C, vagy magasabb, minimuma pedig 40 ^{o}C körül van. A csoporton belül elkülönítjük az ún. termotoleráns/termotróf (melegtűrő) mikrobákat (pl. termotoleráns coliformok, termotoleráns szalmonella és kampilobakter fajok), amelyek szaporodásának hőmérséklet-maximuma 50 °C.

A termofilek élelmiszerek szempontjából legfontosabb képviselői az egyes tejsavbaktériumok (pl. *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*), valamint az endospórát képző *Bacillus* és *Clostridium* nemzetség tagjai. A konzervgyártásban különösen fontosak a termofil baktériumok spórái, amelyek közül egyesek képesek még az autoklávozás 121 ^{o}C-os hőmérsékletét is túlélni, majd kicsírázva gáztermelés következtében a konzervek úgynevezett bombásodását okozni. A pasztőrözés hőfokán (80-100 ^{o}C) a termofil csírák életben maradhatnak, ezért ha a pasztőrözéssel készült termékeket nem hűtve tárolják, akkor hamar megromolhatnak.

A termofil szervezetek szemétlerakók, komposzthalmok, ipari hűtővizek, melegvizes rendszerek, hőforrások lakói. A termofil, extrém termofil szervezetek napjainkban a mezőgazdasági és a biotechnológiai felhasználása igen jelentős (pl. termostabil proteázok használata a mosószergyártásban). A fermentációs iparban a *Clostridium thermocellum*ot etanol és celluláz termelésre használják. A hipertermofilek természetes élőhelyei a geotermikus területek.

Az élelmiszeripar számára mind a nagy, mind a kis hőmérséklet alkalmazása fontos tartósítási eljárás. A mikrobák fokozatosan pusztulnak, ha huzamosabb ideig a szaporodási minimumnál kisebb hőmérsékletnek vannak kitéve. Ez a pusztulás azonban igen lassú, és a fagyasztástól sem várható teljes mikrobapusztulás. A hőmérséklet növelésével viszont teljes pusztulást lehet elérni. A vegetatív sejtek esetében általában már 70-80 ^{o}C-on, a baktérium endospórák esetén viszont 100 ^{o}C feletti hőmérsékletre van szükség.

5.2 Ozmózisnyomás

Különböző koncentrációjú oldatokban, amelyeket egymástól az oldott anyag számára nem átjárható hártya (félig áteresztő hártya pl. citoplazmamembrán) választ el, a hígabb oldat oldószere a töményebb felé áramlik addig, amíg koncentrációjuk ki nem egyenlítődik (dinakimus egyensúly), melynek kialakulásához szükséges nyomás az ozmózisnyomás (π; bar).

A közeg a sejtek szempontjából lehet hipo-, izo- és hipertóniás.Amikor a környezet oldatkoncentrációja hígabb, mint a sejté (**hipotóniás**), akkor a mikroorganizmus vizet vesz fel a környezetéből. Hirtelen nagy mennyiségű vízfelvétel esetén a sejtben megnő az intracelluláris nyomás, és a sejtfal nélküli mikrobasejteknél a citoplazmamembrán megrepedhet (sejt lízise). Ha a sejt és környezetének koncentrációja egyenlő (**izotóniás**), akkor nincs vízfelvétel. Ha a mikroorganizmus a

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

citoplazmájánál töményebb (**hipertóniás**) oldatba kerül, akkor elveszíti víztartalmát, ennek hatására a sejt protoplazmája elválik a sejtfaltól. Ezt ***plazmolízis***nek nevezzük., mely töményebb sóoldatban, cukoroldatban és mézben következok be.

Az élelmiszer ozmózisnyomását az oldatban lévő molekulák száma határozza meg. Minél több molekula van jelen, annál nagyobb az ozmózisnyomás. A mikrobiológiai tápközegek ozmózisnyomása 10-30 bar, a legtöbb mikroba jól nő. Az ozmofil élesztők tömény cukoroldatban is szaporodnak, ezáltal főleg az üdítőitalok és az édesipari termékek romlását idézik elő. Az élelmiszerek ozmózisnyomása és a légtér egyensúlyi páratartalma (ERP %) közötti összefüggést az 5.2. táblázat mutatja be.

5.2. táblázat: Az ERP-érték és ozmózisnyomás közötti összefüggés.
(Bíró, 1993; Biró-Szita, 2000)

Mikrobák vízigény szerinti csoportosítása	**ERP %**	**Ozmózisnyomás (bar)**
Ozmofil	60	570
	65	564
	70	466
Xerofil	75	377
	80	292
Xerotoleráns	85	212
	90	138
Hidrofil	95	67
	100	0

Az élelmiszerek ozmózisnyomását növelhetjük a víztartalom csökkentésével is. A víztartalom részleges eltávolítását besűrítésnek (pl. paradicsompüré készítése), teljes eltávolítását pedig aszalásnak vagy szárításnak (pl. tejpor, tojáspor előállítása) nevezzük.

Az ozmózissal szembeni viselkedés alapján az alábbi mikrobacsoportok különíthetőek el:

Ozmotoleránsak - hipertóniás közegben életben maradnak, de nem növekednek, és nem szaporodnak.

Fakultatív ozmofilek - növekedési maximumuk hipotóniás közegben van, de hipertóniás közegben is növekednek és szaporodnak.

Obligát ozmofilek kizárólag hipertóniás közegben növekednek.

Vannak olyan ozmofil élesztősejtek, melyek csak magas koncentrációjú cukoroldatban élnek meg, de nem tűrik el a magas sókoncentrációt, vagy más eredetű magas ozmotikus nyomást. Az élesztők nökekedését a viszonylag alacsony (3%-os) NaCl gátolja, de képesek magas ozmotikus nyomáson növekedni, ha azt cukrok tartják fenn. Tehát **a halofilia nem azonos az ozmofiliával.**

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

5.3 Rázás (vibráció)

Az erős és gyors vibráció károsítja a szervezeteket, hiszen ekkor a sejtfaluk mechanikailag is sérülhet az egymással való ütközés miatt. Az enyhe, kíméletes rázás (vibráció) serkenti a mikrobák szaporodását, mivel ekkor a mikroba sejt körül áramlik (frissül) a tápközeg, és ilyenkor a keletkezett anyagcsere termékek is eltávoznak a sejt közeléből, ám ezek hígulása is nagyobb a kialakult turbulencia miatt. A tapasztalat szerint a víz mozgása, rázása a klórozás hatásosságát is fokozza.

5.4 Relatív páratartalom

A levegő páratartalma zárt térben bizonyos idő elteltével egyensúlyba kerül az élelmiszer szabad víztartalmával (amit a vízpotenciál és a vízaktivitás fejez ki). A levegő egyensúlyi relatív páratartalma (ERP) megegyezik a termék vízaktivitásának százszorosával (ERP = $a_w \times 100$).

Abban az esetben, ha a tárolótér relatív páratartalma kisebb, mint a termék vízaktivitása, a friss élelmiszer párolgás révén vizet veszít. Ha viszont kis vízaktivitású élelmiszert (pl. szárítmányt) nagy páratartalmú légtérbe helyezünk, a termék vizet vesz fel. Előfordul, hogy a termék felületén lecsapódó pára teszi lehetővé a penészek elszaporodását. Fontos figyelembe venni, hogy a gyümölcsök, zöldségek tárolásakor a szöveti légzés során víz képződik.

Az egyensúlyi relatív páratartalmat erősen befolyásolja a hőmérséklet is. Mivel 0,75-nél kisebb vízaktivitás esetén a mikrobák többsége nem képes szaporodni, az ezzel összefüggő víztartalomértéket az élelmiszer kritikus víztartalmának tekintjük.

Raktárakban, hűtőházakban a hőmérséklet kismértékű ingadozása is befolyásolja az egyensúlyi relatív páratartalmat. A csomagolt élelmiszerek gyors, mikrobiális eredetű romlását a csomagban lecsapódó nedvesség elősegíti.

5.5 Oxigén koncentráció

Az aerob mikroorganizmusok oxigént igényelnek szaporodásukhoz, míg az anaerobok nem tudják az oxigént hasznosítani, vagy az oxigén gátolja a szaporodásukat. Oxigén igény szempontjából a prokariótákat öt kategóriába sorolhatjuk be.

Az **obligát aerobok** oxigént használnak légzési elektronakceptorként (aerob légzés), aerob oxidatív anyagcserét folytatnak, növekedésük és szaporodásuk a légköri parciális oxigénnyomáson a leggyorsabb. Rendelkeznek az oxigén káros hatását kiküszöbölő védőenzimekkel (pl. kataláz, peroxidáz). Ebbe a csoportba tartozik például az *Acetobacter aceti,* a *Micrococcus luteus* és a *Mycobacterium tuberculosis*.

A **mikroaerofilek** aerob oxidatív anyagcserét folytatnak, de védőenzimeik nem elég hatékonyak. Ezáltal az oxigént nem viselik el a normál légköri koncentrációnál, csak csökkentett tenziónál. Szaporodásukhoz tehát szükséges az oxigén, de a maximálisnál kisebb koncentrációban (pl. *Campylobacter jejuni*).

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Az **aerotoleráns anaerobok** kizárólag fermentatív anyagcserével rendelkeznek. Képesek tolerálni az oxigén jelenlétét (vannak védőenzimeik), de anyagcseréjükhöz nem szükséges (pl. *Streptococcus pyogenes*).

A **fakultatív anaerobok** (pl. *Escherichia coli*) fel tudják használni az oxigént, ha az rendelkezésre áll, de annak hiányában is képesek szaporodni. Aerob körülmények között az oxigént elektronakceptorként hasznosítják (vannak védőenzimek), anaerob körülmények között áttérnek anaerob anyagcserére (pl. nitrátlégzés, fermentáció).

Az **obligát anaerobok** számára az oxigén toxikus, mely gátolja növekedésüket vagy elpusztítja őket. Az obligát anaeroboknak nincs szükségük az oxigénre és védőenzimek hiányában nem is tűrik azt. Anaerob anyagcserét folytatnak (pl. *Clostridium botulinum, Desulfovibrio intestinalis*; 5.3. táblázat).

5.3. táblázat: A mikroorganizmusok oxigénhez való viszonya. (Márialigeti, 2013)

Csoport	Oxigénhez való viszonya	Anyagcsere típus	Védő-enzimek	Példaszervezet	Élőhely
Obligát aerob	szükséges	aerob légzés	vannak	*Micrococcus luteus*	por
Fakultatív anaerob	nem feltétlenül szükséges	aerob vagy anaerob légzés, fermentáció	vannak	*Escherichia coli*	bélrendszer
Mikroaerofil	szükséges	aerob légzés	nem elég hatékony	*Campylobacter jejuni*	gyomorfal
Aerotoleráns anaerob	nem szükséges	fermentáció	vannak	*Streptococcus pyogenes*	felső légutak
Obligát anaerob	ártalmas	fermentáció vagy anaerob légzés	nincsenek	*Desulfovibrio intestinalis*	bélrendszer

Oxigén jelenlétében számos toxikus vegyület (pl. szuperoxid anion ($^{\bullet}O_2^-$), hidrogén-peroxid (H_2O_2), hidroxil gyök ($^{\bullet}OH$) stb. képződik. Oxigén jelenlétében továbbá a redox rendszerek, elektronszállítók is oxidált állapotba kerülhetnek. Az úgynevezett oxigén szabadgyökök ellen az élő szervezeteknek védekezniük kell. Azon mikroorganizmusok, amelyek erre nem képesek (pl. obligát anaerob baktériumok) oxigén jelenlétében elpusztulnak. Ezek a toxikus vegyületek normál körülmények között is keletkeznek (pl. a légzési láncban, az oxigén vízzé történő redukciója során).

A szervezetek e vegyületek ellen különböző enzimekkel védekezhetnek:

- Kataláz enzim: a hidrogén-peroxid vízzé és oxigénné történő bontását katalizálja.
- Peroxidáz enzim: NADH jelenlétében a hidrogén-peroxidot vízzé alakítja át.
- Szuperoxid-diszmutáz enzim: a szuperoxid anionokból hidrogén-peroxidot és oxigént képez.
- Szuperoxid-diszmutáz/kataláz kombinációja: szuperoxidból vizet és oxigént képez (aerob és fakultatív anaerob mikrobák)

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

- Szuperoxid reduktáz enzim: rubredoxin (kis redoxpotenciálon működő vas-kén fehérje). Jelenlétében a szuperoxidból hidrogén-peroxidot állít elő (pl. számos szulfátredukáló és metanogén baktérium esetén).

A mikrobák enzimeinek egy része képes reagálni az oxigénnel. Az ilyen enzimek típusa, megléte határozza meg tulajdonképpen a mikroba viszonyát az oxigénhez. Az anaerob szervezetek enzimei többnyire érzékenyek az oxigén jelenlétére, ezért gyorsan és rendszerint irreverzibilisen károsodnak.

5.6 Légtérösszetétel

A levegő összetételének változtatása (oxigéntartalom csökkentése, szén-dioxid tartalom növelése) előnyös tárolási módot tesz lehetővé. Az úgynevezett szabályozott légterű tárolás, amelyet gyakran hűtéssel kombinálnak két szempontból is előnyös. Egyrészt gátolja a gyümölcs és zöldség légzését (lassítja az érést), másrészt gátolja a romlást okozó mikroorganizmusok (főleg az aerob penészgombák) szaporodását.

Hasonló viszonyok alakulhatnak ki a vákuumcsomagolt élelmiszereknél is. Ebben az estben azonban bizonyos élelmiszerekben megnő a tejsavbaktériumok okozta romlás lehetősége.

5.7 Feldolgozó és tartósító műveletek

A feldolgozandó nyersanyag mikrobiológiailag mindig szennyezett, és ezt a szennyeződést számos belső és külső tényező alakíthatja, módosíthatja. A külső tényezők azok a különféle műveletek, amelyek az élelmiszerek feldolgozását szolgálják. A feldolgozó műveletek egy része (pl. válogatás, mosás, hámozás) jelentősen csökkenti az élelmiszer szennyezettségét, más folyamatok (pl. aprítás, darabolás, fűszerek, adalékok) azonban elkerülhetetlenül növeli azt.

Maguk a berendezések is veszélyforrást jelenthetnek, ha felületükön vagy az anyagáramlásból félreeső zugokban mikrobatenyészet alakul ki. Ezért is fontos hangsúlyozni a technológiai eljárások szerves részét képező higiéniai szabályok szigorú batartását (tisztítás, takarítás, fertőtlenítés), valamint a jó gyártási gyakorlat fenntartásának meghatározó jelentőségét.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású
egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

6 Élelmiszer eredetű megbetegedések

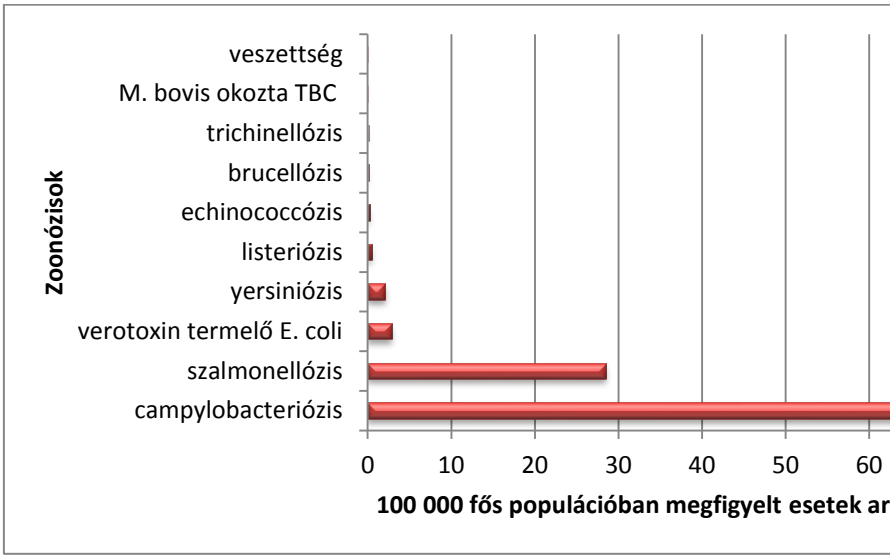
6.1 Élelmiszer mikrobiológia közegészségügyi vonatkozásai

Az élelmiszerek nélkülözhetetlenek az ember életbenmaradásához, ugyanakkorszámos megbetegedés kialakulásában játszhatnak szerepet. Az élelmiszerekben előforduló természetes toxikus anyagok mellett (pl. a burgonya szolanin tartalma) külső szennnyeződés veszélyeivel is számolnunk kell, melyekért a kémiai szennyezők (pl. peszticidek) mellett az élelmiszerbe került mikrobák, illetve az általuk termelt toxinok (pl. peszticidek) a felelősek.

Élelmiszer eredetű megbetegedések

A mikrobákkal, valamint az általuk okozott megbetegedésekkel kapcsolatos ismereteink jelentős mértékben gyarapodotak az utóbbi évtizedekben. Ennek ellenére, az élelmiszer eredetű megbetegedések száma világszerte továbbra is jelentős, sajnos növekvő tendenciát mutat. Az ilyen megbetegedések aránya még az iparilag fejlett országokban is 10-30% közé tehető (a WHO Surveillance Programme for Control of Foodborne Disease in Europe adatai szerint). Magyarországon az OÉTI (Országos Élelmezés- és Táplálkozástudományi Intézet) végzi az élelmiszer eredetű megbetegedésekkel kapcsolatos vizsgálatokat, és szolgáltatja az erre vonatkozó adatokat.

Az élelmiszer eredetű megbetegedéseket két nagy csoportra osztjuk. Az élelmiszer fertőzést (1. csoport), az élelmiszerben élő, fertőzést előidézni képes kórokozók váltanak ki. Élelmiszer mérgezést (2. csoport) az élelmiszerben mérgezést kiváltani képes mennyiségben jelen lévő kémiai anyagok okoznak. Utóbbi esetében az élelmiszer mikrobiológia tárgykörébe csak a mikroorganizmusok (baktériumok, gombák és algák) termelte toxikus anyagok tartoznak.

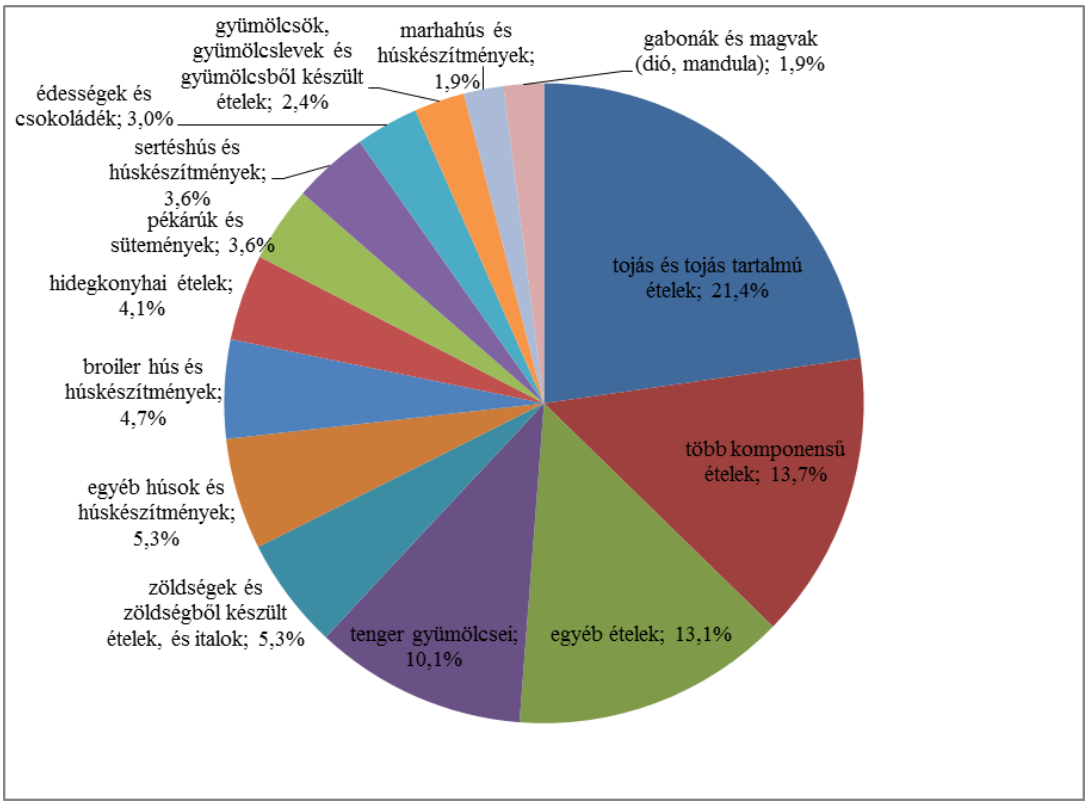


6.1. ábra: Bizonyított kórokú, jelentett zoonózisok aránya az Európai Unióban 2011-ben. (EFSA, ECDC: EU Summary Report 2011)

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Európában a leggyakoribb (felderített kórokú) élelmiszer megbetegedésként évek óta a szalmonellózist és campylobacteriosist tatják számon. Súlyosságát tekintve pedig a liszteriózis és a haemorrhagiás *Escherichia coli* fertőzés a legjelentősebb (6.1. ábra). A szalmonellózis 1985-1992 között erőteljes növekedést mutatott, majd 1992-1996 között tetőzés volt megfigyelhető. Ezt követően, az erőteljes szalmonellagyérítési programnak köszönhetően csökkenés volt tapasztalható. Az utóbbi években, az Európai Unió legtöbb országában a *Campylobacter* törzsek okozta élelmiszer fertőzések meghaladták a szalmonellózisok számát. A campylobacteriosis általában sporadikusan, vagy családi járványként fordul elő. A betegség kialakulásának fő oka a baromfiállomány nagymértékű fertőzöttsége, és a vágott baromfi *Campylobacter* szennyezettsége. A zoonózisok közül a brucellózis, a trichinellózis, és az echinococcosis Európában csupán néhány területen jellemző. A botulizmus főként Közép-Európában mutat nagyobb esetszámot, a felhasználás előtt már nem hőkezelt, házi készítmények (tartósított húsok, zöldségfélék) szennyeződése révén. A súlyos egészségügyi következményekkel járó, nagy mortalitású *Listeria monocytogenes* fertőzések száma az utóbbi években csökkent, míg az enterohaemorrhagiás (verotoxin termelő) *E. coli* fertőzés a 2011-es, főként Németországot érintő járvány miatt növekedett meg.



6.2. ábra: Élelmiszer eredetű megbetegedésekben érintett élelmiszerek aránya az Európai Unióban 2011-ben 701 eset alapján. (EFSA, ECDC: EU Summary Report 2011)

Az élelmiszer eredetű megbetegedésekben érintett élelmiszerek közül legjelentősebbek a tojás és tojás tartalmú ételek (21,4%), a több összetevőből készült ételek (13,7%),

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

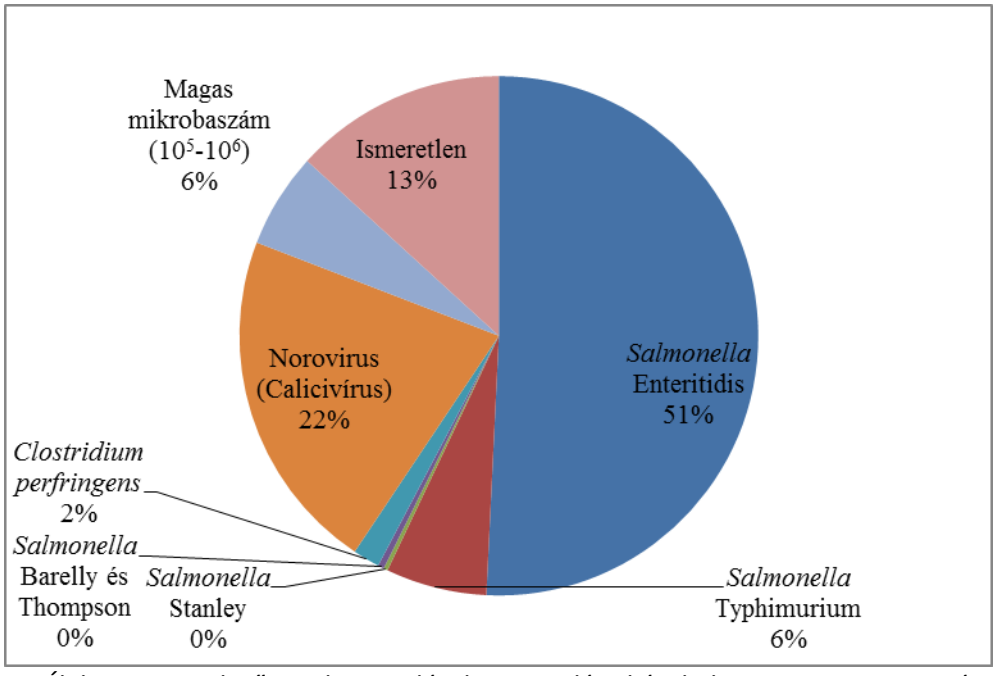
húsok közül pedig a baromfihús (4,7%) (6.2. ábra).

Magyarországon 1952 óta kötelező az ételmérgezési események bejelentése. A jelentett esetek száma 1966-1990 között folyamatosan csökkent. Később azonban folyamatos növekedés volt megfigyelhető, és 1998-ra mind az esetszámot tekintve, mind az érintett személyek számában az 1960-as szintre emelkedett. 2010 és 2011 között stagnálás volt tapasztalható. A 2012-ben nyilvántartott események száma alacsonyabb volt, mint 2011-ben (31:49), a betegszám pedig lényegesen kevesebb (6.1. táblázat).

6.1. táblázat: Bejelentett- és nyilvántartott élelmiszer eredetű események és megbetegedések száma, 2008 - 2012. (NÉBIH)

év	Bejelentett esetek száma			Nyilvántartott esetek száma			
	Esemény	Beteg	Kórházban ápoltak száma	Esemény	Beteg	Kórházban ápoltak száma	Meghalt
2008	83	2265	175	67	1811	164	2
2009	79	1124	89	50	1035	75	1
2010	106	2416	109	43	1409	78	0
2011	95	1743	167	49	1140	105	0
2012	78	1332	148	31	773	102	0

Hazánkban az azonosított kórokozók döntő többsége *Salmonella*, ezen belül *Salmonella* enteritidis volt (6.3. ábra).

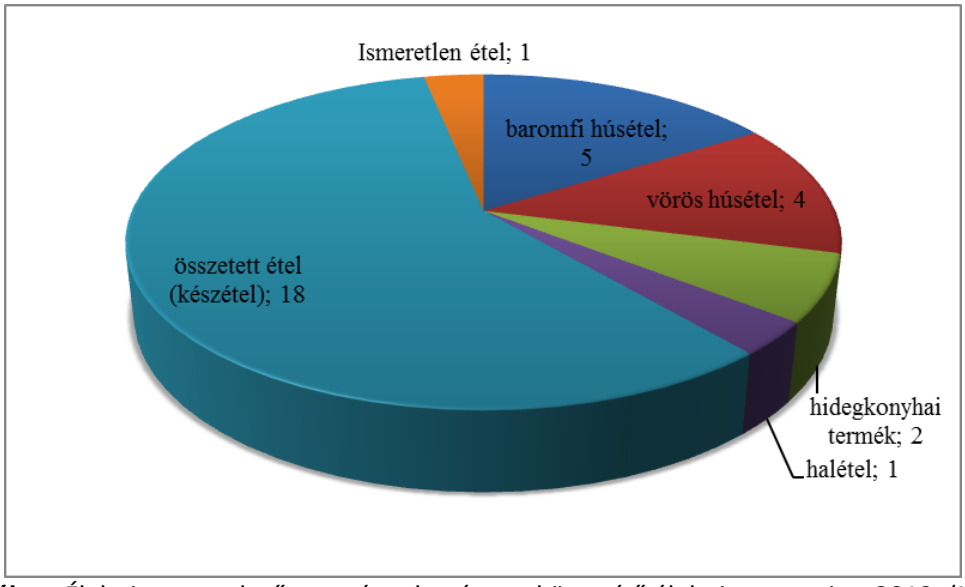


6.3. ábra: Élelmiszer eredetű megbetegedések megoszlása kórokok szerint Magyarországon, 2012. (NÉBIH)

A NÉBIH 2012-es jelentése szerint az utóbbi években nem volt a megbetegedést közvetítő élelmiszerek között kiemelhető csoport. A legtöbb élelmiszer eredetű megbetegedésnél valamilyen konyhai készétel szerepelt, mint kiváltó okként 2012-ben. Korábban a

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

tojás, illetve a tojásból készült ételek szerepeltek a legnagyobb arányban a megbetegedést előidéző élelmiszerek között. A 2009 és 2011 közötti három évben 4,4 illetve 6 eseménynél valószínűsítették a tojás megbetegítő szerepét.



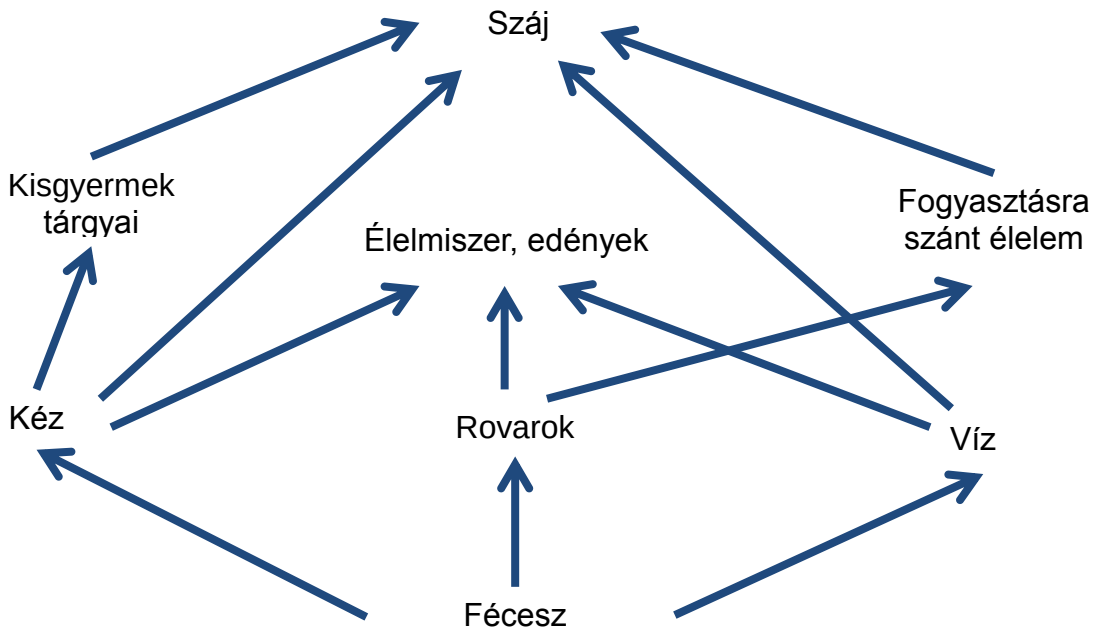
6.4. ábra: Élelmiszer eredetű események száma a közvetítő élelmiszer szerint, 2012. (NÉBIH)

6.2 Élelmiszer eredetű megbetegedéseket okozó mikrobák patogenitási faktorai

A WHO definíciója szerint élelmiszer eredtű megbetegedésnek nevezünk bármely élelmiszer vagy víz elfogyasztásával kialakuló fertőző, vagy toxikus anyag által kiváltott megbetegedést. Tünetei között nemcsak a hányással és/vagy hasmennéssel járó enterális tünetek tartoznak. További tünetek lehetnek a toxikus kémiai anyagok által kiváltott akut és krónikus hatások, illetve a jellegzetes kórképpel rendelkező botulizmus és liszterózis. A kiváltó okok között még mindig a mikrobiális eredtű kórképek vannak döntő többségben. Számos mikrobiális eredetű megbetegedést ismerünk, melyek között csak élelmiszerrel terjedők (pl. hemorrhágiás colitis és liszterózis) vannak. Mások, mint a botulizmus és a sztafilokokkusz eredetű ételmérgezés főként élelmiszer eredetűek. Néhány -korábban jelentős élelmiszer közvetítette- betegség, mint az antrax (lépfene), vagy a brucellózis napjainban már csak elvétve bukkan fel.

Az élelmiszer eredetű megbetegedések a szájon keresztül (per os), az elfogyasztott élelmiszerrel kerülnek be az emésztőrendszerbe. Az ilyen típusú megbetegedések döntő többsége a fekál-orál fertőzési módon terjed (6.5. ábra). A botulinum toxin, a mikotoxinok, az alga toxinok, továbbá a sztafilokokkusz okozta ételmérgezések esetében nem a fekál-orál terjedési mód a legjelentősebb. Az élelmiszer eredetű vírusos megbetegedések, az enteropatogén protozoonok és baktériumok esetében viszont ez az elsődleges fertőzési mód. A fekál-orál fertőzési út esetén az ürülékkel szennyezett emberi kézről, ruházatázatról, vagy rovarok, illetve víz közvetítésével kerül a mikkoorganiizmus az élelmiszerre.

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE



6.5. ábra: A fekál-orál terjedési útvonal (Jay et al., 2004 alpján)

Az emésztőrendszerbe jutott mikrobák csak akkor tudnak betegséget kiváltani, ha bizonyos követelményeknek megfelelnek. (1) Először is túl kell élniük a gyomor extrémen savas környezetét. (2) Ezt követi a bélfal kolonizálása a mikrobáknak a bél felszínén történő megtapadását követően. A bélfal mucosa rétege rendkívül hatékonyan képes a mikrobák megtapadását megakadályozni. Néhány mikroba, például a *Listeria monocytogenes* listeriolysin O enzime segítségével bontja el a mucosát. Vannak olyan patogének is, melyeknek a betegség kialakításához nincsen szükségük arra, hogy a bélfafalhoz tapadjanak. (3) A bélbe kerülő patogéneknek képeseknek kell lenniük a bélben található limfoid szövetekből kiinduló védelmi rendszer kikerülésére is. (4) Jó kompetíciós képességgel kell rendelkezniük a bélben nagyszámban található és rendkívül heterogén, betegséget nem okozó, természetes mikrobiótával szemben, ami hatékonyan gátolja a patogének szaporodását. Az alacsony O_2 koncentráció egyes patogének számára szintén kedvezőtlen körülményt jelent. (5) Végezetül, a betegség kialakításához vagy toxikus termékeket kell termelniük (pl. *Vibrio cholerae* kolera toxinja), vagy át kell hatolniuk a bélfalon, és különböző sejtekbe bekerülni. Utóbbi patomechanizmusra példa a *L. monocytogenes*.

Az emésztőrendszeri kórokozók a gyomor-bélrendszer különböző helyein fejtheti ki hatásukat. A **gyomor**falat egyedül a *Helicobacter pylori* baktérium képes kolonizálni. Meg kell azonban jegyezni, hogy még nem sikerült bizonítani a *H. pylori* fertőzés élelmiszer eredetét. A **vékonybél** számos vírus (Hepatitis A, rotavírusok), baktérium (*Bacillus cereus*, *Campylobacter jejuni*, *Clostridium perfringens, Escherichia coli* – EPEC és ETEC törzsei, *Listeria monocytogenes,* nem typhoid

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

szalmonellák, *S.* Typhi, shigellák, *Vibrio cholerae, V. parahaemolyticus,* yersiniák) patogenitási helye. Számos kórokozó képes **vastagbél** kolonizálására is: *Campylobacter, Escherichia coli* – EHEC és EPEC törzsei, *Entamoeba histolytica, Salmonella* Enteritidis, *Shigella dysenteriae*. A májban telepszik meg a májmétely féreg, baktériumok közül a *Listeria monocytogenes*, és több élelmiszer eredetű vírus (Hepatitis A és E). A *Trichinella spiralis* az **izmok**ban növekedik és encisztálódik.

Az élelmiszer eredetű korokozók patogenezise is igen változatos. A hússal elogyasztott férgek az emésztést követően válnak fertőzőképessé. Bekerülésük után vagy a bélben maradnak, vagy bélből különböző szervekbe (máj, izmok) jutnak. Az élelmiszer eredetű protozoonok a bélben maradnak, a *Toxoplasma gondii* kivételével. Ez a kórokozó ugyanis képes a bélfalon, mi több, a placentán is áthatolni, ezáltal súlyos magzatkárosodás okoz. Az élelmiszer alapanyagokban, vagy az élelmiszerben termelődött és elfogyasztott mikotoxinok különböző szervekben akkumulálódnak, illetve különböző sejtalkotókhoz képesek kötődni (pl. aflatoxin a DNS-hez). A kórokozó baktériumok azonban a korábban felsoroltaknál sokkal komplexebb patomechanizmussal rendelkeznek.

A Gram-pozitív kórokozók extracelluláris virulencia faktorokat termelnek. A *Staphylococcus aureus* virulens törzsei például számos exotoxin termelésére képesek, de csak az enterotoxint termelő törzsek tudnak enterális tüneteket kialakítani. A *Clostridium botulinum, Clostridium perfringens* és *Bacillus cereus* estében szintén exotoxinok felelősek a betegség tüneteinek kialakításáért. Habár a *L. monocytogenes* szintén Gram-pozitív baktérium, nem termel exotoxinokat. Virulens törzsei képesek áthatolni a musosa rétegen, és különböző faktorok (pl. *listeriolysin O*) segítségével a sejtekbe jutnak (intracelluláris patogén).

A Gram-pozitív baktériumoktól eltérő, jóval komplexebb patogenezissel és többféle virulencia faktorral rendelkeznek a Gram-negatív baktériumok.

A *S. enterica* különböző szerotípusainál a legfontosabb patogenitási faktorokat kódoló gének az úgynevezett patogenitási szigeteken (1 és 2) találhatóak. Ezek a gének leggyakrabban extrakomoszómális, mobilis genetikai elemeken (plazmidok, fágok) kódolódnak, és horizontális géntranszferrel átkerülhetnek más szalmonella törzsekbe, sőt a közeli rokon *E.coli* és *Shigella* fajok között is történhet horizontális géntranszfer. Ilyen extrakromoszómális elemeken találhatóak például a bélfalon való megtapadást segítő patogenitási faktorokat kódoló gének. Ezek közé tartoznak a *S. enterica* virulens törzseiben megtalálható fimbriális adhezin gének, melyek átadódhatnak a korábban avirulens törzsekbe is. A Gram-negatív baktériumok különböző, szintén extrakromoszómális elemeken kódolt enterotoxinokat is termelhetnek. A *Shigella* fajokban található, fágon kódolt enterotoxin horizontális géntranszferrel került egy enteropatogén (EPEC) *E. coli* törzsbe, így alakultak ki az enterohemorrhágiás (EHEC) *E. coli* patotípusok.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású
egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

7 *Staphylococcus aureus* és az általa okozott betegségek

Staphylococcus aureus rendszertani besorolása

Ország: BACTERIA (Baktériumok)
Törzs: Firmicutes
Osztály: Bacilli
Rend: Bacillales
Család: *Staphylococcaceae*
Nemzetség: *Staphylococcus*
Faj: *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus nemzetség

Gram-pozitív, kemoorganotróf baktérium nemzetség. A *Staphylococcus* nemzetség fajokra történő osztása biokémiai tulajdonságok és genetikai jellegzetességek alapján történik. A mikroszkópos képen a sejtek gömbölyűek (kokkusz) és szabálytalan csomókba (szőlőfürtszerűen) rendeződnek. A nemzetség tagjai megtalálhatóak az ember és az állatok bőrén, a felső légutakban, a húgyutak és a nemi szervek nyálkahártyáján, az emésztőcsatornában, de a talajban, természetes vizekben és a növényzeten is. A jelenleg ismert fajok és alfajok száma 40 felett van.

Számos fajuk megtalálható az élelmiszerekben, a humán, állati és környezeti szennyezés eredményeként. Humán eredetű mintákból eddig 16 fajt izoláltak: *S. aureus*, *S. epidermidis, S. auricularis, S. capitis, S. caprae, S. haemolyticus, S. hominis, S. lugdunensisí, S. pasteuri, S. saccharolyticus, S. warneri, S. saprophyticus, S. xylosus, S. cohnii, S. schleiferi,* és *S. simulans*.

Kórtani szempontból elsősorban a koaguláz-pozitív fajok (mindenekelőtt a *S. aureus* és a *S. intermedius*) a lényegesek. A koaguláz-negatívok többnyire szaprofiták, de egyesek (pl. *S. hyicus, S. epdermidis*) bőrgyulladást okozhatnak. A nemzetségbe tartozó számos faj – legyen az akár koaguláz-pozitív vagy koaguláz-negatív –termel enterotoxint (SE). Enterotoxin termelő koaguláz-pozitív fajok: *S. aureus*, *S. intermedius* és *S. hyicus*.

Staphylococcus aureus jellemzése

A *Staphylococcus* nemzetségbe tartozó, Gram-pozitív, fakultatív anaerob, szaprobionta és opportunista kórokozó, gennykeltő baktérium.

A *S. aureus* általánosan elterjedt a környezetben, legtöbb háziállatunk is hordozója. Az egészséges emberek több mint 50%-ában is megtalálható, főként a bőrfelszínen és a légutak nyálkahártyáján. Többnyire ártalmatlan szaprofita. A baktérium azonban fakultatív patogén és ellenálló képesség csökkenés esetén helyi gyulladásos folyamatokat (pl. bőrgyulladás, mandulagyulladás), illetve szeptikémiát okozhat. Az állatokban ugyancsak gennyesedéssel járó, rendszerint helyi folyamatokat, valamint kérődzőkben tőgygyulladást, madarakban szeptikémiát, izületi gyulladást, bőrgyulladást okozhatnak.

Élelmiszerbiztonsági jelentőségüket a törzsek egy része által termelt hőálló enterotoxinok adják, melyek megfelelő

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

mennyiségben a fogyasztó szervezetébe jutva ételmérgezést okoznak.

A *S. aureus* sejtje gömb alakú, 0,8-1 mikrométer átmérőjű. A mikroszkópos képen fürtszerűen kokkuszokból felépülő fakultatív anaerob szervezet. Szilárd táptalajon szőlőfürtszerű csoportokat, folyékony tenyészetben pedig kisebb csoportokat vagy láncokat alkotnak. Telepei általában kerekek, enyhén domborúak, simák, fénylőek és vaj konzisztenciájúak. A pigment termelés rendkívül változékony. Jellemzően aranysárga színű telepeket képez, de a telepük lehet citromsárga vagy fehér is. A fajnév (aureus = aranyszínű) ellenére a *S. aureus* törzsek nem minden esetben aranysárga színűek. Véres agaron általában szürkéssárgák, β-hemolitikus udvarral. Nem spórás mikroba, de ennek ellenére is nagyon jól tűri a fagyasztást és beszárítást.

A *Staphylococcus aureus* mezofil baktérium, az optimális szaporodási és toxintermelés hőmérséklete +37 ^{o}C körül van. Szaporodni 6 ^{o}C-ig képes, de a toxintermelést 10 ^{o}C alatt már beszünteti. Szaporodni tágabb pH tartományban képes, a toxintermelés pH 4,5 alatt teljesen megszűnik. A baktérium sótűrő, egyes törzsei még 20% NaCl jelenlétében is tudnak szaporodni. A szaporodás minimális a_w értéke 0,83, a toxintermelés minimális a_w értéke pedig 0,86. (7.1. táblázat). Hővel szembeni ellenálló képessége átlagos (D_{62}= 1-2 perc, D_{72}= 5-10 mp).

7.1. táblázat: *Staphylococcus aureus* szaporodásának és toxintermelésének ökológiai mutatói. (Laczay, 2008)

Paraméter	Szaporodás		Toxintermelés	
	Tartomány	Optimum	Tartomány	Optimum
Hőmérséklet (^{o}C)	6-48	35-37	10-45	35-40
pH	4,0-9,8	6,0-7,0	4,5-9,0	6,0-7,0
NaCl (%)	0-20	0,5-4	0-20	0,5
Vízaktivitás	0,83-0,99	0,98-0,99<	0,86-0,99<	0,99<
Redoxpotenciál (mV)	-200 - +200<	+200<	-	+200<

Ahogy az a fent leírtakból is olvasható, a külső környezeti hatásoknak erősen ellenálló fajról beszélhetünk, amelynek az antibiotikum rezisztenciája is figyelemre méltó. Egy 1997-ben az Egyesült Államokban végzett vizsgálatban kimutatták, a vizsgált *Staphylococcus aureus* fajoknak több mint 50%-a rezisztens volt a meticillinre. Ezek a fajok a meticillin-rezisztens *Staphylococcus aureus* (MRSA) nevet kapták.

A *S. aureus*-t 9 antigén által sorolják szerológiai csoportokba, melyekbe a ma ismert törzsek 95%-a besorolható. A *S. aureus*-nak 5 fágcsoportja vagy fágtípusa van (I-IV és egy vegyes). A III. típus a leggyakoribb, főleg ételmérgezések esetén. Érdemes megemlíteni, hogy a fágtípusok és a szerotípusok között nincs lényeges összefüggés.

S. aureus biokémiai jellemzői

A *S. aureus* kataláz-pozitív baktérium, mely fermentálja a szénhidrátokat. A patogén törzsekre jellemző, hogy bontják a

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

mannitot. A fermentálás eredménye savtermelés, általában gázfelszabadulás nélkül. A nitrogén-anyagcsere változatos. A triptofánt nem képes bontani, ezáltal nem képez indolt. A karbamidot (urea) hidrolizálja, illetve a zselatint is képes elfolyósítani (proteolízis). A lipideket képes enzimatikusan bontani és hasznosítani. A faj fontos biokémiai jellemzője a koaguláz enzim termelése. Ez különbözteti meg a *S. aureus*-t a többi *Staphylococcus*-tól (koaguláz-negatív sztafilokokkuszok, KNS).

***S. aureus* patogenitása**

A *S. aureus* az egyik leggyakoribb emberi bakteriális patogén. A patogenitás mértékét a biokémiai aktivitások determinálják (koaguláz, hemolízis, DNáz, foszfatáz, mannit bontás, zselatinbontás). Számos virulenciafaktorral (pl. fehérje-, lipid-, szénhidrát-, nukleinsav-bontó enzimek, sejtoldó toxinok, fagocitákat pusztító tényezők, stb.) rendelkezik. A patogénekre jellemző a vérplazma alvasztó koaguláz és a hőálló nukleáz enzim is.

Sejthez kötött virulencia faktorok: pl. poliszacharid tok, mikrokapszula, nyák, teikolsav, lipoteikolsav, protein A, specifikus adhéziós proteinek (fibrinogén, fibrin, fibronektin, trombin, kollagén).

Extracelluláris, nem toxikus patogenitási faktorok (enzimek):

- **Koaguláz** (szabad és kötött): vérplazmát megalvasztja és így egy védőréteget képez a sejtek körül, ami megvédi a fagocitózistól.
- **Hialuronidáz**: szöveteket roncsolja, ezáltal segíti a baktérium terjedését (az inváziót).
- **Sztafilokináz** (fibrinolizin): fibrin feloldásával segíti az inváziót.
- **Dezoxiribonukleáz** (DNáz): DNS-t bontó enzim.
- **Foszfatáz**: a foszforsav észtereinek hidrolitikus hasítását végző enzim.
- **Lipáz**: lipidek bontását végző enzim.
- **Béta-laktamáz**: a β-laktám antibiotikumokkal szembeni rezisztenciáért felelős enzim.

Pirogén toxikus szuperantigének (PTSA-k):

- **Toxikus sokk szindroma toxin** (TSST-1)
- **Staphylococcus enterotoxinok** (SE)

Öt klasszikus típusa a SEA, SEB, SEC, SED és SEE. Az utóbbi években számos új típust - beleértve az enterotoxin-szerű (SEl) toxinokat és azok génjeit (SEG, SEH, SEI, SER, SET, SES, SElJ, SElK, SElL, SElM, SElN, SElO, SElP, SElQ, SElU és SElX) fedezték fel és publikálták. A toxinok hőrezisztensek és ellenállnak a tripszinnek. Az enterotoxin-B termelése a leggyakoribb. Az enterotoxinogén törzsek főleg a III. fágcsoportba tartoznak.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Exfoliatin toxinok: Exfoliatin toxin A és B, melyek a leforrázott bőr szindrómát okozzák.

Egyéb toxinok:

A toxinok termolabilisek és antigéntulajdonságúak, ellenük antitoxinok termelődnek.

- **α-hemolizin** (α-toxin): toxikus a legtöbb emberi és emlős sejtre, ozmotikus duzzadást és lízist okoz.
- **β-hemolizin** (β-toxin, szfingomielináz C)
- **γ-hemolizin** (kétkomponensű toxin)
- **δ-hemolizin** (δ-toxin)
- **Leukocidin**: fehérvérsejteket károsítja.

A *S. aureus* antibiotikum rezisztenciája is kiemelkedő (például a meticillin-rezisztens *Staphylococcus aureus*, a MRSA, vagy a vankomicin-rezisztens *Staphylococcus aureus*, VRSA).

***Staphylococcus aureus* előfordulása**

A *Staphylococcus aureus* a környezetben általánosan elterjedt. Megtalálható a talajban, a vízben, a levegőben és a porban. Az állatokon, illetve növényeken is megfigyelhető. Az egészséges emberekben is kimutatható a bőrön, felső légutakban, nemi szervek-, és húgyutak nyálkahártyáján, az emésztőcsatornában. A *Staphylococcus aureus* törzsek többsége hőálló enterotoxint képez (121 ^{o}C felett legalább 20 percig kell tartani az élelmiszert, hogy a toxin elpusztuljon), amely az élelmiszerekkel a szervezetbe kerülve néhány órán belül akut tünetekkel (hányás, hasmenés) járó ételmérgezést okoz.

***Staphylococcus aureus* okozta ételmérgezés**

A betegség oka:

A mérgezés kialakulásának két alapvető feltétele van: az élelmiszer kontaminációja, majd ezt követően a kórokozó elszaporodása és toxintermelése az élelmiszerben.Az ételmérgezést a *S. aureus* által termelt enterotoxinok okozzák.

A fertőzés forrása rendszerint a baktériumot hordozó ember, aki közvetlenül (légúti váladék, fertőzött seb, bőrgyulladás, stb.) vagy gyakrabban indirekt módon (szennyezett emberi kéz) károsítja az élelmiszert. Ezért a megelőzésében különösen fontos tényező a személyi higiénia.

Az embert megbetegítő mennyiségű toxin termeléséhez a baktériumoknak nagy számban (>10^5-10^6 sejt/g) kell elszaporodni az élelmiszerben. A járványok kitöréséért a feldolgozás során fertőződött és szobahőmérsékleten tárolt élelmiszer a felelős. A viszonylag igénytelen baktérium a legkülönbözőbb élelmiszerben képes szaporodni, amit elősegít annak nagy fehérje- és víztartalma, valamint 37 ^{o}C-hoz közeli hőmérséklet igénye.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Az előbbiek alapján ételmérgezést elsősorban a humán eredetű törzsekkel fertőzött tojástartalmú ételek, krémek, habok, cukrászsütemények, kifőtt tészta okozhatnak, különösen akkor, ha azokat elkészítése után hosszú időn keresztül szobahőmérsékleten, azaz hűtés nélkül tárolják. Az állati eredetű, toxintermelő törzsekkel a nyers húsok és az abból készült húskészítmények másodlagosan, a feldolgozás során is szennyeződhetnek.

Legfontosabb tényezők, melyek a *S. aureus* által okozott ételmérgezéshez vezethetnek: a nem megfelelő hűtés, a rossz higiéniai körülmények (kontaminálódott kéz és eszközök), a nem megfelelő hőkezelés, valamint az elkészült ételek hosszú ideig szobahőmérsékleten történő tartása.

A betegség tünetei:

A betegség lappangási ideje rövid, az étel elfogyasztását követő 2-4 óra. Tünetek: hányinger, hányás, gyomorgörcs, hasmenés, esetenként fejfájás, láz. A betegség lezajlása gyors, általában 1-2 nap alatt megszűnnek a tünetek. Súlyos esetben a jelentős folyadékveszteség miatt kiszáradás is előfordulhat, a mi miatt kórházi kezelésre is szükség lehet. Ez elsősorban nagyon fiatalok, idősek, illetve idült betegségben szenvedőknél fordul elő.

A betegség várható kezelése:

A betegség kezelésében fontos a megfelelő folyadékpótlás, ha lehetséges szájon át, de sor kerülhet a beteg kórházi elhelyezésére, ahol infúziós folyadékpótlást adhatnak.

Javaslatok:

Fontos a megelőzés, az ételek gondos elkészítése. Bőrgyulladásban szenvedő beteg a betegsége meggyógyulásáig nem készíthet ételt. Különös figyelmet kell fordítania higiéniai rendszabályok betartására. A sztafilokokkuszok szaporodása és toxin termelése a termékek 7 ^{o}C alatti tárolásával akadályozható meg.

***Staphylococcus aureus* rezisztenciája**

A penicillin terápia bevezetésekor a *S. aureus* gyakorlatilag 100%-ban penicillin érzékeny volt. Már 1944-ben felismerték, hogy a penicillin ellen a *S. aureus* képes védekezni. Napjainkból származó európai adatok szerint a *S. aureus* mintegy 80 %-a (az Egyesült Államokban 90%) béta-laktamáz enzimet termelő faj, amely a penicillin alapvázat képes hatástalanítani. A terápiában hatékonyak maradtak a béta-laktamáz-stabil penicillinek, a béta-laktamáz-inhibítorral (pl. klavulánsav) kiegészített penicillinek, illetve a cefalosporinok jelentős része. Hazánkban a *S. aureus* 90%-ban penicillin rezisztens. A *Staphylococcus* rezisztencia változásában az egyik fordulópont 1961 volt. Ekkor izolálták az első meticillin-rezisztens *S. aureus*t. A meticillin-rezisztencia a penicillinkötő fehérje (PBP) egyik típusának, a PBP2a-nak a túltermelésén alapul. Ez a fehérje alkalmas a Gram-pozitív baktériumok sejtfalfelépítésében fontos peptigoglikán láncok közötti keresztkötések kialakítására, de – ellentétben más penicillinkötő fehérjékkel – a béta-laktám antibiotikumokra nem érzékeny. Ez azt jelenti, hogy ha a fehérje termelésére specifikus gén (*mecA*) jelen van, vagyis a kórokozó meticillin és oxacillin rezisztens, akkor

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

egyik béta-laktám antibiotikum (penicillin, cefalosporin, carbapenem) sem alkalmazható. A meticillin-rezisztenciának lehet más oka is, méghozzá a béta-laktamáz enzimek túltermelése. Ez esetben a laboratórium a törzset meticillin-rezisztensnek diagnosztizálja, de a béta-laktamázgátlóval kiegészített penicillinek, illetve egyes cefalosporinok (például cefamandol, cefuroxim) hatékonyak lehetnek.

Az 1970-es évek közepétől egyre gyakrabban izolálnak polirezisztens (multidrug resistant) *S. aureus* törzseket. Megjelentek az aminoglikozidokra, makrolid antibiotikumokra rezisztens baktériumok, így szűkült a terápiás arzenál. A polirezisztens *S. aureus* infekciók kezelésére lényegében csak a glikopeptidek maradtak hatékonyak. Drámai volt a bejelentés, amikor japán szerzők 1997-ben elsőként izoláltak betegből származó mintából a glikopeptid típusú antibiotikumok közé tartozó vancomycinre mérsékelten érzékeny *S. aureus* törzset (VISA: vancomycinre intermedier érzékenységű *Staphylococcus aureus*). Laboratóriumi körülmények között már az 1990-es évek elején sikerült *Enterococcus*ból a vancomycin-rezisztenciáért felelős gént *S. aureus*ba juttatni, azonban csak az idézett közlemény döbbentette rá a világot, hogy nemcsak a Gram-negatív baktériumok, hanem a Gram-pozitívak ellen sem rendelkezünk "mindenható" gyógyszerekkel.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású
egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

8 *Listeria monocytogenes* és az élelmiszer eredetű liszteriózis

Listeria monocytogenes rendszertani besorolása

Ország: BACTERIA (Baktériumok)
Törzs: Firmicutes
Osztály: Bacilli
Rend: Bacillales
Család: *Listeriaceae*
Nemzetség: *Listeria*
Faj: *Listeria monocytogenes*

Listeria nemzetség

A *Listeria* nemzetséget 2004-ben helyezték át az újonnan létrehozott *Listeriaceae* családba, melynek másik tagja a *Brochotrix* nemzetség. A nemzetségbe jelenleg 10 faj tartozik: *L. fleischmannii, L. grayi, L. innocua, L. ivanovii, L. marthii, L. monocytogenes, L. rocourtiae, L. seeligeri, L. weihenstephanensis* és *L. welshimeri.* A fajok közül a *L. monocytogenes* (emberek és állatok esetén), a *L. ivanovii* és a *L. seeligeri* fajok (elsősorban állatok esetén) patogének. *L. monocytogenes* fajon belül 13 szerotípust különítenek el. Leggyakoribb szerovariánsok az 1/2 és a 4. Az emberből elkülönített kórokozók több mint 90%-a a következő három szerotípusba tartozik: 1/2a, 1/2b és 4b. A 4b szerotípusú törzsek felelősek a világszerte megjelenő szórványos esetek 33–50 százalékáért.

Listeria monocytogenes történeti áttekintése

A baktérium igen nagy számban fordul elő az állatvilágban. Elsőként nyulak és tengerimalacok mononucleosis kórokozójaként azonosította és írta le Murray 1926-ban. A vizsgálat során ezen állatoknál típusos monocytosis-t állapított meg, és ez alapján nevezte el Murray a kórokozót *Bacterium monocytogenes*-nek. Majd 1940-ben átnevezték *Listeria monocytogenes*re, az angol orvos Joseph Lister (1827-1912), az antiszeptikus sebészet úttörője emlékére. A fajnév arra utal, hogy, hogy a fertőzéskor a vérben felszaporodnak a monociták. A baktériumot emberből először Nyfeldt mutatta ki 1929-ben, mint humán patogénként. Hazánkban 1965-ben, Rodler M. izolálta a meningitissel (agyhártyagyulladás) kapcsolatban. 1953-ban dokumentálták az első élelmiszerrel közvetített listeriosist, amely mastisisben szenvedő tehén nyers tejének fogyasztása következtében alakult ki. Innentől kezdve vált a kórokozó az egyik legfontosabb élelmiszer eredetű zoonózissá, vagyis állatról emberre terjedő betegséggé.

Listeria monocytogenes jellemzése

A *Listeria monocytogenes* Gram-pozitív, rövid pálca alakú, peritrich csillós baktérium. Az 1-2 µm vaskos pálca, jellegzetes bukfencező mozgást végez, amely alapján könnyen beazonosítható a baktérium. A kataláz-pozitív baktériumra jellemző, hogy tokkal nem rendelkezik, spórát nem képez, és a vörösvértestek pusztulását okozó béta-hemolizint termel. Az intracellurális baktérium aerob körülmények között képes szaporodni, de viselkedhet fakultatív anaerobként is.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Az eszkulint hidrolizálja, az arginint viszont nem. Glükózból, maltózból savat képez, a mannitot és a xilózt azonban nem bontja. A baktérium kórokozó képessége a törzsek hemolizáló és lipolitikus aktivitásával, valamint sejtfalban található, monocitózist okozó faktor és a sejtfal lipoid anyagainak toxikus hatásával áll kapcsolatban.

Egyszerű agaron is tenyészik. Véres agaron β-hemolízist mutat. Félfolyékony táptalajban a 37 ˚C-on tenyésztett baktérium nem szintetizál ostorokat, így nem mozog. A szobahőmérsékleten (20-25 °C) tenyésztett baktérium viszont jellegzetes bukdácsoló mozgást mutat és a félfolyékony táptalajban ernyőszerű alakzatot képez.

Ahhoz képest, hogy nem képez spórákat, a hőmérsékleti változásokkal szemben igen ellenálló. A fagyasztást többnyire túléli, a felületeken biofilmet képezhet. A baktérium további jellemzője, hogy vízaktivitás értéke alacsony (optimum: 0,97, minimum: 0,90-0,93). Ennek alapján a xerotoleráns baktériumok csoportjába tartozik, amelynek köszönhetően szárazabb körülmények között is képes életben maradni és szaporodni.

A *L. monocytogenes* hónapokig életképes marad a talajban és a szennyvizekben, ahol gyakran el is szaporodik. Hőmérsékleti optimuma 30-35°C, de 0-45°C közötti intervallumban képes szaporodni, ami jelenti, hogy habár kisebb ütemű sejtszám-növekedést produkálva, de a hűtő hőmérsékletén (5°C alatt) is képes szaporodni, ami jelentős problémát jelent az élelmiszeripar számára. Ezen a hőmérsékleten generációs ideje meghaladja a 12 órát. Széles pH (pH = 4,4-9,6) tartományon belül képes szaporodni, de pH = 5,6 pH-érték alatt csökken; pH = 4,4-5,5 értékig is képes lehet szaporodásra a savas pH-t okozó anyag minőségétől függően. 10% NaCl-ot tartalmazó közegben a *L. monocytogenes* még szaporodik, így a páclevekben érlelődő készítmények sem tekinthetőek biztonságosnak. Ezt a tényt támasztja alá az a tény, hogy a *L. monocytogenes* 16%-os NaCl-oldatban 1 éven keresztül életképes maradt pH = 6,0 értéken. Egy másik kísérlet bizonyítja, hogy a baktérium 4°C hőmérsékleten 25,5%-os NaCl-oldatban 132 nap után is életképességet mutatott. A felületeken biofilmet képezve túléli a fagyasztást is. Hasonló hőrezisztenciával rendelkezik, mint a többi nem spórás Gram-pozitív baktérium néhány perces, néhány másodperces $D_{60°C}$- illetve $D_{70°C}$-értékkel. A tej gyors pasztőrözése (72°C-on, 15-40 másodpercig) a túlélő csírák számát legalább 5 nagyságrenddel csökkenti, ami elfogadható biztonságot jelent. A *L. monocytogenes* a húsok és húskészítmények sütésének és főzésének szokásos hőmérsékletén szintén elpusztul. Problémát jelentenek viszont a biofilmekben jelenlévő lisztériák, ugyanis ezek a hővel és a különböző fertőtlenítő szerekkel szemben nagyfokú ellenállóképességgel rendelkeznek, megnehezítve az üzemi körülmények között történő eliminálásukat.

***Listeria monocytogenes* előfordulása**

A természetben széles körben elterjedt, megtalálható a talajban, a vízben, növények felületén, illetve az egészséges állatok (főként kérődzők és madarak), valamint az emberek bélcsatornájában, de izolálták már természetes vizekből, szennyvizekből, silótakarmányból is. Természetes előfordulási helye a talaj, ahonnan földdel szennyezett takarmányokkal jut az állatok szervezetébe és hasonlóképpen a földdel szennyezett, főként növényi élelmiszerekkel bekerülhet az ember szervezetébe is.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Ez utóbbi másik lehetősége, a baktériummal fertőzött, illetve a szennyezett állati eredetű élelmiszerekkel történő felvétel.

A *L. monocytogenes* fakultatív patogén, fogékony iránta az ember, az összes házi- és vadon élő emlősállat, valamint a madarak is. Megbetegedést főként fiatal és vemhes állatokban, közülük is elsősorban kérődzőkben, nyulakban és baromfifajokban okoz. Kérődzők esetén tőgygyulladást (mastitis) okozhat, ezáltal a tej elsődleges fertőződését okozhatja. Az esetek döntő többségében tünetmentesen fordul elő a bélcsatornában és okozhatja a nyers tej, illetve a vágás, feldolgozás során a hús bélsár eredetű másodlagos kontaminációját. A baktérium egészséges emberek bélcsatornájában is előfordulhat és ürülhet a széklettel. Felmérő vizsgálatok során ennek gyakoriságát egészséges vágóhídi munkásokban, illetve egyéb okból kórházi kezelésre szoruló betegekben 1-5% közöttinek találták. Ily módon potenciálisan a dolgozó is szennyezheti az élelmiszert.

***Listeria monocytogenes* az élelmiszerben**

A *Listeria monocytogenes* jelentősége az élelmiszeriparban igen figyelemreméltó egészségügyi szempontból is, mert olyan virulens mikroorganizmus, amely hemolizáló (vörösvérsejtek felbomlását okozza), illetve a liszteriózis (listeriosis) betegségek kiváltója. A környezethez való alkalmazkodási képessége miatt alacsony hőmérsékleten, és számára nem optimális körülmények között is képes szaporodni. Számos élelmiszerben megtalálható. Sok esetben az élelmiszer előállítás során használt technológiák (fagyasztás, szárítás) sem képesek teljes mértékben elpusztítani, ezzel jelentős problémát okozva. Többnyire a nyers, illetve a nem megfelelően hőkezelt élelmiszerekben fordul elő. Az élelmiszer eredetű emberi megbetegedéseket főként fertőzött, illetve szennyezett nyers tej és abból készült tejtermékek (pl. lágy és érlelt sajtok, fagylalt stb.), valamint a kontaminált nyers hús és abból előállított húskészítmények (pl. nyers kolbászok, szalámi) okozzák. A baktérium hordozói és esetenként emberi megbetegedés forrásai lehetnek a halak, a kagylók, valamint a nyers zöldségek és a csíráztatott magvak (melyek a talaj, illetve a trágyázás által szennyeződhetnek). Mindezek tükrében elmondható, hogy a fertőződés kialakulásának valószínűsége nagy, de ennek ellenére az akut liszteriózis ritkán és sporadikusan jelentkezik.

Liszteriózis

<u>*Liszteriózis lefolyása*</u>:

A *Listeria* nemzetségen belül a hemolitikus fajok (*L. monocytogenes*, *L. ivanovii)* lehetnek kórokozók, azonban csak a *L. monocytogenes*t tartják humán patogénnek.

Kezdetben a *Listeria monocytogenes* ritkán okozott megbetegedéseket, de az 1960-as évek óta egyre nagyobb gyakorisággal fordul elő, olyannyira, hogy 1998 óta kötelezővé vált a liszteriózis megbetegedések bejelentése. A *L. monocytogenes* által okozott fertőzések száma éves viszonylatban alacsony, viszont a halálozási ráta igen magas (20-30%). Ennek köszönhetően, ez az egyik legfontosabb élelmiszer eredetű kórokozó.

A tömeges ételfertőzéses esetekben a megbetegedést kiváltó élelmiszerben a baktérium mennyiség mindig

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

meghaladja a 10^2 sejt/g értéket, melyből következik, hogy a minimális fertőző dózis viszonylag nagy. A fertőzés leginkább a várandós nőket, az újszülötteket, az időseket, a máj-, cukor- és vesebetegségben szenvedőket, illetve a gyenge immunrendszerrel rendelkező (AIDS-, kemoterápiás kezelés alatt lévő betegek, alkoholisták) embereket veszélyezteti. Terhes nők influenzaszerű tüneteket produkálhatnak, mely során lázzal, fejfájással, esetenként hasi fájdalmakkal küszködnek, ami akár vetéléssel, koraszüléssel, halvaszüléssel végződhet. A fertőzött csecsemőkben a születést követően akár néhány hét múlva is kialakulhat a megbetegedés (agyvelőgyulladás, szeptikémiaés tüdőgyulladás alakjában) 25-40%-os letalitással.

A liszteriózis enterális úton terjedő fertőzés, a tünetek azonban elsősorban a gyomor-bél rendszeren kívül jelentkeznek. A fertőzés influenzára emlékeztető tüneteket mutat, általánosságban magas láz előzi meg. A liszteriózis lefolyása során az emésztőszervi tünetek, azaz hányinger, hányás, hasmenés is jelentkezhetnek.

A baktérium áttöri magát a bélhámsejteken, és megfertőzi a fagocita sejteket. Ezekben a sejtekben elszaporodva és a véráramba jutva a baktérium szétterjed, általános szepszist, agyhártyagyulladást okozhat. Károsíthatja a létfontosságú szerveket, a szívet, a tüdőt, illetve a szem szaruhártyáját is. A terhes anyáknál méhnyaki vagy méhen belüli fertőzést okoz, amelynek következtében előfordulhat spontán vetélés, esetlegesen halva születés. Veszélyességét fokozza, hogy hosszú ideig életképes, így a szervezetben több hétig, vagy akár hónapokig is lappanghat, anélkül hogy a fertőzés tünetei jelentkeznének.

A *L. monocytogenes* igen hosszú ideig, akár több hétig, hónapig is lappanghat a szervezetben és többnyire látható, érzékelhető tünetek nélkül zajlik le a megbetegedés. A megjelenő tünetek változóak, életkortól és állatfajtól függenek. Általánosságban elmondható, hogy főleg fiatal és vemhes állatokban, elsősorban juhokban, kérődzőkben, nyulakban, ritkán baromfifajokban idéz elő megbetegedést. Leggyakrabban a juhokban fordul elő liszteriózis, mely következtében kialakulhat vérfertőzés, vetélés és agyvelőgyulladás is. A vérfertőzéses forma a szopós bárányoknál jelentkezik, a vetélés pedig a kifejlett egyed vemhességének utolsó szakaszában. Hazánkban viszont sokkal jellemzőbb a juhok *Listeria* által okozott agyvelőgyulladása, amely esetben az állat rendellenesen tartja a fejét, lebénulnak a fülei, a fej izmainak rángásával küszködik, melyet nyelési bénulás követ. Gyakran megfigyelhetők beteg juhoknál a kényszermozgások, elsősorban a már említett egyik hátsó láb körüli forgómozgás. Kérődzőkben tőgygyulladást (mastitis) okoz és kiválasztódik a tejbe, ezzel megfertőzve a nyerstejet fogyasztó személyt, jól példázva ezzel a baktérium zoonózis mivoltát. Emellett a betegség megjelenik még agyvelőgyulladásban, vetélésben, borjakban vérfertőzés formájában. A liszteriózis okozta vetélés, a juhokhoz hasonlóan, szintén a vemhesség utolsó szakaszában jelentkezik. Nyulak esetében a sikertelen vetélést az anyaállat szeptikus méhgyulladása okozta elhullása követi. Baromfifélékben a liszteriózis vérfertőzésben, ritkán idegrendszeri tünetekben nyilvánul meg.

Az elhullás után az állati test boncolásakor az esetek nagy részében alig vannak érzékelhető elváltozások. A vérfertőzéses esetekben olykor lépduzzanat, a savóshártyák alatt apró

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

vérzések tapasztalhatóak. Az elhúzódó betegségben elhullott állat májában és esetleg parenchymás szerveiben apró gyulladásos-elhalásos gócok, ún. listeriomák találhatóak meg. Az agyvelőgyulladásban elhalálozott állatok esetén főleg az agytörzsben és a nyúltvelőben mikrotályogok és limfocitás érköpenyek detektálhatóak. A fertőzöttek vérsavójában különböző ellenanyagok jelennek meg, melyek pl. agglutinációs próbával mutathatók ki.

Liszteriózis gyógyítása:

A liszteriózis kezelésében használatosak a más fertőző betegségek esetén is alkalmazott antibiotikumok. Általában a gyógyítás intenzív kórházi kezelést igényel, antibiotikumként főként infúziósan ampicillint, penicillint adagolnak. Ha a betegséget későn ismerik fel, vagy nem célzottan kezelik, akkor a megfelelő gyógyítási eljárás hatástalan lehet, főként például azoknál, akik egyidejűleg más betegségben is szenvednek.

A liszteriózis gyógyítására- a baktérium érzékenysége miatt- eredményes lehet a penicillin, sztreptomicin és oxitetraciklinek alkalmazása, viszont ezek csak fiatal bárányok, csincsillák vagy egyéb állatok *Listeria monocytogenes* okozta megbetegedés vérfertőzéses formájára hatásos. A gyógyszeres beavatkozás nem megfelelő a vetélés megakadályozására és az agyvelőgyulladás gyógyítására sem. Liszteriózis ellen teszteltek már inaktivált és élőcsírás oltóanyagot is, de nem minden esetben jártak sikerrel a kutatók. Éppen ezen okokból kifolyólag, legfontosabb a megelőzés. Fontos az állatok ellenállóképességének fokozása szabad levegőn való tartással, legeltetéssel. Nem szabad a szilázsnak földdel szennyeződnie és meg kell várni a teljes savanyodást. Meg kell szüntetni a hodályok zsúfoltságát és az állatok környezetében fellelhető szennyvíz felgyülemléseket. Így elkerülhető a haszonállatok megfertőződése, és ez által a vágást követően a fogyasztók megbetegedése.

Az élelmiszeripar is számos lépést tesz annak érdekében, hogy élelmiszer eredetű liszteriózis ne alakuljon ki a fogyasztók körében. Fontos az általános higiéniai szabályok betartása, de ezen felül további speciális intézkedésekre van szükség, ha az élelmiszer nem esett át lisztericid feldolgozási lépéseken. Természetesen a megelőzés jóval hatékonyabb, ha több szabályozó tevékenységet egyidejűleg kombináltan alkalmaznak. Ezek kialakításakor kitüntetett figyelmet érdemel a *L. monocytogenes* biofilmképző tulajdonsága, valamint a folyamatos utószennyezést okozó, mikroszkopikus résekben való megtelepedése. Mindemellett fontos megjegyezni a fogyasztók tájékozottságának szerepét is, hiszen a fogyaszthatósági idő figyelmen kívül hagyása, a nem helyes háztartás-higiénia, a nem megfelelő élelmiszer készítési és tárolási gyakorlat egyaránt növeli az élelmiszer eredetű liszterózis kockázatát.

Liszteriózis megelőzése:

Az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság (EFSA) nemrégiben közzé tett anyaga szerint a legtöbb *Listeria* okozta eset a fogyasztásra kész termékekre vezethető vissza. A felmérések során megállapították, hogy számos esetben a nem megfelelő

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

gyártási lépések okozták a magas baktérium koncentrációt.

A *L. monocytogenes* által kiváltott fertőzés megelőzhető az alapvető higiéniai előírások betartásával. Az élelmiszer feldolgozás során a következőket kell figyelembe venni: nyers alapanyagok megfelelő hőkezelése, az előállítás során a szennyeződések elkerülése, felhasznált eszközök, berendezések, csomagolóanyagok tisztasága, személyi higiénia szigorú betartása.

Ezen tevékenységek jelentősen csökkentik a *Listeria monocytogenes* fertőződés kockázatát, illetve az egyéb kórokozókkal történő kontaminációt is. Továbbá fontos, hogy a fogyasztó is megfelelően kezelje (tárolja, készítse el) az élelmiszert.

Ez alapján elmondható, hogy mind a gyártónak, mind a fogyasztónak tudatosan kell az élelmiszereket előállítani, kezelni, hiszen a liszteriózis kockázata hatékonyan csak így minimalizálható.

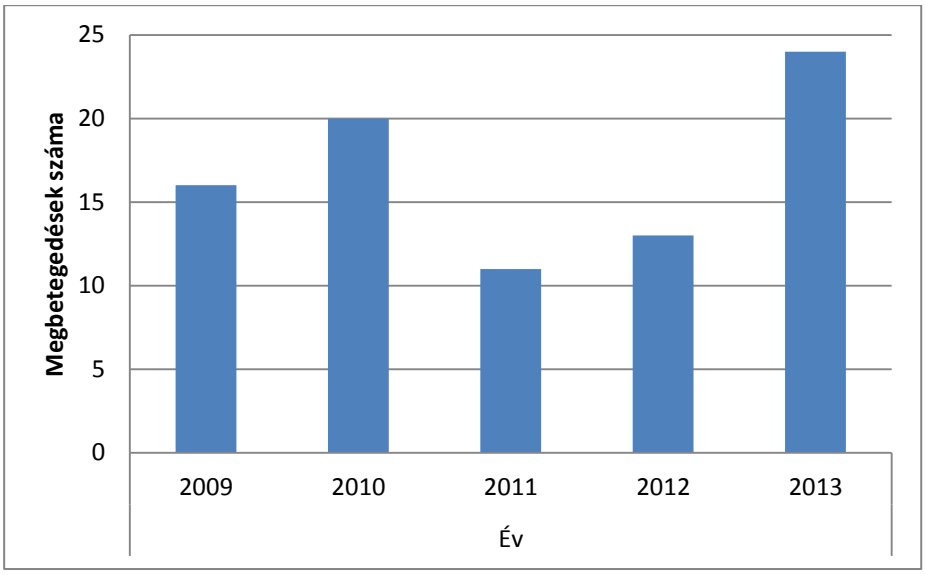
Liszteriózis járványügyi hatása:

A *L. monocytogenes* fertőzés olyan élelmiszer eredetű megbetegedésnek minősül, amely többnyire szórványosan fordul elő, viszont egyes esetekben egyszerre nagyszámú beteget érinthet. Magyarországon az első liszteriózis esetet 1965-ben regisztrálták egy felnőtt páciensnél, akinél meningitiszt állapítottak meg. Innentől kezdve körülbelül 90 bakteriológiailag megerősített esetet dokumentáltak 1990-ig. A betegek fele, azaz 50%-a terhes nők és újszülöttek voltak. 45%-ban volt a fertőzés letális kimenetelű.

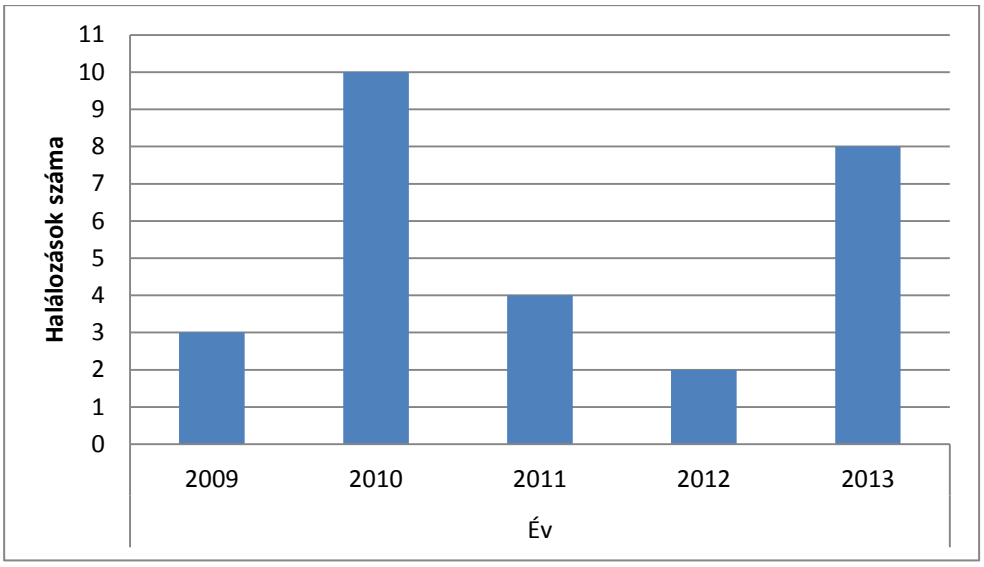
Az élelmiszer közvetítette liszteriózis előfordulása

A liszteriózist 1998 óta kötelező bejelenteni Magyarországon. 2009-ig 91 esetet regisztráltak, ami évente 4-25 megbetegedést jelent. A betegség előfordulása tehát 0,04-0,2/100 000 fő/év, ami nem számít gyakorinak. A halálozási ráta 0-50% közötti. A vizsgált évek közül 2013-ban volt a legtöbb megbetegedés (24 eset) (8.1. ábra).

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

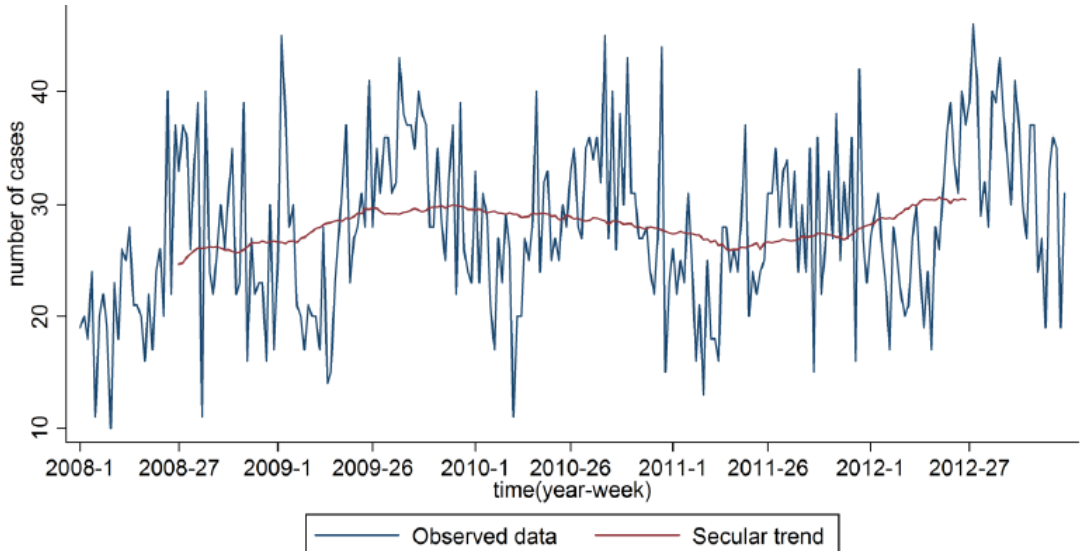


8.1. ábra: Bejelentett liszteriózisos megbetegedések száma Magyarországon 2009 és 2013 között. (OEK, 2014)



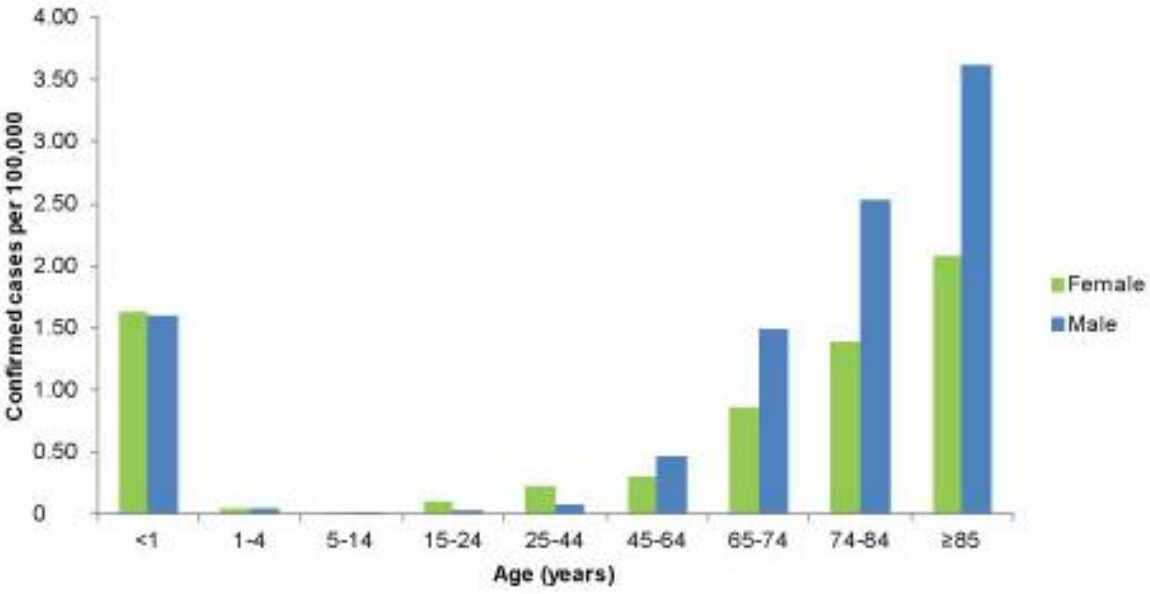
8.2. ábra: Bejelentett liszteriózis okozta halálozások száma Magyarországon 2009 és 2013 között. (OEK, 2014)

2009 és 2013 között a bejelentett liszteriózis okozta halálozások száma 2 és 10 (15 és 50%) között változott Magyarországon. A vizsgált öt év közül 2010-ben volt a legmagasabb (10 eset) az elhalálolázok száma (8.2. ábra).



8.3. ábra: Bejelentett liszteriózisos megbetegedések számának alakulása az EU-ban 2008 és 2012 között (EFSA – ECDC, 2014).

A bejelentett liszteriózisos megbetegedések számának alakulását továbbra is lassú növekedési trend jellemzi (8.3. ábra). Az igazolt humán liszteriózis esetek száma 2012-ben az EU-ban 1642 volt, mely 10,5 %-os emelkedést jelent az előző évhez képest.



8.4. ábra: Bejelentett liszteriózisos megbetegedések számának alakulása életkor és nem alapján az EU-ban 2012-ben (EFSA – ECDC, 2014).

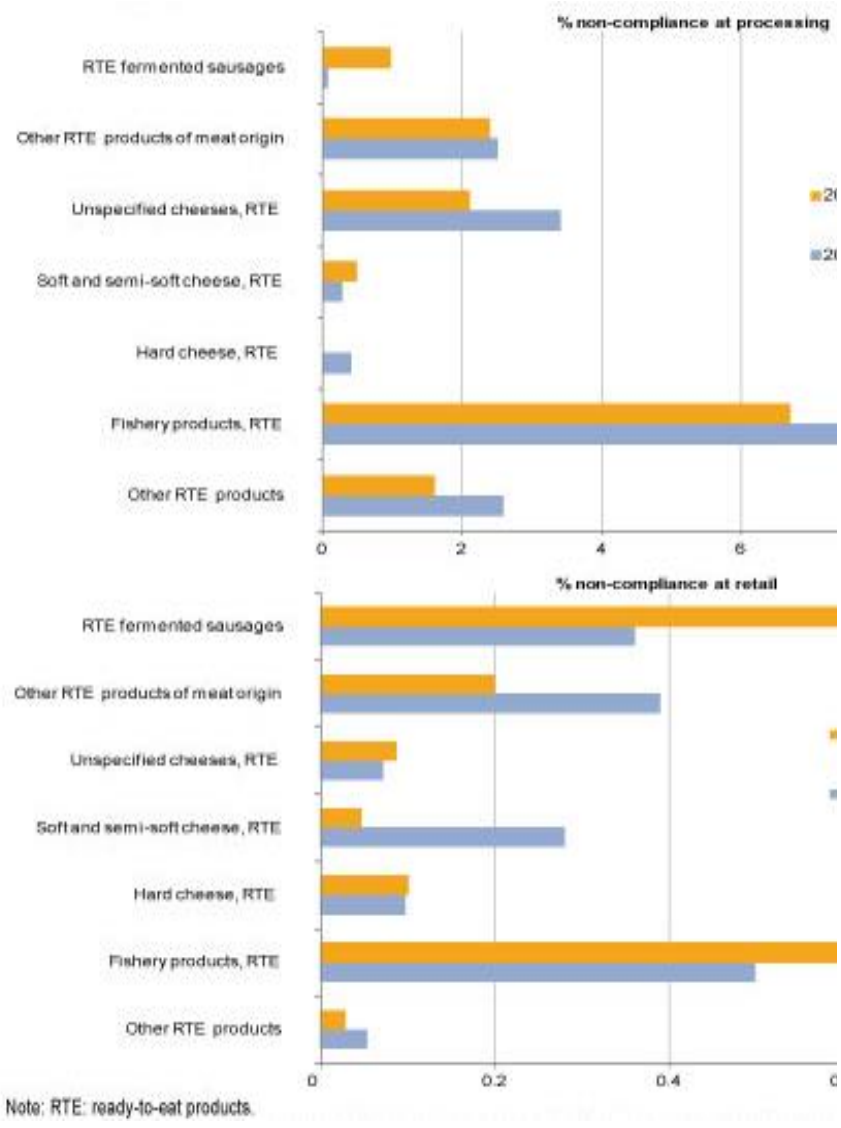
Az Európai Unióban 2012-ben bejelentett liszteriózisos megbetegedések számának alakulását a nem alapján vizsgálva

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

megállapítható, hogy a férfiaknál gyakrabban fordult elő a betegség. Az életkori megoszlásra a fertőzésre általánosan jellemző tendencia érvényes, miszerint az idősebb, csökkent ellenállóképességgel rendelkező személyek betegednek meg a leggyakrabban, de az újszülöttek fertőződése is jelentős (8.4. ábra).

Az Európai Unió tagállamaiban 2011-ben és 2012-ben végzett statisztikai kimutatások szerint a fogyasztásra kész élelmiszerek közül a füstölt halak és halkészítmények, a lágy sajtok, valamint a különféle húsok felhasználásával készült termékek közül került ki a legtöbb nem megfelelő termék (8.5. ábra). Ennek eredményeként elsősorban a hal- és húskészítményeket, valamint a tejtermékeket vizsgálják, annak érdekében, hogy a súlyos megbetegedést megelőzzék. Az Európai Unió tagállamaiban ugyanis a 100 000 főre jutó *Listeria*-okozta megbetegedések száma 0,3, míg Magyarországon 0,1. Ezzel az értékkel hazánk a legkedvezőbb helyzetben lévő tagországok közé tartozik az Európai Unióban.



8.5. ábra: A *L. monocytogenes* által fertőzött élelmiszerek köre az Európai Unióban 2011-ben és 2012-ben (EFSA – ECDC, 2014).

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Listeria a tejben és a tejtermékekben

A tej fontos szerepet tölt be az emberi táplálkozásban, az állatok takarmányozásában és az iparban egyaránt. Az emberi fogyasztásra szánt tejnek kifogástalan minőségűnek és mikrobiológiai állapotúnak kell lennie. Mivel a tej a baktériumok számára tökéletes táptalaj nagy vízaktivitásának, gazdag tápanyagtartalmának és semleges pH-jának köszönhetően, helyes kezelése, romlástól való megóvása közegészségügyi érdek, hiszen számos mikroorganizmus, így a *Listeria monocytogenes* is képes benne elszaporodni.

A nyers tej önálló csíragátló és csírapusztító tulajdonsággal rendelkezik, melyet az eredendően benne lévő egyes fehérjetermészetű enzimjei és fehérjéi biztosítanak. A hipotiocianát bakteriosztatikus hatást fejt ki az olyan Gram-pozitív baktériumokra, mint a *L. monocytogenes*. A laktoferrin mint vaskötő glikoprotein szintén gátolja a baktérium elszaporodását, mivel az egyik alapvető forrást köti meg elérhetetlenné téve a mikrobák számára. Az említett sztatikus hatás a hűtés nélküli frissen fejt tejre a fejés utáni 2-3 óra elteltével is jellemző. Azonban pasztőrözéskor nemcsak a patogén spórák pusztulnak el, hanem a fehérjetermészetű gátlóanyagok is, melyek hőérzékenységükből adódóan a 71°C-nál magasabb kezelést követően inaktiválódnak, így adva lehetőséget a tej környezetből származó utólagos megfertőződésének. A *Listeria monocytogenes* baktérium vizsgálatát minden tejtermékre vonatkozóan kötelezővé tették hazánkban. Azok a termékek tekinthetők megfelelőnek, amelyek mintáinak 25 g mennyisége *L. monocytogenes* mentes.

A *Listeria monocytogenes* nyers tejbe szekunder szennyezőként juthat főleg a bélsárból, de a kontaminált takarmányrészekkel való bekerülés is előfordult már. Az ily módon tejbe került csírák száma 1-100 sejt/ml, tehát alacsonynak mondható. Mint ahogy azt már korábban is említésre került, a fertőzött tehéntej nyers állapotban való fogyasztása is okozhat liszteriózist, mivel a beteg állat tejébe nagy számban, akár a 10^4 csíra/ml mennyiségben is kiválasztódik a baktérium. Így következhetett be az első élelmiszer közvetítette *L. monocytogenes* okozta emberi megbetegedés 1953-ban, amikor is tőgygyulladásos tehén tejének hőkezelés nélküli fogyasztása váltotta ki a kóros állapotot. A szennyezett nyers tejből előállított sajtok és túrók is hasonló veszélyeket rejtenek. A penésszel érlelt lágy sajtok esetében ugyanis a pH növekszik az érlelés alatt, mivel a gomba szaporodásához az alapanyagban lévő tejsavat használja fel, és a savasság csökkenése kedvez a *L. monocytogenes* szaporodásához. Ez elsősorban felületi, a sajtkészítés során a környezetből származó fertőződés következménye, viszont a rokfort típusú sajtoknál a sajt belsejében is túlélhetnek ezek a baktériumok és akár még szaporodhatnak is. A fertőzést az okozhatja, hogy a sajttej eleve fertőzött nyerstejből készül, vagy a technológia során újrafertőződik, vagy a sajt érlelésekor nem keletkezik elegendő tejsav. A lágy sajtok vizsgálatakor esetenként 10^7 sejt/g értéket is számláltak. A sajtkészítéshez használt tejet többnyire rövid ideig tartó pasztőrözéssel kezelik, a tejben jelen lévő patogének ilyenkor elpusztulnak, de előfordulhat, hogy mégis akadnak ellenálló megbetegedést okozó baktériumok, melyek bizonyos ideig kimutathatók a termékből. Ez az időtartam a mikroorganizmus típusától, a sajt fajtájától és az alkalmazott starterkultúrától függ. A sajt érése során azonban elpusztulnak.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

A jégkrém mikrobás szennyezettségét befolyásolja a nyersanyagok minősége, a technológia és a feldolgozás higiéniája. A termék viszkózusságából adódóan az előállítás során ügyelni kell arra, hogy a különböző adalékanyagok (pl. stabilizátorok) a mikroorganizmusok hővel szembeni érzékenységét csökkentik, ezért a késztermék több patogén baktérium, köztük a *Listeria monocytogenes* forrása is lehet.

Listeria a húsokban és a húskészítményekben

A húst szennyező mikroorganizmusok az állati test kültakarójáról és béltraktusából származnak. A higiénikus húselőkészítés eredményeképp a patogén mikrobák alacsony számban vannak jelen, a mikrobióta túlnyomó többsége szaprobionta fajokból áll. A húsok felületén előforduló patogének közül legjelentősebb a *Salmonella enterica*, a *Campylobacter jejuni*, a *Clostridium botulinum*, a *Yersinia enterocolitica* mellett a *Listeria monocytogenes* is. A *Listeria* elsődlegesen a talajban él, így gyakorlatilag minden vágóállat bélcsatornája fertőzött lehet, az állat az esetek túlnyomó többségében mégis tünetmentesen hordozza a baktériumot. Jelentős veszélyforrás a vágóhídi feldolgozás során a zsigerelési folyamat, amikor a vágóállat bélcsatornáját felsértve a humán táplálkozásra szánt húsrészek kenődéses szennyeződése következhet be, mely az élelmiszereredetű liszteriózis fő forrása. Tilos liszteriózisban szenvedő állatot levágni, illetve a már levágott állatokban megállapított liszteriózis esetén az egész állati testet emberi fogyasztásra feldolgozni. A baktérium nemcsak az állatok, de számos egészséges ember bélcsatornájában is előfordulhat, melyet a szervezet a széklettel ürít. A nem megfelelő személyi higiénia következtében a vágóhídi illetve húskészítmény előállításánál jelen lévő dolgozó is szennyezheti az élelmiszert.

Húsok és hústermékek ellenőrzésekor 10^3-10^4 sejt/g közötti maximális értéket számláltak a mikrobiológiai vizsgálatok során. Ez kedvezőbb számérték, mint a lágy sajtok esetében, ahol ugyanez eléri a 10^7 sejt/g-ot is. A húskészítményeket elsősorban mikrobapusztító vagy szaporodást gátló műveletekkel tartósítják, de alkalmazhatják még különböző mikroorganizmusok (főleg tejsavbaktériumok) erjesztő tevékenységét is erre a célra, bár ez kevésbé elterjedt megoldás.

A pácolt termékek sótartalma igen magas, de a patogén mikrobákat nemcsak a só gátolja, hanem a nitrit, a pH és az alacsony hőmérséklet kombinációja is. Ezek a faktorok szorítják vissza a patogéneket még akkor is, ha a hús megfelelő tápanyagforrás is lehetne számukra. A fermentált húskészítmények körébe tartoznak a füstölt, nyers- és lángolt kolbászok, az érleléssel és szárítással készített szalámifélék és szárazkolbászok. Mivel a kolbászféleségek változatos összetételűek, ezért nemcsak a hús, de az olyan hozzáadott anyagok, mint a kiegészítő-, segéd- és adalékanyagok mikrobiológiai állapota is nagyon fontos. Különleges kockázati tényezőt jelentenek a természetes belek, mert ezek nagyszámú patogén mikroorganizmust tartalmazhatnak. A fermentált kolbászok a termék típusától függően néhány órás időtartamtól napokig elhúzódó érésen mennek keresztül. Az ilyenkor jellemző 10-30°C és a termékhez történő szénhidrát-adagolást követően kialakuló pH = 4,5-ös érték kedvező körülményeket biztosít a

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

termék jellegét kialakító hasznos mikrobák szaporodásának, míg más, nemkívánatos baktériumokét gátolja. Mint korábban ismertettük, a *L. monocytogenes* szaporodása pH = 5,5 érték alatt gátlódik, de egészen pH= 4,4 értékig is szaporodhat, tehát a fermentált húskészítmények is veszélyforrást jelenthetnek a fogyasztókra nézve.

Számos egyéb húskészítményt állítanak még elő az iparban, pl. hurkaféléket, kenősárukat, aszpikos termékeket. Ezek közös jellemzője, hogy kevés színhúst, de sok belsőséget, szalonnát, bőrkét, gyakran zöldségeket is tartalmaznak. A máj és a vér megbetegedések kiváltói lehetnek, mivel az előzetes hőkezelés elmarad, és közvetlenül mint nyersanyagot adják a készítmény összetevőihez. A zöldségek pedig szintén veszélyforrást jelentenek, mert a nem megfelelő mosást követően számos patogén mikroba pl. a *L. monocytogenes* is bekerülhet a termékbe és abbanfelszaporodhat.

A baromfihús a mikroorganizmusok számára ideális táptalaj, viszont az egészséges baromfi húsának belseje többnyire nem tartalmaz mikrobákat. A feldolgozás során a hús szennyeződhet, mivel a bőrfelszín, a tollak és a lábak jelentős mennyiségű baktériumot hordoznak. A tollazat és a bőrfelszín a tenyésztőhelyen, illetve a szállítás ideje alatt fekáliával szennyeződhet, amelyben előfordulhat *L. monocytogenes* is, de az így előtérbe kerülő mikrobák mennyisége forrázáskor jelentősen csökkenthető, későbbi megjelenésük tehát utófertőzésre enged következtetni, ami a zsigerelésből származhat. A zsigerelés utáni mosás és gyors hűtés persze csökkenti a mikrobák számát.

A halhúsok és a belőlük készített termékek közül legjelentősebb a csomagolt és fagyasztott haltörzs, de fontosak még a hidegkonyhai készítmények, így a különböző pástétomok és halsaláták. A halhúson valamennyi embert megbetegítő baktérium megtalálható, de köztük legnagyobb számban a *Salmonella*, az *Escherichia coli* és a *Clostridium botulinum* mellett a *Listeria monocytogenes* is, főleg a hidegen és a melegen füstölt haltermékek esetében. Természetesen az ilyen típusú élelmiszerek megfelelő feldolgozással és tárolással megelőzhető a veszélyes humánpatogén baktériumok okozta élelmiszer-eredetű megbetegedés.

***Listeria* a zöldségekben és a hidegkonyhai készítményekben**

A zöldségeket nyers, kis mértékben előkészített állapotban, illetve saláták vagy egyéb termékek (hidegkonyhai készítmények) részeként hozzák forgalomba. Felhasználásuk széles körben elterjedt, különösen a modern táplálkozásban, ugyanis szakértők szerint mindennapi fogyasztásuk jótékony hatású, ami azonban körültekintést igényel.

A nyersen értékesített termékek gyakran földdel szennyezettek, melynek eltávolításáról sok esetben a fogyasztónak kell gondoskodnia. Nagyon fontos tehát a fogyasztók megfelelő tájékoztatása, többek között a liszteriózisról és a megelőzéséről. A zöldségeket az élelmiszeriparban alapos tisztítást követően gyakran fagyasztják és némely esetekben elő is főzik, mely a technológiai tulajdonságok javulása mellett 2-3 nagyságrenddel csökkenti a mikrobás szennyezettséget.

A saláták többfajta zöldség keverékéből és salátaöntetből állnak. A földdel szennyezett fejes saláta nehezen tisztítható, így nagy veszélyt jelent a liszteriózis kialakulásában. A

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

salátaöntetek sokszor tartalmaznak majonézt, nyers tojást, joghurtot és friss zöldfűszereket. Ezen termékek földes és a fekális eredetű szennyeződése szintén a betegség kialakulásához vezethet.

A hidegkonyhai készítmények egyre inkább teret hódítanak, a mai modern táplálkozási szokások részeként vannak jelen az élelmiszeripari termékek között. Azonban a nagyfokú romlandóságuk miatt kiemelt figyelmet érdemelnek. Az EüM 55092/1965. számú körirata értelmében a hidegkonyhai készítmények (húsos, halas, tojásos, májas, kaviáros stb. szendvicsek, majonézes, tartáros, húsos saláták, zöldségkészítmények, tojásételek, szeletelt húsok, szárnyasok, hidegtálak) tárolási időtartama 0-6°C-on 24 óra, míg a különböző krémeké ugyanezen hőmérsékleten 12 óra. Hűtés biztosítása nélkül ilyen típusú termékeket tilos értékesíteni. A hidegkonyhai készítmények tartalmazhatnak salátákat, aszpikos termékeket, önteteket, felvágottakat, pástétomokat. Ide soroljuk a szendvicseket is, melyek lehetővé teszik a *L. monocytogenes*-szel fertőzött szalámiban kimutatható baktérium szaporodását, noha ezek a termékek eredendően nem segítik elő a baktérium szaporodását.

***Listeria* a cukrászsüteményekben**

A cukrászsütemények krémeket, habokat tartalmazhatnak, melyek fokozottan igénylik a hűtött körülményeket mind tároláskor, szállításkor, mind az értékesítés alatt. Ezek a termékek előállításuk során kézi munkát igényelnek, mely a liszteriózis potenciális fertőzőforrása lehet. Fokozottan ügyelni kell a személyi higiéniára, az eszközök és berendezések kifogástalan mikrobiológiai állapotára, ugyanis a fertőzés könnyen létrejöhet és a *L. monocytogenes* a kiváló táptalajul szolgáló krémekben, habokban, tejszínes termékekben gyorsan elszaporodhat.

Külön figyelmet kell fordítani a tojással készült cukrászsüteményekre, de nemcsak a szalmonellózis miatt, ugyanis a tojások felülete bélsárral szennyezett lehet, így *L. monocytogenes*-t is tartalmazhat, mely a nem körültekintő gyártási folyamat során bekerülhet az élelmiszerbe.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

9 Spóraképző, Gram-pozitív baktériumok és az általuk okozott ételmérgezések

Az élelmiszer eredetű megbetegedéseket okozó Gram-pozitív, endospóraképző baktériumok közül a *Bacillus* és a *Clostridium* a két legfontosabb nemzetség. A *Bacillus* nemzetség fajai aerobok, a *Clostridium* nemzetségbe tartozó fajok sejtjeiből viszont hiányoznak a légzési lánc enzimei, ezért anaerobok. A *Clostridium*-ok szubsztrát szintű foszforilációval, vagyis fermentációval tudnak ATP-t termelni. Mindkét nemzetség képviselői elsősorban a talajban találhatóak meg, ahol szaprofita életmódot folytatnak. Az endospóra képző, Gram-pozitív pálcák élelmiszer eredetű megbetegedéseiben minden esetben az általuk termelt exotoxinok a felelősek. A két nemzetség tagjai közül legalább három faj játszik szerepet az élelmiszer eredetű megbetegedésekben: *Clostridium perfringens*, *C. botulinum* és *Bacillus cereus*. A botulizmus kiváltója egy rendkívül mérgező neurotoxin, amit megfelelő körülmények esetén az élelmiszerekben növekedő és szaporodó baktérium termel (intoxikáció). A *C. perfringens* enterotoxinja a vékonybélben termelődik a baktériumsejt sporulációja közben. *Bacillus cereus* által okozott mérgezésnél mindkét típusal találkozhatunk: a hányásos tünetekkel járó megbetegedést intoxikáció okozza, míg a hasmenéses tünetekért felelős toxinokat az élelmiszerrel elfogyasztott spórák és vegetatív sejtek termelik a béltraktusban.

9.1 *Bacillus cereus* és az és az általa okozott élelmiszer eredetű betegségek

***Bacillus cereus* rendszertani besorolása**

Ország: BACTERIA
Törzs: Firmicutes
Osztály: Bacilli
Rend: Bacillales
Család: Bacillaceae
Nemzetség: *Bacillus*
Faj: *Bacillus cereus*

A *Bacillus cereus* csoport hat genetikailag rendkívül hasonló fajt foglal magába: *B. cereus sensu stricto, B. anthracis, B. thuringiensis, B. mycoides, B. pseudomycoides* és *B. weihenstephanensis.* A *B. cereus sensu stricto, B. anthracis,* és a *B. thuringiensis* genetikailag rendkívül hasonló fajok, elkülönítésük mobilis genetikai elemeken (plazmidokon) kódolt, eltérő toxintermelő képesség alapján történik.

***Bacillus cereus* jellemzése**

A *Bacillus* nemzetség neve a latin bacillus, azaz pálca szóból ered. A *B. cereus* pálca alakú, fakultatív anaerob, Gram-pozitív baktérium. Sejtjeinek átmérője 1,0–1,2 μm, hossza 3,0–5,0 μm. Telepei szürkés árnyalatúak, és viszonylag nagyméretűek: 3-8 mm átmérőjűek. Sokféle táptalajon képes növekedni. Véres agaron β-hemolízisre jellemző udvar veszi körül.

***Bacillus cereus* előfordulása, környezeti igényei**

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

A természetben általánosan elterjedt, megtalálható a talajban, porban, vízben, növényeken, sőt az emberi bélflóra átmeneti tagjaként is. Nem tud növekedni alacsony kémhatású (pH <5,0), vagy vízaktivitású közegben. A *B. cereus sencu stricto* mezofil, 10-50 °C között képes növekedni. A pszikrotoleráns *B. cereus* fajokat új fajként, *Bacillus weihenstephanensis* néven írták le és különítették el a *Bacillus cereus* csoporton belül. A *B. weihenstephanensis* fajra jellemző, hogy még 7 °C alatt is növekszik, 43 °C-on viszont nem. A faj elkülönítése genetikai különbségek alapján is alátámasztott.

***Bacillus cereus* történeti áttekintése**

Az első, valószínűleg *B. cereus* okozta ételmérgezést 1906-ban írták le egy szanatóriumban, ahol 300 ember betegedett meg. A tünetek között hasmenés, gyomorgörcs és hányás szerepelt. Az elfogyasztott ételek közül a húsgombócból aerob, spóraképző pálca jelenlétét mutatta ki Lubenau. 1936 és 1943 között számos járványt regisztráltak Európában, de a *B. cereus* baktérium élelmiszer eredetű megbetegedésekben játszott szerepét csak 1950-ben igazolták, a nemzetség taxonómiai felülvizsgálatát követően. A Norvégiában 600 embert érintő megbetegedést Hauge vizsgálta. A megbetegedést kiváltó étel az előző napon elkészített és szobahőmérsékleten tárolt vaníliaszósz volt, amelyből $2{,}5 \times 10^{7}$ – $1{,}1 \times 10^{8} ml^{-1}$ sejt volt kimutatható. Sokáig csak a hasmenéses tünetekkel járó megbetegedést ismerték. A rövid inkubációs idejű, hányásos kórképekben játszott szerepét 1971-ben igazolták Angliában, fertőzött rizsételek fogyasztása kapcsán. A *B. cereus*-on kívül, amely kétségtelenül a legjelentősebb, számos közeli rokonságban álló *Bacillus* faj szerepét igazolták már élelmiszer eredetű megbetegedésekben (B*. licheniformis, B. pumilis, B. subtilis, B. thuringiensis*).

***Bacillus cereus* az élelmiszerben**

A *B. cereus* spóraképző, a magasabb hőmérséklettel és a kiszáradással szemben ellenálló, ennek köszönhetően számos élelmiszerben előfordulhat (rizs, tej és tejtermékek, fűszerek, szárított élelmiszerek, zöldségek) kisebb mennyiségben, ami azonban nem okoz tüneteket. Gyakran izolálják tejtermékekből, és enyhe hőkezelést követően hosszabb ideig hűtve tárolt élelmiszerekből, de bármely nem túl savas kémhatású (pH> 4,8) élelmiszer is veszélyeztetettnek számít. Keresztfertőzéssel spórái és vegetatív sejtjei más élelmiszerekre, például húsra is rákerülhetnek. A magasabb hőmérsékleten feldolgozott élelmiszerekben, például a pasztőrözött tejben a túlélő spórák révén gyakrabban megtalálható, mint a nyers tejben. Nem megfelelő hűtés esetén a *B. cereus* felszaporodik, és keserű ízt, illetve édes alvadást okoz. Mindezek ellenére a pasztőrözött tej ritkán okolható *B. cereus* kiváltotta ételmérgezésekért. Tejporból készülő ételeknél azonban többször feljegyeztek *B. cereus* ételmérgezést. Mivel a kórokozó spórái a kiszáradást is jó tűrik, gyakran megtalálható magvakon és a lisztben is. Tejes szószok, pudingok (pl. vaníliaszósz) készítésénél, ill. ezek felhasználásakor a gyenge melegítés nem inaktiválja a spórákat, melyek a kedvező közegben gyorsan kicsírázhatnak, és a hosszabb tárolás esetén gyorsan felszaporodhatnak. Biofilm alkotó képessége miatt komoly higiéniai problémát okozhat az élelmiszeriparban. A berendezéseken

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

képződő biofilmben található vegetatív sejtek és spórák ugyanis a fertőtlenítő eljárásokkal és vegyszerekkel szemben sokkal ellenállóbbak.

A hányást okozó törzsek a keményítőben gazdag élelmiszerekben, például rizsből készült ételekben és tésztákban fordulnak elő leggyakrabban. A nagy mennyiségben előre elkészített ételekben a hőkezelés nem pusztítja el a spórákat. A nem megfelelő hőmérsékleten (>8°C) való tárolás, vagy a nagy mennyiségű étel lassú lehűlése esetében a baktérium szaporodásával nagy mennyiségű hánytató (emetikus) toxin termelődhet. Mivel ez a toxin hővel szemben rezisztens, az ételek felhasználás előtti átmelegítésével nem inaktiválható, ezért a tünetek kialakulását nem tudjuk ily módon megakadályozni.

A hasmenéses tünetek kialakításában számos élelmiszer érintett lehet, például húsételek, levesek, zöldségek, pudingok, szószok. Az ételek elkészítéséhez felhasznált fűszerek fontos *B. cereus* inokulum forrásnak tekinthetőek.

A *Bacillus cereus* által kiváltott élelmiszer eredetű megbetegedések

A *B. cereus* kétféle, eltérő kórképű élelmiszer eredetű megbetegedést tud kiváltani: hányásos tünetekkel járó, illetve hasmenéssel járó megbetegedést. Mindkét esetben a baktérium által termelt enterotoxinok felelősek a tünetekért (8.1. táblázat).

9.1. táblázat: A *Bacillus cereus* okozta kétféle élelmiszer eredetű megbetegedés összehasonlítása. (Stenfors Arnesen et al., 2008 alapján)

JELLEMZŐK	hasmenéses megbetegedés	hányással járó (emetikus) megbetegedés
toxin típusa	fehérje típusú enterotoxinok: Hbl, Nhe, CytK	ciklikus peptid: emeticus toxin (cereulid)
toxintermelés helye	vékonybél	az élelmiszerekben előre megtermelődik
tünetek kialakításához szükséges mikrobaszám	10^5–10^8 TKE (összesen)	az élő sejteknek nincsen szerepe az intoxikációban
inkubációs idő	8–16 óra (esetenként ~24 h)	0,5–6 óra
betegség időtartama	12–24 óra (esetenként néhány nap)	6–24 óra
tünetek	hasi fájdalom, vizes hasmenés esetenként, haláleset előfordult	émelygés, hányás and rossz közérzet, néhány haláleset
leggyakrabban érintett élelmiszerek	fehérjében gazdag élelmiszerek: húsok, levesek, zöldségek, pudingok, szószok, tej és tejtermékek	keményítőben gazdag élelmiszerek: sült és főtt rizs, tészták, sütemények

A hasmenéses tünetek kialakulása *B. cereus* fertőzés következménye, amelyhez nagyszámú életképes vegetatív sejt, vagy spóra fertőzött élelmiszerrel történő elfogyasztására van szükség. A hasmenéses tünetek a fertőzött élelmiszer elfogyasztását követően 8–16 óra elteltével jelentkeznek, és 12-24 órán át tartanak. Jellemző a hasi fájdalom, a lágy, vizes széllet, továbbá a tartósan fennálló, nagy fájdalmakkal járó székelési inger (tenezmus). Ritkán hányinger és hányás is előfordulhat. A

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

baktérium vegetatív sejtjei hőre érzékeny, fehérje természetű enterotoxinokat termelnek a vékonybélben. Az enterotoxinok *in vitro* a baktérium növekedésének késői exponenciális és korai stacioner fázisában képződnek. A toxinok fehérjebontó enzimekre (tripszin, pepszin) érzékenyek. Jelenleg három toxin szerepét bizonyították a hasmenéses kórképek kialakításában: hemolizin BL (Hbl), nem hemolitikus enterotoxin (Nhe) és citotoxin K (CytK). Mindhárom toxin pórust képez a sejtmembránon. A hemolitikus Hbl és a nem hemolitikus Nhe három–három alegységből felépülő fehérjék. Egyes törzsek egyaránt termelnek Hbl, illetve Nhe toxint, míg mások csak az egyik termelésére képesek.

A hányásos tünetek kialakításáért a cereulid nevű toxin a felelős. A cereulid az élelmiszerben termelődik, és a toxint tartalmazó élelmiszer elfogyasztása után 0,5–6 óra jelentkeznek a tünetek, melyek 6-12 órán át tartanak. A jelentkező tünetek között jellemző a hányás, amit hasmenés kísér. A megbetegedés súlyos, akár halálos kimenetelű is lehet. A cereulid 2,2 kDa nagyságú, ciklikus peptid. Hővel és savas kémhatással szemben ellenálló vegyület. A toxint egy nem riboszómális peptid szintetáz állítja elő. Az enzimet kódoló gének a 24 kb nagyságú cereulid szintetáz (ces) génklaszterben találhatóak, ami egy extrakromoszómális megaplazmidon foglal helyet. A cereulid a baktérium az élelmiszerben történő növekedés késői exponenciális és stacioner fázisában termelődik. A hányást valószínűleg a vágusz ideg stimulálásával váltja ki.

Magyarországon 2010.és 2013. között évente 2-5 botulizmusos megbetegedés fordult elő, melyek kialakításában nagyobb részben húskészítmények, kisebb részben zöldségek és több komponensű ételek voltak felelősek (OÉTI).

9.2 *Clostridium perfringens* és az és az általa okozott élelmiszer eredetű betegségek

***Clostridium perfringens* rendszertani besorolása**

Ország: BACTERIA (Baktériumok)
Törzs: Firmicutes (alacsony GC arányú Gram-pozitív baktériumok)
Osztály: Clostridia
Rend: Clostridiales
Család: Clostridiaceae
Nemzetség: *Clostridium*
Faj: *Clostridium perfringens*

Az élelmiszer eredetű *Clostridium perfringens* okozta megbetegedések száma igen jelentős a fejlett országokban.

***Clostridium perfringens* jellemzése**

A *C. perfringens* Gram-pozitív, pálcika alakú, anaerob baktérium. Bár a kataláz negatív anaerob baktériumok közé tartozik, esetenként oxigén jelenlétében is képes növekedni. Endospórái ovális alakúak, és szubterminálisan helyezkednek el a spóraképző sejtben. A többi *Clostridium* fajtól elkülöníti viszonylag nagy mérete (1 µm átmérőjű és 3 µm hosszúságú), a mozgásképesség hiánya, és tokkal rendelkező sejtje.

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Clostridium perfringens környezeti igényei

A *C. perfringens* mezofil baktérium 12 és 50°C között képes növekedni.

Növekedési optimuma 43 – 47 °C hőmérsékleten van. Nagyon lassan fejlődik 20 °C alatt, 41 °C-on viszont rendkívül gyors szaporodásra képes (generációs ideje 7,1 perc). A pH optimuma pH = 6,0 – 7,5 között van, pH = 5 alatti kémhatású közegben a vegetatív sejtek már nem képesek szaporodni. Magas, minimum 0,95-0,97 vízaktivitást igényel növekedéséhez, a spóraképződéshez pedig még ennél is magasabb értékek szükségesek. 5% NaCl jelenléte már gátolja a növekedését. Sokféle szénhidrátot képes heterofermentatív módon, nagy mennyiségű gázképződés mellett lebontani. Tápanyagok közül 13 féle aminosavat igényel a növekedéséhez. A *C. perfringens* törzsek (mind az élelmiszer eredetű megbetegedést okozók, mind a megbetegítő képességgel nem rendelkezők) anaerob körülmények között, vagy megfelelő redukáló kapacitással rendelkező környezetben sokféle táptalajon képes növekedni. Kimutatásukhoz a leggyakrabban olyan szelektív táptalajokat használnak, amelyekben az antibiotikumok mellett fekete telepeket képeznek a szulfit redukáló képességüknek köszönhetően.

Az élelmiszer eredetű megbetegedésekben két, magas hőmérséklettel szemben eltérő érzékenységet mutató csoportot lehet elkülöníteni. A két csoportban eltérő helyen található a tünetek kiváltásáért felelős toxint kódoló *cpe* gén. A magas hővel szemben jó ellenálló képességgel rendelkező törzseknél ($D_{100°C}$> 40 perc) a *cpe* gén a kromoszómán található, míg azoknál a törzseknél, ahol a *cpe* gén plazmidon kódolt, a magas hőmérsékletre érzékenyebbek ($D_{100°C}$<2 perc). Utóbbi gyakran kimutatható egészséges emberi bélflórából is. Az élelmiszer eredetű megbetegedésekben elsősorban a hővel szemben ellenálló törzseket lehet kimutatni, bár az utóbbi időben többször is bizonyították a plazmidon kódolt *cpe* gént hordozó törzsek etiológiai szerepét is antibiotikumokkal kapcsolatosan kialakult hasmenéses kórképekben.

Clostridium perfringens előfordulása

A *C. perfringens* a természetben széles körben elterjedt baktérium. A *C. perfringens* A típusa a talajban 10^3-10^4 g^{-1} mennyiségben található, és sokkal tovább képes fennmaradni, mint a B, C, D, és E típusok. Kimutatható a vízből, üledékből, porból, élelmiszer nyersanyagokból és feldolgozott élelmiszerekből, az emberi bélflórában is gyakran megtalálható. A hővel szemben ellenálló, nem hemolitikus törzsek a populáció 2-6%-ban megtalálható, míg a hőérzékeny törzsek a humán bél mikroflórájának általánosan elterjedt tagja. A *C. perfringens* vagy közvetlenül a levágott állatról kerül a húsra, vagy a hús feldolgozása során a tárolóedényekről, a feldolgozást végző személyekről, illetve a szálló porból. Spóraképzőként képes elviselni a kiszáradást, a magas hőmérséklete és a mérgező anyagok (fertőtlenítő szerek) jelenlétét.

A _Clostridium perfringens_ által kiváltott élelmiszermérgezés

A *C. perfringens* különböző toxinok termelésére képes, melyek közül az öt fő toxin a következő: α, β, γ, δ és ι. A fajon belül az öt fő toxin termelése alapján öt csoportot (A, B, C, D és E) különítenek el. A *C. perfringens* A típusa játszik szerepet az

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

élelmiszermérgezésekben, továbbá a nem élelmiszer eredetű gázgangréna kialakításában is. Az A típus fentiek közül csak az α toxint termeli, amely egy lecitináz (foszfolipáz C). Ez a fehérje a sporuláció közben termelődő, spóra-specifikus fehérje. A *C. perfrigens* által kiváltott élelmiszermérgezés jellemző tünetegyüttese a hányingerrel, hasi fájdalommal járó hasmenés. Ritkábban hányás is előfordul. A szennyezett élelmiszer elfogyasztása, és a tünetek megjelenése közötti inkubációs idő általában 8-24 óra. Az elfogyasztott élelmiszer nagy mennyiségben (> 10^5 TKE g^{-1}) tartalmazza az enterotoxint termelő (enterotoxin pozitív) vegetatív sejteket. A tünetek kialakulásához összesen 10^6–10^8 TKE baktérium elfogyasztása szükséges. Az A típus által kiváltott élelmiszermérgezések csak az idősebb embereknél lehetnek halálosak. Az egyéb tekintetben egészséges emberek esetében általában nem szükséges kórházi kezelés, gyors, 1-2 nap alatti felépülés a jellemző.

A kórkép kialakulásában a gyomor savas kémhatását túlélő vegetatív sejtek a vékonybélbe jutva gyorsan növekednek és sporulálnak. Az enterotoxint a sporuláció alatt termelik, bár kismértékű spóratermelés a vegetatív növekedés alatt is megfigyelhető *in vitro*. A toxin a spóra falához tapad, és a spóraképző sejt szétesését (lízisét) követően kerül a bélüregbe. Az α toxin egy 35 kDa nagyságú fehérje. Sóoldatban 60 $^{\circ}$C-on 10 perc alatt inaktiválható, és néhány fehérjebontó enzimre is érzékeny. A toxin a bélhámsejtek membránjában található specifikus fehérje receptorokhoz kötődve beintegrálódik a sejtek membránjába, megváltoztatja a sejt permeabilitását, pórusokat alakít ki a membránban, illetve megakadályozza egyes makromolekulák szintézisét. A toxin hatására, a kolera toxin hatásához hasonlóan, a bélhámsejtek membránjában a Na^+, Cl^-, és víz áramlási iránya megfordul, aminek következtében nagy mennyiségű víz választódik ki bélüregbe. A membránkárosodás következtében a bélhámsejtek végül elhalnak.

Néhány C típusú, α és β toxint termelő törzs nekrotikus enteritiszt alakíthat ki, mely a korábban ismertetett enterális kórképnél sokkal súlyosabb, 35-40%-os mortalitású. A β toxint a bél mukóza rétegét károsítva nekrózist okoz. A betegség megelőzhető a β toxinnal szembeni aktív immunizálás segítségével. A betegség tünetei: hasi fájdalom, véres hasmenés.

C típusú törzsek által kialakított, véres hasmenéssel járó nekrotikus enteritisz fehérjében gazdag ételek elfogyasztása után néhány nappal jelentkezik. A betegség kialakulásában hajlamosító tényező a bélben található proteáz enzimek alacsony szintje. A II. világháborút követően, 1946 és 1949 között több ilyen járványt jegyeztek fel Németországban. Napjainkban főként Pápua Új-Guineában, a fesztiválokat követően fordul elő a betegség, amikor nagy mennyiségű disznóhús fogyasztanak proteáz inhibitorokat tartalmazó édes burgonyával.

Clostridium perfringens az élelmiszerben

A klasszikus *C. perfringens* kórképek kialakításában általában az előző napon elkészített, és nem megfelelően hőkezelt húsételek játszanak szerepet. A nem megfelelő sütést, illetve főzést a hőrezisztens endospórák túlélik, és a lassú lehűlés, illetve a

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

szobahőmérsékleten történő hosszú tárolás alatt kicsíráznak és felszaporodnak. Amennyiben a felszaporodott vegetatív sejteket nem pusztítják el a fogyasztást megelőzően egy alapos hőkezeléssel, az elfogyasztott nagymennyiségű vegetatív sejt közül a vékonybélbe kerülő életképes sejtek spórázásuk közben enterotoxint fognak termelni. A pácolt húsok magas sótartalmuknak, nitrit koncentrációjuknak, és a hőkezelésnek köszönhetően általában nem érintettek a *C. perfringens* okozta ételmérgezésekben, hiszen ezek a tényezők együttesen alkalmazva képesek megakadályozni a baktérium elszaporodását. A legtöbb megbetegedés a közétkeztetésben fordul elő. A következő óvintézkedések segítenek a *C. perfringens* okozta ételmérgezésekben megelőzésében: (1) alaposan süssük át, illetve főzzük meg a húsételeket. Fontos, hogy a húsok belső része is elérje a 74°C-ot. (2) Kerüljük az elkészített húsok a nyers élelmiszerekről származó mikrobákkal történő keresztfertőződését. Alaposan tisztítsuk meg és fertőtlenítsük a nyers élelmiszereket tároló edényeket és feldolgozó eszközöket, az élelmiszerrel érintkezők alaposan mossanak kezet, viseljenek eldobható műanyag kesztyűt. (3) Az étel elkészítése után a lehető leggyorsabban hűtsük le az élelmiszert. (4) A korábban elkészített ételt fogyasztás előtt alaposan melegítsük át (fontos, hogy a húsok belső része is elérje a 74°C-ot.)

9.3 Botulizmus

A *Clostridium botulinum* rendszertani besorolása

Ország: BACTERIA (Baktériumok)
Törzs: Firmicutes (alacsony GC arányú Gram-pozitív baktériumok)
Osztály: Clostridia
Rend: Clostridiales
Család: Clostridiaceae
Nemzetség: *Clostridium*
Faj: *Clostridium botulinum*

A botulizmus súlyos ételmérgezés, amely gyakran halálos kimenetelű. Tüneteit a mikroba által az élelmiszerben termelt, erősen toxikus, oldható exotoxin váltja ki. A botulizmus kialakításában a *Clostridium botulinum* egyes törzsei játszanak szerepet. A botulinum neurotoxin a jelenleg ismert legmérgezőbb toxin, amelyből nagyon kis mennyiség elfogyasztása is súlyos következményekkel járhat.

A botulizmus történeti leírása

Az egyik legelső, a botulizmussal kapcsolatba hozható írásbeli emlék VI. Leó bizánci császár (886–912) rendeletéből származik, amelyben veszélyes egészségügyi következményei miatt megtiltja véres kolbász fogyasztását.

Az első dokumentált kolbászmérgezést Wildbad Württemberg tartományban jegyezték le 1793-ban. A mai Németország délnyugati részén elhelyezkedő tartományban véres kolbász fogyasztását követően 13 ember betegedett meg, akik közül hatan meghaltak. Ugyanebben a tartományban 1820 és 1822 között Justinius Kernel, helyi orvos összesen 230 kolbászmérgezéses, vagy

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

botulizmusos esetet (botulus, latin: kolbász) tanulmányozott. Megfigyelései között szerepelt, hogy szükséges a kolbász hőkezelése a mérgezés kialakulásához, és hogy a kisebb, illetve levegőbuborékokat tartalmazó kolbászok kisebb valószínűséggel válnak toxikussá.

Végül a Genti Egyetemen dolgozó Emile Pierre van Ermengem fedezte fel és írta le a botulinum toxint termelő baktériumot *Bacillus botulinum* néven 1896-ban. Az általa tanulmányozott ételmérgezést nyers, sózott sonka fogyasztása okozta, mely 24 emberből 23-at betegített meg, akik közül hárman belehaltak a mérgezésbe. A kórokozó baktériumot 1923-ban a rendszerezés felülvizsgálata után átnevezték *Clostridium botulinum*-nak.

A *Clostridium botulinum* jellemzése

A *Clostridium botulinum* Gram-pozitív, obligát anaerob baktérium. Sejtjei egyenesek, kissé görbültek, 2-10 µm hosszúságúak. Endospóráik szubterminálisan képződnek. A vegetatív sejtek peritrich csillóval rendelkező, mozgásra képes alakok. A toxinok szerotípusa alapján hét típusát különítjük el: A, B, C, D, E, F és G. Ezek közül humán megbetegedést az A, B, E, F és G tudnak kiváltani. A C típus madarak, szarvasmarha, nyérc megbetegedését okozza. A D szerotípust szarvasmarhák takarmány-mérgezésében játszik szerepet elsősorban Dél-Afrikában. Proteolítikus aktivitásuk alapján is elkülönítik az egyes törzseket. Az A és G, továbbá néhány B és F törzs proteolítikus, míg a C, D, E ,néhány B és F törzs nem proteolítikus. A közelmúltban valamennyi G toxin termelő törzset egy *Clostridium argentiense* újonnan kialakított fajba helyeztek át. További két *Clostridium* faj botulinum toxin termelését is kimutatták: a *Clostridium butyricum* az E típushoz hasonló, a *Clostridium baratii* pedig F toxint termelhet.

Jelenleg a *C. botulinumot* négy csoportra osztják a fiziológiai tulajdonságok alapján. A csoportosítást DNS homológia vizsgálatának eredményei, továbbá a riboszómális RNS szekvenciák közötti különbségek is alátámasztják. Az I csoportba tartoznak a proteolítikus aktivitású, A, B, vagy F toxint termelő törzsek, melyeknek optimális növekedési hőmérséklete 35-40 °C. A II csoportba a nem proteolítikus aktivitású, B, E vagy F toxint termelő törzsek alkotják. Ezek optimális növekedési hőmérséklete alacsonyabb, 18-25 °C. A III. csoportba tartozó törzseknek vagy egyáltalán nincs proteolitikus aktivitása, vagy csak nagyon gyenge aktivitással rendelkeznek. C vagy D toxint termelnek, optimális növekedési hőmérsékletük 25-45 °C között van. A IV. csoport tagjai proteolítikus aktivitást mutató, G toxint termelő törzsek, 25-45 °C közötti hőmérsékleti optimummal. Mind a négy csoport esetében szubterminálisan helyezkednek el az ovális endospórák a sejtekben. A humán botulizmusban leggyakrabban az A, B, vagy E toxin szerepel kórokként.

A G szerotípusú toxint termelőket külön fajként, *C. argentiense* néven elkülönítették. További botulinum toxint termelő fajok a *C. baratii*, amely az F típusú toxint termeli, továbbá a *C. butyricum,* ami fágkonverzióval egy E-hez hasonló toxin termelésére képes.

A *Clostridium botulinum* előfordulása

A *C. botulinum* a talajban élő, a vizekben is megtalálható, szaprofita baktérium. A különböző szerotípusok földrajzi

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

elhelyezkedése jelentős eltéréseket mutat. Az európai talajokban a B szerotípus a gyakoribb, míg az USA nyugati államaiban az A fordul elő gyakrabban. A G toxint termelő *C. argentiens*-t Argentínában izolálták, de megtalálták Svájcban és az USA-ban is. A pszikrofil E szerotípust termelő törzsek vizekben, tengeri üledékekben gyakran előfordulnak, és Észak-Amerika, Japán, illetve a Balti-tenger vidékén mutatták ki. Ez a szerotípus gyakori a halakból kiinduló botulizmusus esetekben. A betegség mortalitása aránya magas, 20-50 %. Az A típusú toxin kiváltotta megbetegedéseknél magasabb a mortalitás aránya, mint a B és E toxinhoz kapcsolódóakban.

A *C. botulinum* savas pH-n (pH <4,7) nem tud növekedni. A nem proteolítikus törzsek savtoleranciája még kisebb, növekedésüket már pH = 5,0-5,2 gátolja. A törzsek pH = 8,5-8,9 fölött sem tudnak növekedni, ráadásul a toxin lúgos körülmények között nem stabil. Magas hőmérséklet alkalmazásával (10 perc 80 °C, vagy néhány perces forralás) szintén inaktiválható a toxin.

A *C. botulinum* nem kompetitív, vagyis más mikrobák jelenlétében nem növekszik. Ezért a hőkezelt élelmiszerek különösen veszélyeztetettek, hiszen a hőkezelés elpusztítja a többi mikrobát. Ugyanakkor a *Lactobacillus* jelenléte antagonizáló hatású, ezért nem található botulinum toxin a tejben, illetve a tejtermékekben.

Az élelmiszerek által kiváltott botulizmus

Hatféle botulizmust ismerünk, mindegyik esetben a vérbe kerülő botulinum toxin idézi elő a megbetegedést. Az élelmiszer eredetű botulizmus élelmiszermérgezés, melyben az élelmiszerben növekedő *C. botulinum* által termelt, és elfogyasztott toxin hatására alakulnak ki a tünetek. A botulinum toxinok neurotoxinok. Az elfogyasztott botulinum toxin a vékonybél felső szakaszából felszívódva kerül a véráramba, és ennek segítségével szállítódik a perifériális idegrendszerhez. Itt az idegsejt-izomsejt szinapszisokban gátolja az acetilkolin neurotranszmitter felszabadulását. Ily módon megakadályozza az ingerület továbbítását az izomsejt felé, ami ingerület hiányában nem húzódik össze. Ennek a következménye a petyhüdt bénulás.

A botulinum neurotoxin az ismert mérgek közül messze a legtoxikusabb anyag. Egy felnőtt ember számára 10^{-8} g mennyiség már letális. 150 kDa nagyságú, nagyméretű fehérje, ami a növekedés logaritmikus szakaszában termelődik, és a sejt autolízise során jut a táptalajba. A botulinum toxin inaktív formában, protoxinként szintetizálódik, és csak a poszttranszlációs proteolítikus hasítással alakul ki az aktív formája. A hasítás eredményeképpen egy 100 kDa nagyságú nehéz lánc, és egy 50 kDa nagyságú könnyű lánc keletkezik, melyek diszulfid hídon keresztül kapcsolódnak egymáshoz. A nehéz lánc biztosítja a toxin kötődését és az idegsejtbe való bejutását. A könnyű lánc egy cink endopeptidáz típusú enzim, ami az exocitózishoz szükséges fehérjekomplex egy tagjának lebontása révén akadályozza meg az exocitózis segítségével felszabaduló acetilkolin neurotranszmitter szinaptikus résbe jutását.

A botulizmus tünetei a szennyezett étel elfogyasztását követően 8 órától nyolc napig terjedő intervallumban alakulnak ki. A tünetek között jellemző a hányás, széklet és vizelet visszatartás,

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

kettős látás, nyelési nehézségek, száraz száj és beszéd problémák. A halálos esetekben végül az általános gyengeség mellet légzési nehézség és szívműködési zavar jelentkezik. A túlélési esélyeket jelentős mértékben javítja a korai diagnózis. Az időben történő kezelésben fontos a toxikus anyag eltávolítása lúgos anyaggal történő gyomormosással, polivalens antitest intravénás adagolása a vérben még szabadon keringő toxinok semlegesítésére, továbbá szükség esetén a légzés támogatása. A teljes felépülés akár 8 hónapot is igényebe vehet

Csecsemőkori botulizmus

A csecsemőkori botulizmust 1976-ban írták le az USA-ban, és továbbra is ott fordul elő legnagyobb arányban ez a megbetegedés, mely jellemzően az anyatejes táplálásról való átállás időszakában, a 2 hetes és 6 hónapos kor közötti csecsemőket érinti. Ebben az esetben az elfogyasztott *C. botulinum* képes kolonizálni az alig fejlett bélflórával rendelkező bélüreget, és folyamatosan termeli a bélben a botulinum toxint. Egyéves kort követően már nem alakulnak ki a tünetek, mivel a bél kialakult mikroflórájával szemben a kórokozó már nem tud kicsírázni és szaporodni. Az életképes *C. botulinum* spórák vagy a környezetből, vagy hőkezelés nélküli élelmiszerekkel, például szirupokkal, vagy mézzel juthatnak be a csecsemők emésztőrendszerébe.

A botulizmusban érintett élelmiszerek

A betegség kialakulásával rendkívül sok élelmiszer okolható. Jellegzetes közös tulajdonságaik, amelyek elősegíti a *C. botulinum* felszaporodását, és a botulinum toxin termelődését a következők: (1) az élelmiszerek földdel, vagy iszappal szennyezettek. (2) Az élelmiszer valamilyen hőkezelésen esik át, ami elpusztítja, illetve korlátozza a kompetitív mikroflórát. (3) az élelmiszer hőmérséklete, kémhatása, redoxpotenciálja és vízaktivitása a *C. botulinum* számára kedvező. (4) az élelmiszer hidegen, vagy a toxint nem inaktiváló gyenge hőkezelést követően kerül elfogyasztásra. Mindezek alapján elmondható, hogy a konzervek ideális közeget jelentenek a nem megfelelő hőkezelést túlélő *C. botulinum* spórák növekedéséhez és toxintermeléséhez. Éppen ezért a konzervipar fokozott figyelmet fordít, és szigorú protokollt követ a kevésbé savas konzervek estében. A nyersen fogyasztott húskészítmények, házilag konzervált zöldségek és gyümölcsök, illetve halkészítmények okozzák a legtöbb megbetegedést.

Magyarországon 2010. és 2013. között évente 2-5 botulizmusos megbetegedés fordult elő, melyek kialakításában nagyobb részben húskészítmények, kisebb részben zöldségek és több komponensű ételek voltak felelősek (OÉTI).

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású
egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

10 *Salmonella* nemzetség és az általuk okozott megbetegedések

***Salmonella enterica* rendszertani besorolása**

Ország: BACTERIA (Baktériumok)
Törzs: Proteobacteria
Osztály: Gammaproteobacteria
Rend: Enterobacteriales
Család: *Enterobacteriaceae*
Nemzetség: *Salmonella*
Faj: *Salmonella enterica*

***Salmonella* nemzetség**

A *Salmonella* genusz az *Enterobacteriaceae* családba tartozik. Az enterobaktériumok főként az ember és az állatok bélcsatornájában fordulnak elő, de megtalálhatók a vizekben és a talajban is.

A szalmonellák fakultatív anaerob, Gram-negatív baktériumok, 2-5 µm hosszú pálcikák, amelyek peritrich csillózattal rendelkeznek.

A patogén mikroorganizmus – amely a tífuszos lázat és a szalmonellózist okozza – már régóta ismert. A szalmonellát, mint kórokozó mikroorganizmust először Karl Joseph Eberth (1835-1926) ismerte fel 1880-ban, nevét azonban Daniel Elmer Salmonról (1850-1914) kapta, aki beteg állatokból izolálta a kórokozókat 1885-ben.

Három fő antigénjük (O-, H-, Vi- antigének) alapján ma már több mint 2500 szerotípusa ismert. Az egyik legjelentősebb megkülönböztetésre szolgáló diagnosztikai módszer az antigének szerológiai azonosítása. Hőállóteszt, azaz a sejtfalukon található szomatikus O-antigénjük (külső membránréteg lipopoliszacharidja) alapján csoportok, H-antigénjük (a hőbehatással tönkretehető flagellum fehérjék) alapján pedig típusok határozhatók meg. A K-antigén (Vi-antigén) a tokban találhatunk meg, csak a hastífuszt előidéző humánpatogén törzsek felületére jellemző. A közel 70-féle O-antigén száma és a kétfázisú H-antigén betűvel, illetve számmal jelölt típusai szerint képezik a szerotípus formulát. Például az 1,4,5,12:i:1,2 szerotípus (*Salmonella* Typhimurium) jelölése a következőt jelenti: O-antigének: 1, 4, 5 és 12; H-antigének: 1. fázis: i; 2. fázis: 1 és 2. A *Salmonella* Enteritidis H-antigénje egyfázisú és formulája: 1,9,12:g,m:-. A szerotípusok többségét a faji elnevezéshez hasonlóan kettős latin névvel is ellátták (pl. *Salmonella* Typhimurium, *Salmonella* Enteritidis), nagyon gyakran a szerotípus elődordulási helye alapján elnevezve (pl. *Salmonella* London).

A *Salmonella* nemzetség baktériumai 2 fajba (*Salmonella enterica* és *Salmonella bongori*), ezen belül 6 alfajba (subspecies) sorolhatóak, és ezeknek is több mint 2500 szerotípusa ismert. Alfajok listája a következő: *enterica* (I), *salamae* (II), *arizonae* (IIIa), *diarizonae* (IIIb), *houtenae* (IV), és *indica* (VI). A szerotípusok neveit csak az I. alfaj törzseinél tartották meg (ide tartozik a szerotípusok 99,5%-a), a többit, nevek nélkül, az antigén formulával jelzik. Annak érdekében, hogy a szerotípusok nevei

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

ne legyenek összetéveszthetők a binomiális faji nevekkel, azokat nagybetűvel kezdve, de nem bőlt betűvel írják. Pl. *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Typhimurium, vagy röviden *Salmonella* Typhimurium. Egy adott országban a szerotípusoknak csak kis része fordul elő a természetes környezetben, ill. vesz részt emberi betegségek kialakításában.

A szalmonellák az emberi és állati bélcsatorna lakói. Egyes szerotípusok előfordulása általános (pl. *S*. Typhimurium, *S*. Enteritidis), másoké csak meghatározott gazdaszervezetre korlátozódik. A *S*. Typhi és *S*. Paratyphi csak emberben, a *S*. Gallinarum madarakban, a *S*. Abortiusovis juhokban, a *S*. Typhisuis sertésben él és okoz megbetegedést.

A szalmonellák ürülékkel kerülnek a környezetbe (vízbe, talajba, növényzetre), ahol hosszú ideig túlélhetnek, bár nem szaporodnak. A fekáliás szennyeződés a szennyvízkezelés és a higiénia hiányosságai miatt juthat a vízekbe és az élelmiszerekbe. A húsok szennyeződése közvetlenül az állatok szalmonellózisától származik, de többnyire a feldolgozás során kenődik a béltartalom a húsfelületekre.

Szalmonellák jellemzése

A szalmonellák a legtöbb táptalajon jól nőnek. Fermentálják a glükózt. A laktózt azonban csak néhány szerotípus fermentálja. Aminosavakat hasznosítják N forrásként (kivéve S. Typhimurium).

A szalmonellák 5-47 ^{o}C közötti hőmérsékleti tartományban, illetve pH = 4,0-9,5 tartományban (pH = 7 körüli érték az optimális) szaporodnak. 37 ^{o}C az optimális hőmérséklet a számukra, 60 ^{o}C felett pedig elpusztulnak. A szalmonellák hővel szembeni ellenálló képessége a D_{60} = 0,1-2 perc, $D_{65,5}$ = 0,02-0,3 perc értékkel jellemezhető. Ahhoz, hogy az élelmiszert üzemi körülmények között szalmonella mentesítsük, általában hétszeres D-érték időtartamú hőkezelés szükséges. Ez a gyakorlatban olyan hőkezelést jelent, ami legalább 1 percen át 70 ^{o}C maghőmérséklet elérését biztosítja. Az alacsonyabb vízaktivitású termékek estén azonban a hőrezisztencia lényegesen nagyobb lehet. Az előzetes enyhe fokú (szubletális) hőkezelés a szalmonellák hőrezisztenciáját rövid időn belül jelentősen (akár 2-3-szorosára) növelheti.

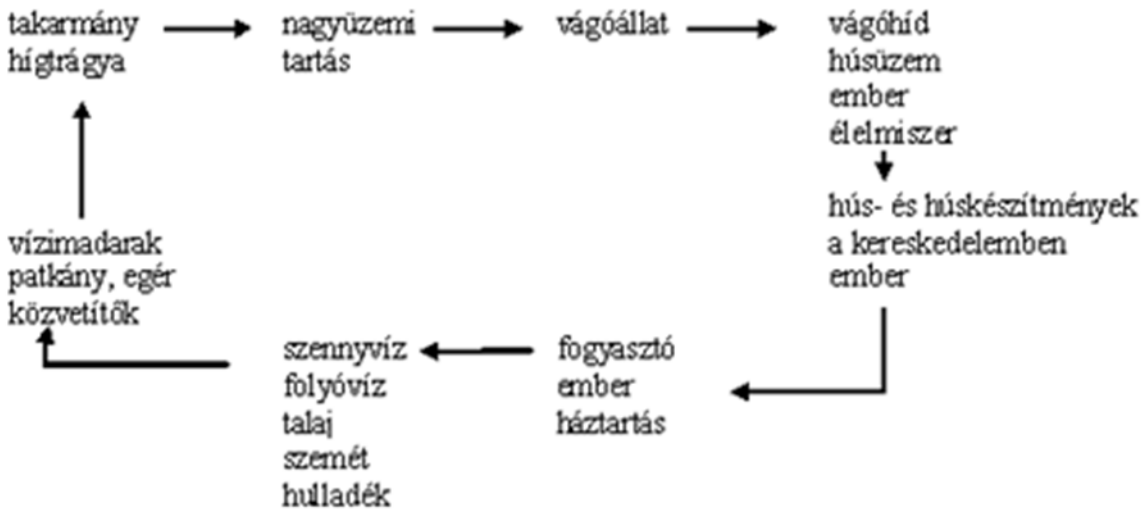
A szalmonellák szaporodását a 0,94-nél kisebb vízaktivitás megbízhatóan gátolja, de a baktériumok hosszú időn keresztül túlélhetnek. Így például a tej- és tojásporban, a száraz tésztákban, a fűszerekben és csokoládéban a szalmonellák hónapokon-éveken át életképesek maradhatnak. A magas só koncentráció, illetve a hőkezelés (pasztőrözés, főzés, sütés) elpusztítja őket.

A szalmonellák az emberek és az állatok bélrendszerében élnek, ezért a kórokozók a fekália útján kerülhetnek a környezetbe, majd bekerülhetnek a vízhálózatba és az élelmiszerekbe is. Húsételek főként az állatok szalmonellózisa, vagy a feldolgozás során a higiéniai szabályok nem megfelelő betartása, a felkenődött bélsár miatt fertőződnek.

Az 10.1. ábrán a szalmonellák fertőzési láncolatát láthatjuk. A fertőzési lánc megszakításának lehetősége a vágóhídon a leghatékonyabb, hiszen ha már ekkor odafigyelünk a megfelelő körülmények betartására (szállítás, pihentetés), akkor a vágás

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

során elkerülhető a szalmonella átkerülése a hús felületére, a vágóeszközre valamint a környezetbe. Fontos a szennyvíz és a gyártás során keletkezett hulladékok megfelelő kezelése is, mivel ezek a későbbi szalmonella fertőzés forrásai is lehetnek.



10.1. ábra: A szalmonellák fertőzési láncolata. (Bíró, 1993)

Szalmonellák által okozott megbetegedések

Emberben a fertőzés kétféle megbetegedést okozhat. Az egyik a hastífusz, amely enterális lázzal jár, és emberről emberre terjedhet, a másik a szalmonellózis (gasztroenteritisz), amely élelmiszerfertőzés útján kerül be a szervezetbe.

Tífuszos megbetegedés

A régen járványos méreteket öltő hastífusz mára csak évenként néhány esetre korlátozódott.

A betegségek súlyossága változó, a hastífusz mortalitása 10%. Közvetlen, szájon át történő fertőzéshez több mint 10^5 sejt szükséges. A fertőzés vérkeringésbe jut, majd onnan a test különböző szerveit – lép, máj, vese, tüdő – betegíti meg. A betegség lejátszódása után kórokozó ürítés az esetek 5%-ban megmarad, de tartós ürítőknél ez a folyamat akár egy évig is kihúzódhat. Élelmiszerek és egészségügyi tevékenységek során fontos ezek kizárása a járványveszély miatt.

A tífuszos lázat eredetileg fertőzött vízzel hozták kapcsolatba, azt tekintve a fertőzés primer forrásának. Mivel azonban egyre több országban megbízható az ivóvíz minősége, egyre inkább az élelmiszer válik a fertőzés fő forrásává. Mivel természetes gazdáik köre korlátozott, az emberi hordozó által való fertőzés mindig szerepet játszik a tífuszos-, vagy a paratífuszos láz kitörésében.

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Az enterikus lázat, amely a *Salmonella* Typhi és a *Salmonella* Paratyphi fertőzések tünete, alkalmanként egyéb szerovariánsok is létrehozhatják.

Szalmonellózis

A szalmonellózis az ember egyik leggyakoribb élelmiszer okozta baktériumos fertőzése, az ellene irányuló hatékony védekezés az utóbbi két évtizedben nemcsak a rossz higiénés viszonyokkal küszködő fejlődő országokban okozott gondokat, hanem egyes fejlett országok közegészségügyi és élelmiszer-biztonsági szakembereit a mai napig is nehéz feladatok elé állítja.

A szalmonella az élővilágban általánosan előfordul, hiszen megtalálható az egészségesnek látszó élőlények (rovarok, hüllők, madarak, emlősök és az ember) bélrendszerében is. A kórokozó általában a beteg, vagy tünetmentes fertőzött személy, vagy állat székletével, illetve tojással kerül a külvilágba. Levágott állatok húsán is előfordulhat. Leggyakrabban a nyers, vagy nem eléggé átsült hús és tojásételek közvetítik a kórokozót, de bármilyen ételre rákerülhet eszközről, nyersanyagról, személyről, állatról.

A szalmonellózis kialakulásához – a tífuszos megbetegedéshez hasonlóan – nagy dózisú sejt (10^4-10^5 sejt/g) szükséges. A magas zsírtartalmú élelmiszerekben azonban akár 10-100 élőcsíra is okozhat megbetegedést, mivel a zsír megvédi a gyomorsav károsító hatásával szemben a sejteket.

A kórokozók a szervezetbe kerülnek, a bélcsatornán megtelepszenek, ahol számuk megsokszorozódik, majd megtámadják a bélnyálkahártyát és néha más szöveteket is. A tünetek az étel elfogyasztása után 6-8 órával jelentkezhetnek (rosszullét, hányás, hasmenés, olykor láz), de a betegség 5-7 nap alatt lezajlik. A baktériumürítés átmeneti, 1-2 hétig tart. Többnyire állati eredetű élelmiszer lehet fertőzött, főleg a töltelékes hústermékek, továbbá a tojással készült hidegkonyhai készítmények, ha az elkészítés, tárolás, felszolgálás higiéniai szabályait nem tartják be.

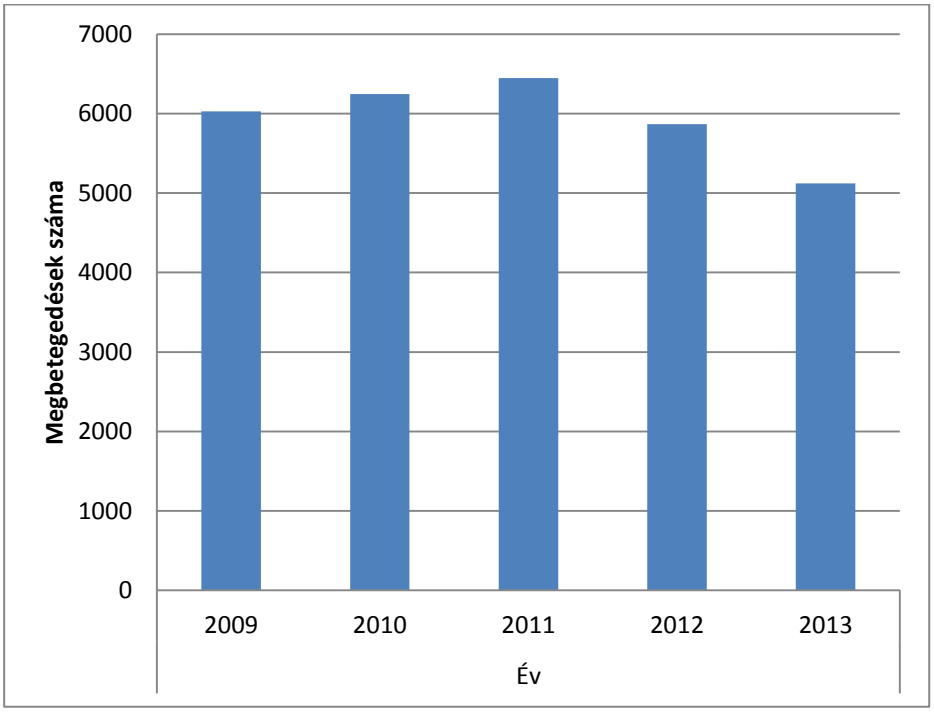
A tojás fertőződhet germinatív (ovogen) úton, illetve bélsárral történő kontamináció révén. A tojás belsejébe a meszes héj pórusain keresztül juthatnak be. A bejutást nagymértékben gátolja a héjat kívülről borító glikoprotein (kutikula) réteg, aminek mosással és erős dörzsöléssel való eltávolítása viszont elősegíti a szalmonellák bejutását a tojás belsejébe. Ezzel szemben a kacsatojásba, még a kloákában, a porózus héjon keresztül bejut a szalmonella, ezért azt élelmiszer készítésére nem szabad használni. Hazai megfigyelések szerint, a szalmonellózisos megbetegedések mintegy 50%-át tojásos ételek okozzák, a húsok (baromfi, sertés) és húskészítmények pedig az esetek kb. 3-8%-át idézik elő.

A szalmonellózis halálozási aránya kevesebb, mint 1%-kal jár. A megbetegedésekben vezető két szerotípus a *S*. Typhimurium és a *S*. Enteritidis.

Az enterális bakteriális fertőző megbetegedések jelentős többségét (98,8%-át) két zoonózis, a kampilobakteriózisok és a szalmonellózisok teszik ki. A humán szalmonellózisok csökkenő tendenciája Magyarországon 2013-ban is folytatódott (12,7%-kal). 2009 és 2013 között 5122 és 6446 között ingadozott a

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

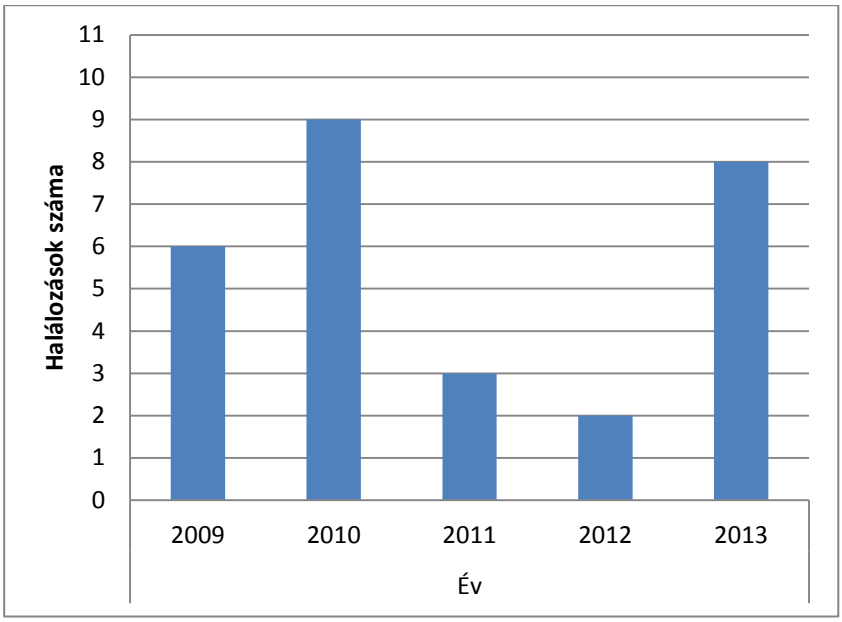
szalmonellózisos megbetegedések száma hazánkban, és a vizsgált öt év közül 2011-ben volt a legmagasabb (6446 eset) az értéke (10.2. ábra).



10.2. ábra: Bejelentett szalmonellózisos megbetegedések száma Magyarországon 2009 és 2013 között. (OEK, 2014)

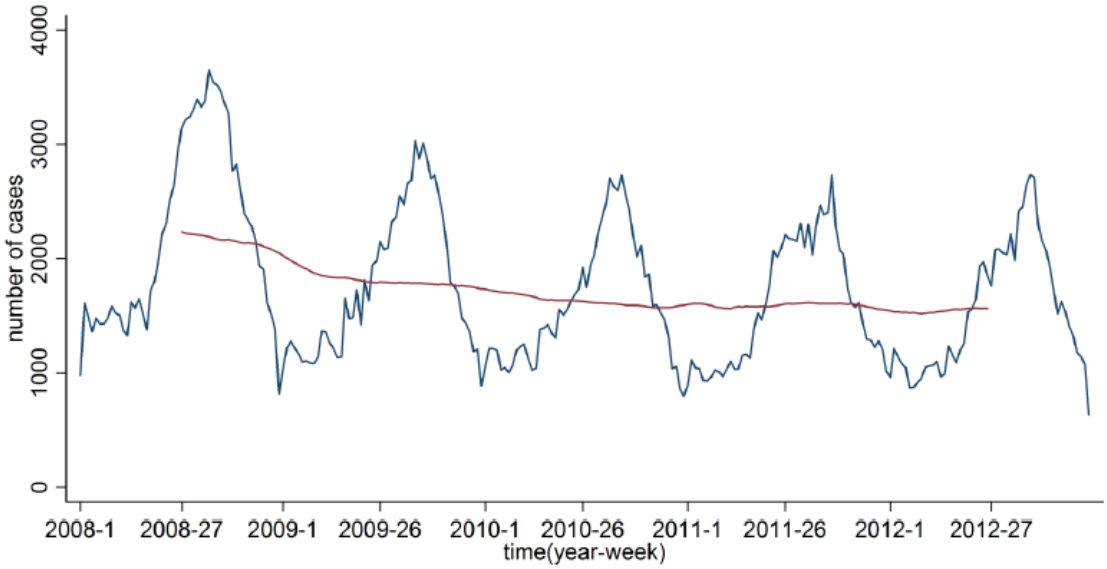
2009 és 2013 között a bejelentett szalmonellózis okozta halálozások száma 2 és 9 (0,03 és 0,16%) között változott Magyarországon. A vizsgált öt év közül 2010-ben mutatta a legmagasabb (9 eset) értéket (10.3. ábra).

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE



10.3. ábra: Bejelentett szalmonellózis okozta halálozások száma Magyarországon 2009 és 2013 között. (OEK, 2014)

Az EU-ban bejelentett szalmonellózisos megbetegedések számának alakulását továbbra is lassú csökkenési trend jellemzi. A megbetegedés csökkenő tendenciája 2012-ben is folytatódott (10.4. ábra), akkor 91 034 igazolt esetet jelentettek, mely 4,7%-os csökkenést jelent az előző évhez képest (2011-ben 95 548 eset).



10.4. ábra: Bejelentett szalmonellózisos megbetegedések számának alakulása az EU-ban 2008 és 2012 között. (EFSA – ECDC, 2014)

A hazai statisztikák szerint a szalmonellózisos esetek mintegy 50%-át baromfi eredetű ételek okozzák. A vezető két

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

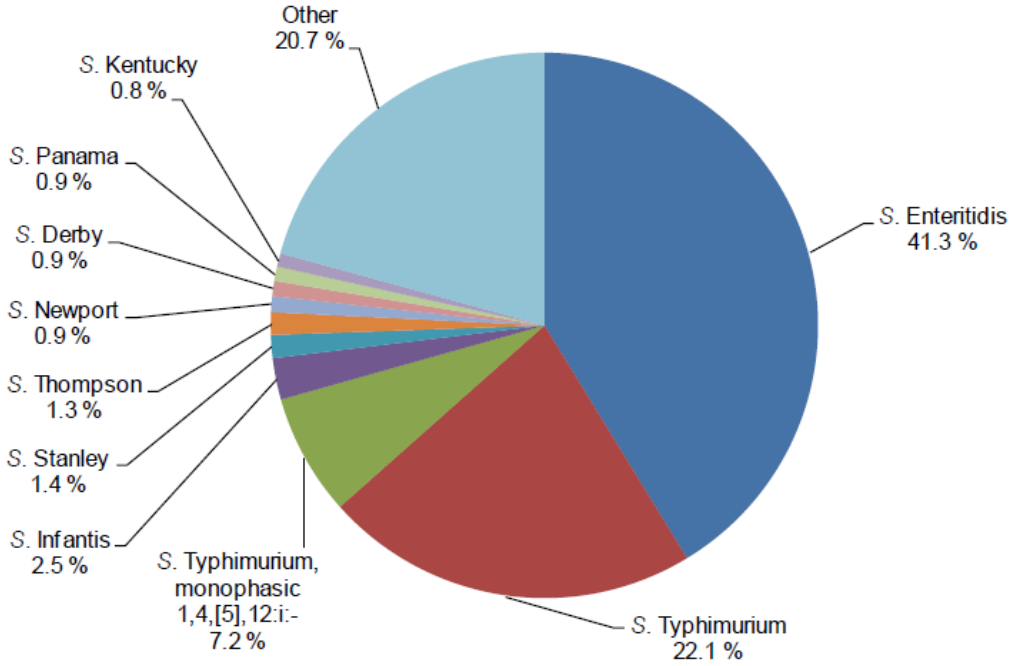
SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

szerotípus a *Salmonella* Enteritidis és a *Salmonella* Typhimurium. A megelőző védekezés lehetőségei az állattartás körülményeiben, a tápok, takarmányok tisztaságában és az élelmiszer feldolgozás higiéniájában rejlenek.

A szalmonellafertőzésekre különösen az idős emberek és a gyerekek fogékonyak, megelőzése ezért népegészségügyi feladat, amit a helyes mezőgazdasági és állattenyésztési gyakorlattal, a HACCP élelmiszerlánc különböző területeire és az ételkészítési technológiára vonatkozó szabályok megfelelő alkalmazásával érhetünk el.

A leggyakoribb szalmonella szerotípusok sorrendje nem változott Magyarországon az előző években. A szerotipizált törzsek 60,7%-a *S*. Enteritidis volt, a második leggyakoribb szerotípus a *S*. Typhimurium (10,3%), ezt követi a *S*. Infantis (8,9%), illetve a monofázisos *S*. Typhimurium (7,7%). A *S*. Stanley maradt az ötödik leggyakoribb szerotípus (3,2%), a 2011-ben kezdődött területi járvány 2013. évben folytatódott.

Az Európai Unióban 2012-ben a szerotipizált törzsek 41,3%-a *S*. Enteritidis volt, a második leggyakoribb szerotípus a *S*. Typhimurium (22,1%), ezt követi a monofázisos *S*. Typhimurium (7,2%), illetve a *S*. Infantis (2,5%) (10.5. ábra).



10.5. ábra: A 10 leggyakoribb *Salmonella* szerotípus az EU-ban 2012-ben. (EFSA – ECDC, 2014)

A 10.1. táblázat azt mutatja, hogy 2010-ben *Salmonella* által összesen 408 ember betegedett meg hazánkban. Az esetek 95,3%-át a *Salmonella* Enteridis okozta, melyet a *S.* Typhimurium követett, ami 17 esetben indukált szalmonellafertőzést. Az érintettek közül 72 beteg szorult kórházi kezelésre, de egyik eset sem volt halálos kimenetelű. Statisztikák szerint leggyakorabban *Salmonella* törzsek okoznak élelmiszer fertőzéseket .

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

10.1. táblázat: 2010. évi szalmonellák által okozott élelmiszer eredetű megbetegedések. (http://www.oeti.hu/download/2010lelemiszer.pdf)

Kórokozó	Esemény-szám	Betegszám	Kórház-ban ápoltak	Haláleset	Étkeztetés	
	Összesen	Összesen			Eseményszám	Betegszám
Salmonella Typhimurium	4	17	8	0	0	0
S. Enteridis	23	389	64	0	0	324
S. Kentucky	4	2	0	0	0	0
Salmonella összesen	31	408	72	0	11	324

Az élelmiszerek szennyezettségét vizsgálva a szalmonellát leggyakrabban friss brojlercsirke-, pulyka-, és sertés húsban mutattak ki (átlagosan 5,1, 5,6, és 0,7 %). A közösségi szalmonellállával kapcsolatos követelményeknek legkevésbé a darált húsok és az előkészített hústermékek feleltek meg. A tojótyúkállományban a *S.* Enteritidis és a *S.* Typhimurium aránya csökkenő tendenciát mutat.

Magyarország humán szalmonellózis tekintetében a csatlakozás óta a legmagasabb morbiditású országok csoportjába tartozik, ami nemcsak a magas megbetegítési gyakoriságot jelzi, hanem azt is, hogy hazánkban jól működik az erre vonatkozó információs rendszer. Járványokra vonatkozó adatokat Magyarországon 1931-óta gyűjtenek, a humán megbetegedések 1959-óta bejelentendőek. A regisztrált estek száma 1959-től 1996-ig szint folyamatosan emelkedett. Ezt követően 2004-ig mindkét mutató értéke folyamatosan csökkent. 2004-ben a regisztrált szalmonellózis esetek előfordulásának csökkenő trendje megfordult. 2005-ben a bejelentett megbetegedések 8 %-kal, 2006-ban 20 %-kal emelkedtek.

Hazánkban, ezen belül Hajdú-Bihar megyében a szerotípusok közül a *Salmonella* Enteritidis előfordulása a leggyakoribb. Azonban az utóbbi két évben megnőtt a *Salmonella* Typhimuriumés a *Salmonella* Infantis jelenléte is, ami a tojótyúk, illetve brojler állományokban detektálható. *Salmonella* Enteritidis törzsek dominanciája jellemző az árutojás- termelő állományokra, mind a tojás alapú termékekre. A baromfihúsból izolált törzsek szerotípus szerinti megoszlásában az elmúlt 10 évben bejövetkezett epidemológiai változás igen szembetűnő, erre jó példa a *Salmonella* Infantis törzsek baromfihúsban történő előretörése. A *S.* Enteritidis aránya több mint 10 év alatt 60 %-ról 5 %-ra csökkent, míg a *S.* Infantis 0 %-ról 90 %-ra emelkedett. Ez a változás okozhatta a humán *S.* Enteritidis által okozott megbetegedések csökkenését.

Salmonella előfordulás a baromfiállományban

Az EU tagállamaiban 2004-ben a tenyészállományok salmonellózis prevalenciája átlagosan 2,8 % (a minimum érték 0 %, a maximum 28 %), míg hazánkban 5 % volt. Az árutojás-termelő állományok

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Salmonella prevalenciája az Európai Unióban 30,8% (a minimum érték 0%, a maximum 79,5 %), hazánkban 43,7 % volt 2005. évi adatok alapján.

Az Európai Unió tagállamai között a szalmonella szerotípusok közül *a S.* Enteritidis és a *S.* Typhimurium okozza a leggyakrabban megbetegedéseket. Európában és a világ sok más országában is a tojást tekintik a humán szalmonellózis fő terjesztőjének.

2003-ban lépett életbe egy új zoonózis szabályozás, ami azt a célt tűzte ki, hogy csökkentsék a tojótyúk-állományok szalmonella-fertőzöttségét, mind az Unió, mind a tagállamok területén.

A tojótyúk-állományokban messze a leggyakrabban *S.* Enteritidis-t izoláltak, ezt a szerotípust 18 országban mutatták ki, az összes izolátum 51,3 %-át ez tette ki. A *S.* Infantis volt a második leggyakrabban izolált szerotípus (8,3 %), melyet 14 országban detektáltak, ezt követte a *S.* Typhimurium, (5,2%), melyet szintén 14 országban azonosítottak (10.3. táblázat).

10.3. táblázat: A tojótyúkállományokból leggyakrabban izolált szalmonella szerotípusok és az érintett tagállamok száma. (OEK, 2006)

Szerotípus	Izolátumok		Tagállamok száma, ahol a szerotípust kimutatták
	száma	aránya (%)	
S. Enteritidis	3340	51,33	18
S. Infantis	541	8,31	14
S. Typhimurium	341	5,24	14
S. Hadar	130	2,00	7

A *Salmonella* elleni védekezés és annak eljárásrendje

A megelőző védekezés lehetőségei az állattartás körülményeiben, a tápok, takarmányok tisztaságában, az élelmiszer-feldolgozás higiéniájában rejlenek.

Figyelembe véve, hogy a baromfi vágóhidak, daraboló és feldolgozó üzemek önmagukban nem képesek a fertőzés forrásait megszüntetni, a baromfi termékeket a kórokozó mikroorganizmusoktól mentesíteni, ezért **fokozott erőfeszítést kell tenni a háziállat, elsősorban a baromfiállományok *Salmonella*-mentesítésére.** Amíg a csibe állományokban a *S.* Gallinarum és a *S.* Pullorum (nem humán patogének) fertőzöttség felszámolására irányuló programok itthon is sikeresen előrehaladtak, addig a többi *Salmonella*-szerotípustól való mentesítési eljárásrend jelentős szakmai, eljárásrendi és pénzügyi támogatást kíván. Az elvégzendő védelmi feladatok kizárólagosan csak olyan integrált minőségszabályozási rendszer keretében vihetők sikerre, amely hatékony szakmai együttműködést tesz lehetővé. Ahhoz, hogy a *Salmonella*-mentes baromfihús és tojás előállítása az egész baromfiszektor területén megvalósítható és fenntartható legyen, *Salmonella*-ellenes, integrált védekezési programot kell alkalmazni.

Alkalmazott irányelvek

Az Európai Unió a 92/117/EGK irányelvben rögzítette a tagállamok teendőit az élelmiszer eredetű zoonózisok elleni

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

védekezésben, különösen a baromfi-szalmonellózis visszaszorítása érdekében. Az irányelv az akkori EU tagállamok részére ún. *Salmonella*-redukciós program kidolgozását és szigorú módszertani ajánlásokat, adatgyűjtési és jelentési kötelezettségeket írt elő. Magyarországon az MTA Szalmonella Albizottsága és az Állategészségügyi és Élelmiszer-ellenőrzési Főosztály munkájaként készült el a 92/117/EGK –val összhangban a **"A *Salmonella* elleni védekezést célzó integrált minőségszabályozási rendszer a baromfiszektor számára Magyarországon"** című ajánlás. Az útmutató a baromfi ipar teljes vertikuma számára nyújtott segítséget a *Salmonella*-csökkentési programok kidolgozásához a keltetők, tenyész-, brojler-, tojóállományok, tojáscsomagoló üzemek, vágóhidak és takarmánykeverő üzemek részére. A részvétel önkéntes volt.

A 92/117/EGK irányelv, valamint a fenti ajánlás alapját képezték a 49/2002. (V. 24.) FVM rendeletnek, mely a baromfiállományok *Salmonella* Enteritidis és *Salmonella* Typhimurium okozta szalmonellózisa és a baromfitífusz elleni védekezésről, a mentesség megtartásáról szól. Annak módosítása módosítása [97/2003. (VIII. 19.) FVM rendelet] már kötelezően előírta a fent említett eljárások alkalmazását a tenyészállományt tartó és tojást keltető üzemek részére. A húshibrid csirkét és árutojást termelő üzemek számára a védekezés önkéntes volt, de az árutojás termelő állományok vakcinázása előírásként szerepelt.

A 92/117/EGK helyébe lépett 99/2003/EK irányelv, valamint a 2160/2003/EK rendelet tovább bővítette a szalmonellák elleni védekezés körét, és pontosan meghatározta a gyérítési programok menetét. A szalmonellózis elleni közösségi szintű és hatékony védekezés érdekében ismerni kell a kórokozók előfordulási gyakoriságát az állatállományokban, mivel ezen információk ismeretében állapítható meg célkitűzésként az a fertőzöttségi szint, mely megfelelő szalmonella mentesítési program bevezetésével, meghatározott időn belül reálisan megvalósítható. A felmérő vizsgálatok eredményeinek összesítése után történik a közösségi cél meghatározása, melynek ismeretében a tagállamok kidolgozzák védekezési programjaikat. A nemzeti védekezési programok Európai Bizottság által történő elfogadása után kezdődhet meg azok végrehajtása.

Hazai helyzet

Magyarországon a közelmúltban a csirkeállomány több mint 50%-át érintette szalmonellafertőzés. 2009-től gyorsított program keretében kezdték mentesíteni a magyar baromfiállományt, elsősorban a csirkéket, mert országunknak bő egy évet adtak arra, hogy megfeleljen az Európai Unió által előírt feltételnek. A szalmonella-mentesítés azért fontos a magyar baromfitartók számára, mert 2010. év december közepétől csak olyan baromfihús - egyebek között csirke és pulyka - hozható forgalomba az unió tagországaiban, amely gyakorlatilag szalmonellamentes, azaz az emberi egészségre nem ártalmas. Mindennek teljesítéséhez elsősorban a megfelelő higiéniai körülményeket kell biztosítani. Ehhez az EU anyagi támogatást is nyújt.

Az Európai Unió Élelmiszerbiztonsági Hivatala (EFSA) az összes tagországban, így hazánkban is végzett szúrópróbaszerű vizsgálatokat. A két veszélyes szerotípust a brojler állományokban 5,5%-ban, a tojótyúkoknál 33,5%-ban, míg a pulyka állományban 3,6%-ban mutatták ki. Hogy ezek a számok nemzetközi viszonylatban mit

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

is jelentenek, igen nehéz megmondani, hiszen más tagországokhoz képest vannak, akik sokkal jobban, míg mások nálunk lényegesen rosszabbul állnak *Salmonella* fertőzöttség terén. Elmondható, hogy az újonnan csatlakozott országok „sereghajtónak" számítanak, de jelentős az egyes régi tagországok (Spanyolország és Portugália) fertőzöttsége is.

Egy EU-s rendelet alapján megkezdődtek a *Salmonella*-mentesítési erőfeszítések, melyeknek lényege, hogy a brojler- állományokban 2011 végén, míg a pulyka állományokban 2012 végén a veszélyes szerotípusokkal fertőzött állományok aránya nem lehet több egy százaléknál. A brojler állományok mentesítése már 2009-ben elindult, míg a pulykáé 2010-ben kezdődött. Az EU monitoring vizsgálatain kívül hazánkban (a megindult programok keretében) az egész hazai állományra kiterjedő vizsgálatokat is végeztek. A tojóállományokban 2008-tól, míg a brojlereknél a 2009. január 1-jétől végzett mintavételek alapján – ellentétben az EFSA adataival – úgy tűnik, hogy nem is állunk olyan rosszul. Az árutojást termelőknél 10%-os, míg a brojlereknél 30%-os a szalmonella-fertőzöttség.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású
egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

11 *Escherichia* nemzetség és az általuk kiváltott élelmiszer eredetű megbetegedések

Escherichia coli rendszertani besorolása

Ország: BACTERIA (Baktériumok)
Törzs: Proteobacteria
Osztály: Gammaproteobacteria
Rend: Enterobacteriales
Család: *Enterobacteriaceae*
Nemzetség: *Escherichia*
Faj: *Escherichia coli*

Enterobacteriaceae család

Enterobacteriaceae család tagjai fakultatív anaerob, Gram-negatív, pálcika alakú, spórát nem termelő baktériumok. Az enterobaktériumok széles körben elterjedtek az emberek és állatok bélcsatornájában, főleg a vastagbélben, illetve nagy számban fordulnak elő a talajban, vízben és szennyvízben.

Az *Enterobacteriaceae* családba tartozó baktériumok közegészségügyi, illetve élelmiszerbiztonsági szempontból is kiemelkedő fontosságúak. Jelenlétük bizonyos határértéken felül az élelmiszer nem megfelelő mikrobiológiai állapotára utal. A higiéniai szennyezettséget jelző indikátor mikroorganizmusok közé sorolhatók.

Az enterobaktériumok közé sorolhatók a kóliformok, a *Salmonella*, *Shigella* és *Proteus* fajok.

Kóliform baktériumok alatt értjük azokat az *Enterobacteriaceae* családba tartozó (*Klebsiella, Enterobacter, Citrobacter, Escherichia*) fakultatív anaerob, Gram-negatív, spórát nem képző baktériumokat, amelyek a laktózt 30°C hőmérsékleten 24-28 óra alatt sav- és gázképződés mellett bontják, és szelektív, laktóztartalmú táptalajok segítségével mutathatók ki. Ezek a baktériumok az állatok és az emberek normál bélflórájának tagjai, ahol lényeges a vitamintermelésük és a kórokozó mikrobák antagonizálása. Az élelmiszerekben való előfordulásuk esetén mindig bélsár szennyeződés veszélye vetődik fel.

Fontos szimbiontának tekinthetők, hiszen az emberi szervezetben nagy jelentőségük van a B- és K-vitamin ellátásban, valamint más bélbaktériumokkal szemben antagonista hatású kolicineket termelnek. Bizonyos szerotípusai azonban fertőző betegségeket okoznak.

Escherichia coli jellemzése, előfordulása

Az *Escherichia coli* Gram-negatív, fakultatív anaerob, nem spórázó baktérium, melynek sejtjei pálcika alakúak. Sejtjei 2-3 µm hosszúságúak és 0,5 µm átmérőjűek. A törzsek jelentős részének felületén fimbriák (pilusok) is találhatóak. Kataláz-pozitívak és oxidáz-negítavak. Közönséges agaron aerob és anaerob viszonyok között egyaránt 24 óra alatt 1-2 mm átmérőjű telepeket képeznek, melyek laktóz-lakmusz

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

agaron és VRBL agaron (a laktózbontás miatt) pirosak lesznek. Triptofánból indolt termelnek, metilvörös próbában pozitívak, laktózból savat és gázt képeznek, de vannak a laktózt csak lassan vagy egyáltalán nem bontó törzsek is. A kóliform baktériumoktól az előbbi biokémiai tulajdonságaik alapján az IMViC próbákkal (**i**ndol, **m**etilvörös, **V**oges-Proskauer és **c**itrát reakciók) különíthetőek el.

Az *E. coli* törzsek O- (szomatikus), H- (flagelláris), K- (felületi/kapszuláris) és F- (fimbriális) antigénjeik alapján szerotípusokba sorolhatóak. Mivel az egyes antigének egymással szabadon kombinálódva fordulhatnak elő, igen nagyszámú *E. coli* szerotípus létezik. Kb. 175-féle O-antigén, kb. 75-féle H-antigén, továbbá 3-féle (L, A, B) felületi-antigén típust ismerünk. A fimbriális-antigéneknek a szerotípusba sorolásnál nincs jelentőségük, inkább a baktérium által okozott fertőzések patogenezisében van szerepük.

Az *E. coli* jellegzetesen mezofil baktérium, ami 7-50 ^{o}C tartományban (optimuma 37°C körül) képes szaporodni. Minimum pH = 4,4 értéken még képesek szaporodni, az optimális pedig a semleges pH. A szaporodás minimális vízaktivitás értéke 0,95. Hővel szemben nem különösebben ellenálló. Közepesen hőtűrő. D_{60}-értéke jellemzően 0,1 perc. A verotoxin-termelő törzsek savtűrő képessége és hővel szembeni ellenálló képessége nagyobb (D_{60}=2-2,5 perc), mint az egyéb *E. coli* törzseké. Sókkal és savakkal szemben érzékenyek. Növekedésük aerob és anaerob körülmények között is lezajlik.

Elsőként Theodor von Escherich izolálta székletből 1885-ben, mint *Bacterium coli commune*. A baktériumot sokáig a vastagbél jellegzetes kommenzális tagjának tekintették. Első patogén törzseit 1935-ben írták le. Az ember, a melegvérű állatok és a kétéltűek bélcsatornájának természetes lakója, de fekáliával szennyezett vizekben is előfordul. Az emberi székletben 10^9 sejt/g számban található, ezért a fekális szennyeződés fő indikátora. A baktérium a fekális eredetű szennyeződés specifikusabb indikátorának tekinthető, mint a coliformok. A bélcsatornán kívüli más közegben általában nem sokáig marad meg, ezért az *E. coli* hamar eliminálódik, ha a talaj nincs folyamatosan fekális szennyeződés alatt. Így általánosságban elmondható, hogy a baktérium jelenléte legtöbbször friss fekális szennyezettségre utal.

Technológiai szempontból is veszélyesek lehetnek az *E. coli* törzsek, mert a termékben ízhibákat okozhatnak, sajtokban pedig puffadást.

***Escherichia coli* által termelt toxinok**

1. Enterotoxinok
   - Hőlabilis toxin (LT): a 60 ^{o}C-on 15 percig történő hőkezelés elpusztítja
   - Hőstabil toxin (ST)

2. Hemolizin (heolízist okozó törzsek)

3. Verocitotoxinok (VT) vagy más néven shiga-toxin szerű toxinok (Stx1 és Stx2). A verotoxikus *E. coli* (VTEC) törzsek termelik.
   - Stx1: citotoxikus az emlős sejtekre
   -Stx2: biológiailag hasonló a VT1-hez, de immunológiai szempontból eltér tőle.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

A baktériumsejt a felületén lévő csillók és egyéb felületi képződmények segítségével képes megtapadni a bélnyálkahártyán. Másik jelentős tulajdonsága, hogy képes toxint termelni (endotoxin, citotoxin, verotoxin), melyek a bélnyálkahártya só- és vízáteresztő képességére vannak hatással, illetve a vérereket károsítják. A baktérium elpusztítható a nedvességtartalom csökkentésével, savas kémhatás növelésével, illetve szokványos fertőtlenítőszerekkel.

A „K" antigént hordozó törzsek a csecsemőkben súlyos, gyakran halálos agyvelőgyulladást okozhatnak. Felnőttek esetében a húgyúti fertőzéseket okozhatja nagy számban.

E. coli által okozott élelmiszerfertőzés széklettel, szennyezett víz vagy élelmiszer útján történik. A nem kellően hőkezelt tejtermékek, marhahúsból készülő hamburger, trágyával kezelt zöldségek, saláták gyakran okoznak fertőzést. Az alapos hőkezelés elpusztítja a baktériumot, azonban a hőfok ellenőrzése nagyon fontos, mivel a fagyasztás után a nem megfelelő felengedtetés közben az élelmiszerek közepében a kórokozók túlélhetnek.

A patogén törzsek csoportosítása

Az *E. coli* törzsek nagy része ártalmatlan, de egyesek fakultatív patogének.

- **Enteropatogén *E. coli* (EPEC)**: Általában nem termelnek toxint, de hasmenést okoznak. Sejtekhez tapadnak és agglutinációra képesek. A bél mukózához tapadáshoz szükséges patogenitási faktor plazmidon kódolt. A tapadást és sejtfelszíni mikrobolyhok károsodását egy kromoszómálisan kódolt gén (*eae*) kódolta külső membránfehérje okozza. A citoszkeleton átrendeződésével a sejtfelszíni mikrobolyhok eltűnnek. A betegségre csak az 1 éven aluliak fogékonyak, ezáltal elsősorban a fiatal csecsemők nagy vízvesztéssel járó hasmenését okozza. Az 1960-as évek óta előfordulása a fejlett országokban ritka.
- **Enteroaggregatív *E. coli* (EAEC)**: Enteroaggregatív, vagy enteroadherens. Az enteropatogén *E. coli*val (EPEC) rokon. Aggregálódva történő kitapadása jellegzetes. Az aggregációhoz szükséges fimbria és specifikus külső membrán fehérje (OMP – outer membrane protein) egy 60 MDa –os plazmidon kódolt. Néhány törzs hőstabil enterotoxint (ST) termel (mely szintén plazmidon kódolt). Klinikai jellemzője az akár 14 napig tartó hasmenés (főként gyerekeknél). Élelmiszer eredete nem egyértelműen bizonyított. Alap szerotípusai: O3:H2 és O4:H7. EPEC-el közös szerotípus: O4.
- **Enterohemorrágiás *E. coli*, verotoxikus *E. coli* (EHEC/VTEC)**: Vérzéses bélgyulladást (hemorrhágiás kolitisz - HC) okoznak, ami gyakran vesegyulladással és vérzéses húgyúti gyulladással (hemolitikus urémiás szindróma – HUS) párosulhat. Már kisszámú baktérium (10-100 sejt) is képes az embert megbetegíteni. A lappangási idő általában 1-2 nap (ritkábban 3-8 nap), amelyet követően hasi fájdalom és kezdetben vízszerű, majd véres hasmenés jelentkezik. Az enterokolitisz felnőttekben gyakoribb, idősekben életveszélyes lehet. A HUS főként gyerekekben

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

alakulhat ki. Az EPEC-hez hasonlóan kromoszómálisan kódolt *eaeA* gént hordoz (adhézióért és mikrovillus károsodásért felelős), ami a megtapadást segítő fimbriát termel. Továbbá nagy mennyiségben termel a Shiga-toxinhoz (Stx1 és Stx2) hasonló plazmidon (60 MDa) kódolt toxinokat, amelyek citotoxikusak a vérsejtekre és toxikusak a vero sejtekre (verotoxikus). Ezen toxinok felelősek a megbetegedésért, amelynek közvetítő közege az élelmiszer. Az EPEC-től eltérően elsősorban a vastagbelet támadja. Az emberben súlyos, véres bélgyulladást is okozhat, ami halálos kimenetelű is lehet. Az Stx2 szerepe van a HC, és a HUS kialakításában. Jellegzetes képviselőjük az *E. coli* O157:H7 szerotípusa. amely 8 ^{o}C alatt nem termel toxint. Savas pH-val szemben is viszonylag ellenálló, de 8,5% feletti NaCl koncentráció gátolja a növekedést. A nem kellően hőkezelt hús- és tejtermékekkel, illetve salátákkal terjed. Az EHEC törzsek az élelmiszerrel az ember szervezetébe jutva súlyos megbetegedést, zoonózist okozhatnak.

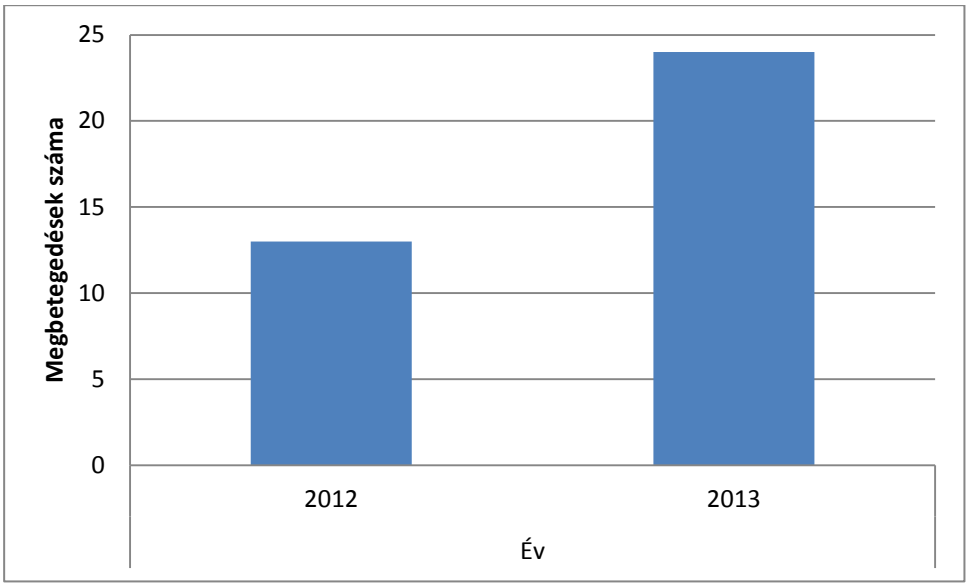
- **Enteroinvazív *E. coli* (EIEC)**: Fenotípusa hasonló a shigellákéhoz. Általában nem termelnek enterotoxinokat. A vastagbél hámsejtjeibe behatolva szaporodnak a sejtekben, és (a shigellákhoz hasonlóan) képesek a szomszédos sejtekbe is átjutni. Az invázióhoz szükséges, 140 MDa nagyságú enteroinvazív (pINV) plazmidjuk van. A plazmid nélküli törzsek nem invazívok. A baktériumok a vastagbelet támadják meg és vizes, majd véres hasmenést okoznak (ritkán dysenteria-szerű tünetek). A nagyon fiatal, és nagyon idős korosztály a legfogékonyabb. Inkubációs idő: 2-48 óra (átlagosan 18 óra). O167 szerotípus: EIEC és ETEC törzsek egyaránt. Elsődleges forrása az élelmiszerek. Emberről emberre terjedés is ismert.

- **Enterotoxinogén *E. coli* (ETEC)**: Támadáspontja a vékonybél (főként a jejunum és az ileum felső harmada). Esszenciális virulencia faktorai a megtapadáshoz szükséges adhezinek (kolonozációs antigénfaktorok, CFA I – IV), enterotoxinok (hőlabilis enterotoxin – LT; hő- és savstabil enterotoxin – STa, STb). A hőlabilis enterotoxin a koleratoxinhoz hasonlít, a vékonybél hámsejtjeihez kötődik, és vizes hasmenést okoz. Minden korosztályt megbetegít. Felnőtteknél 10^6-10^{10} sejt szükséges a betegség kialakulásához. Az utazók betegségének fő kóroka. Elsősorban a trópusokon gyakori. Tünete a hirtelen hasmenés. Láz ritkán előfordulhat.

Patogén *Escherichia coli* baktériumok által okozott megbetegedések

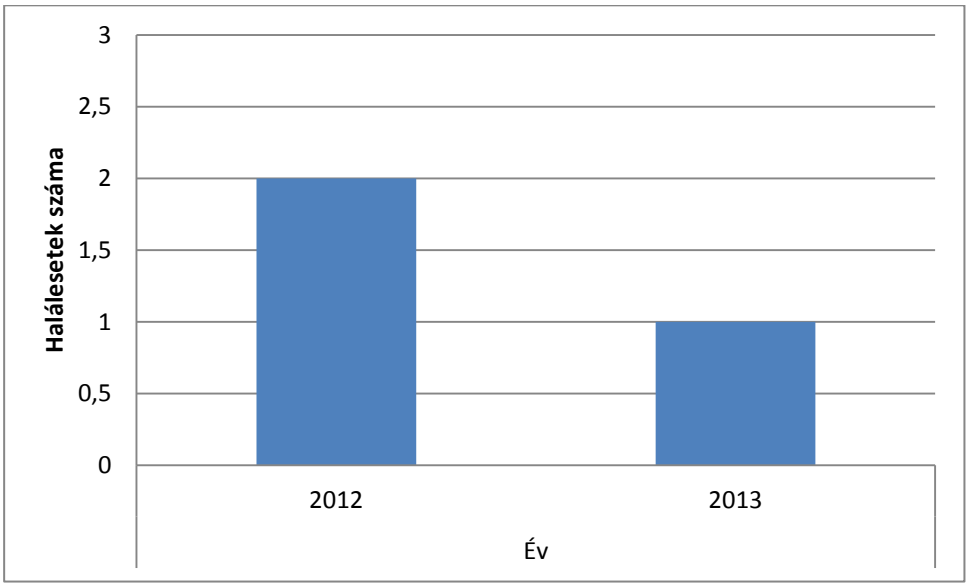
A patogén *Escherichia coli* baktériumok által okozott megbetegedések nem gyakoriak Magyarországon, 2012-ben 13, 2013-ben pedig 24 megbetegedést jelentettek be (11.1. ábra).

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE



11.1. ábra: Bejelentett patogén *E. coli* által okozott megbetegedések száma Magyarországon 2012-ben és 2013-ban. (OEK, 2014)

A patogén *Escherichia coli* baktériumok okozta halálozások száma 2012-ben 2 (15,4%), 2013-ban pedig 1 (4,2%) volt Magyarországon (11.2. ábra).

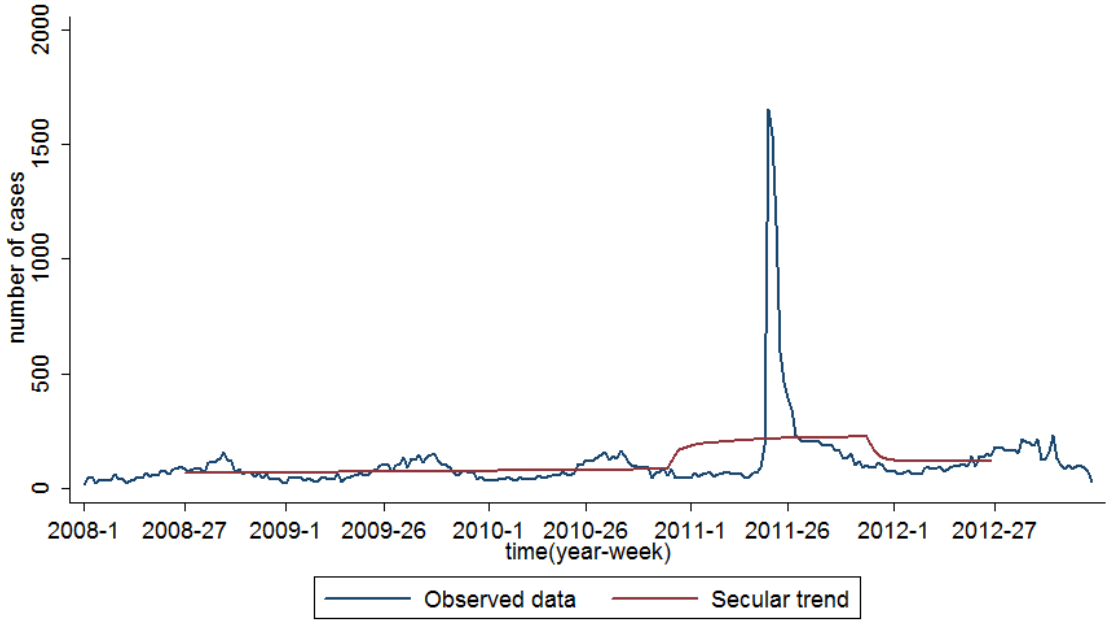


11.2. ábra: Bejelentett patogén *E. coli* okozta halálesetek száma Magyarországon 2012-ben és 2013-ban. (OEK, 2014)

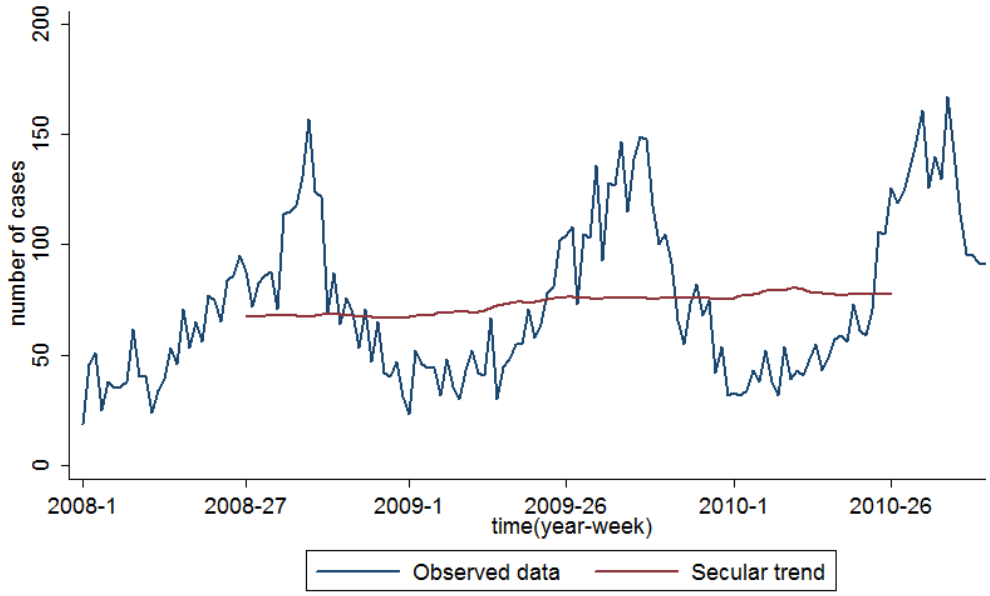
A bejelentett VTEC fertőzések száma az EU-ban 2008 és 2011 között növekvő trendet mutatott (nyaranta több fertőzés fordult elő). A 2011. évi STEC/VTEC O104:H4 járványt követően azonban visszaesés volt megfigyelhető (11.3. és 11.4. ábra).

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE



11.3. ábra: Bejelentett VTEC által okozott fertőzések számának alakulása az EU-ban 2008 és 2012 között. (EFSA – ECDC, 2014)



11.4. ábra: Bejelentett VTEC által okozott fertőzések számának alakulása az EU-ban 2008 és 2010 között. (EFSA – ECDC, 2014)

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

2012-ben 5 671 igazolt VTEC humán eset fordult elő, mely az előző évhez képest (2011-ben 9487) 40 %-os visszaesést jelentett.

Leggyakoribb szerocsoportok az EU-ban: O157 (41,1 %), O26 (12,0 %),O91 (3,6 %).

Élelmiszerhez kapcsolódó *Escherichia coli* által okozott megbetegedések fő okai között szerepelnek a nem megfelelő tárolási hőmérséklet, nem megfelelő személyi higiénia, a szennyezett eszközök és edények használata, a nem megfelelő főzés, valamint a nem biztonságos forrásból származó élelmiszer.

A kórházban a kezelést általában a kórokozó antibiogramja alapján végzik. Utazók hasmenése esetén a víz és a sók pótlása az elsődleges, ritkán adnak antibiotikumot. Ez azzal magyarázható, hogy a hasmenés eltávolítja a kórokozókat, így felesleges ezt mesterségesen támogatni. A gyógyszergyárakban kapható elektrolitport tiszta (pl. felforralt) vízben kell feloldani, és meginni, ami általában nátrium sókat, glükózt, kalcium sókat, részben bikarbonátot és citrátot tartalmaz.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

12 *Shigella*, *Yersinia* és *Vibrio* nemzetségek és az általuk kiváltott gasztroenteritisz

12.1 *Shigella* nemzetség

Shigella nemzetség rendszertani besorolása

Ország (domén):	Bacteria
Törzs:	Proteobacteria
Osztály:	Gammaproteobacteria
Rend:	Enterobacteriales
Család:	*Enterobacteriaceae*
Nemzetség:	*Shigella*

Shigella nemzetség

A *Shigella* nemzetség tagjai 2-3 µm hosszú, csilló nélküli pálcák. Mivel flagellumuk nincs, így mozgásra nem képesek. Tok nélküliek. Gram-negatívak és fakultatív anaerobok. Emberben és főemlősökben a vérhas (dizentéria) kórokozói. A kórokozók a vastagbélben telepszenek meg, sejtelhalást, bevérzéseket okoznak. Háziállatokban nem fordulnak elő.

A shigellák mezofil baktériumok, 10-45 ^{o}C hőmérsékleti tartományban, optimálisan pH = 6-8 értéknél szaporodnak. Amennyiben a pH = 4,5 alá csökken, elpusztulnak.

Bár DNS homológia szerint az *Escherichia coli* és a négy *Shigella* faj egyetlen fajnak felel meg, külön státuszukat fenntartják a biokémiai és az epidemiológiai különbségek miatt. A *Shigella* nemzetségben négy fajt különítenek el a szomatikus O-antigének szerinti szerológiai csoportokba: *Shigella dysenteriae* (A csoport), *Shigella flexneri* (B csoport), *Shigella boydii* (C csoport), *Shigella sonnei* (D csoport). A négy szerológiai csoport nagyon közel áll az *Escherichia coli* enteroinvazívtípusához. A bélbaktériumok többségétől eltérően nem mozognak.

A shigellák a vérhas (dizentéria) kórokozói. Az egyes szerotípusok előfordulása eltérő a különböző régiókban. A fejlődő országokban járványos méreteket öltő vérhast a *S. dysenteriae* okozza, míg hazánkban a szórványos esetek túlnyomó többségét a *S. sonnei* idézi elő. A *S. sonnei* általában enyhébb, vízszerű hasmenésben megnyilvánuló kórformát alakít ki.

Ezeket a baktériumokat csak az ember és a főmajmok hordozzák, más állatokat nem betegítenek meg. A külvilágban nem élnek túl sokáig, így a fertőzés forrása a beteg ember, ritkán a víz vagy az élelmiszer (melyek fekáliával vagy tisztátlan kézzel szennyeződnek).

Az élelmiszerek többségében a shigellák nem szaporodnak, inkább elsősorban a túlélésükkel kell számolni. Ismeretes azonban hogy pasztőrözött és forralt tejben, továbbá húson és húskészítményeken a shigellák (*S. sonnei*) szaporodása megfigyelhető. A szaporodás szobahőmérsékleten megy végbe és 2-6 napig tarthat. Kísérletes fertőzéseknél jelentős túléléseket mutattak

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

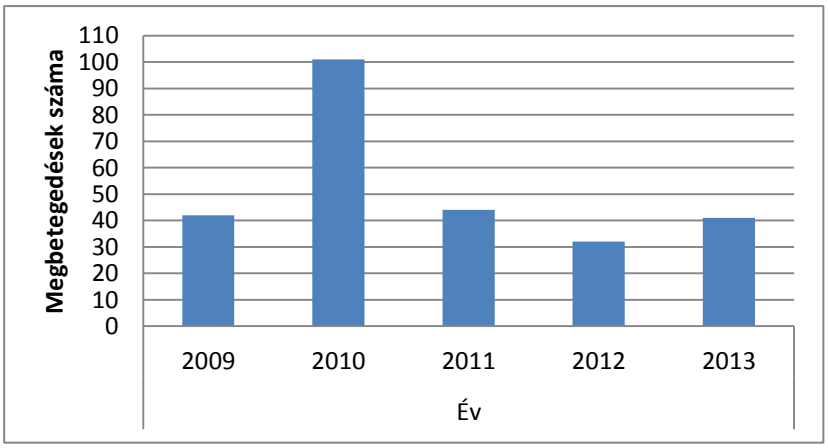
ki. Vaj esetén, szobahőmérsékleten 13-72 napos, hűtőtárolás esetén 100-150 napos, nyers húsoknál hűtőtárolás esetén 4-60 napos, mélyhűtésnél egy évet meghaladó túlélést is leírtak.

A shigella fertőzéseknél a tej és tejtermékek (túró, vaj), valamint a hús és húskészítmények közvetítő szerepét valószínűsítették. Azonban minden olyan élelmiszer felelős lehet a fertőzésért, amely utófertőzéssel fertőződött és az elkészítést követően rövid időn belül elfogyasztottak.

Magyarországon is előfordultak dizentéria járványok, amelyeket élelmiszerek közvetítettek. 1979-ben fordult elő először fertőzött tehén- és juhtúró által közvetített járványt okozó fertőzés, amelyben 1200 ember betegedett meg. Az élelmiszerek közvetítette járványok lefolyásában jellegzetes a kettős emelkedésű járványgörbe. Először ugyanis az élelmiszertől fertőződnek meg, majd a megbetegedettek fetőzik kontakt úton a környezetükben lévőket. Hazánkban szinte minden évben jelentkeznek a tej- és tejtermékektől származó jelentős esetszámú járványok, melyekben kimutatják a tej, a túró, a juhtúró, a túrós-tészta, a tejfölös túró fertőzést közvetítő szerepét. Az esetszámok az évi több százas vagy ezres nagyságrendet érik el. Rendszerint az esetszámok több mint felében járványok keretében jelentkeztek a megbetegedések.

A szájon át történő fertőződést követően a kórokozók a vastagbél nyálkahártyáján elszaporodva bélgyulladást, fekélyképződést okozva (endotoxin hatás) enyhébb, vagy súlyosabb tüneteket váltanak ki. A megbetegedés néhány nappal a fertőzés után jelentkezik heves, vízszerű hasmenéssel, amit véres székletürítés, hasi fájdalom és láz követ. A megfelelő ellenálló képességű szervezetben a betegség 3-5 nap alatt spontán gyógyul, csecsemőknél és időseknél akár halálos kimenetelű is lehet.

Az élelmiszer közvetítette shigellózis előfordulása



12.1. ábra: Bejelentett shigellózisos megbetegedések száma Magyarországon 2009 és 2013 között. (OEK, 2014)

2009.-2013. években 32 és 101 között ingadozott a humán shigellózisos megbetegedések száma Magyarországon, 2010-ben volt a legmagasabb (101) az esetek száma (12.1. ábra).

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

12.2 *Yersinia* nemzetség

***Yersinia* nemzetség rendszertani besorolása**

Ország (domén):	Bacteria
Törzs:	Proteobacteria
Osztály:	Gammaproteobacteria
Rend:	Enterobacteriales
Család:	*Enterobacteriaceae*
Nemzetség:	*Yersinia*

***Yersinia* nemzetség**

A sejtek lehetnek kokkuszok és rövid pálca alakúak. A többségük peritrich csillózattal rendelkezik, de léteznek csilló nélküli (atrich) fajok is. A környezet hőmérséklete befolyásolja a csillóképzést, illtev ezáltal a mozgásukat (37 °C-on mozognak, 30 °C alatt azonban nem). Gram-negatívak, kataláz-pozitívak és oxidáz-negatívak. Heterotróf fajok. A szénhidrátok bontása közben savat képeznek. Gyakran fordulnak elő rágcsálókban és háziállatokban. Széklettel ürülnek.

A *Yersinia* nemzetségbe három humán patogén faj (*Y. pestis, Y. pseudotuberculosis, Y. enterocolitica*) tartozik. Az utóbbi kettő állatokat is megbetegít, de élelmiszer-eredetű fertőzést csak a *Y. enterocolitica* okoz. A *Y. pestis*, a bubópestis és a tüdőpestis (fekete halál) kórokozója. A *Y. pseudotuberculosis* nevével ellentétben bélgyulladást okoz, főleg a rágcsálófélékben.

A *Y. enterocolitic*át az 1930-as években mutatták ki először Észak-Amerikában, illetve ekkor írták le először emberi kórokozóként. Jóval később 1978-ban tisztázták ételfertőzésekhez fűződő szerepét. Először az észak-európai országokban, ott ahol a szalmonellózis már visszahúzódott okozott gondot.

A *Y. enterocolitica* rövid, 1-2 µm hosszú, pálcika alakú, Gram-negatív, fakultatív anaerob, peritrich csillós, kataláz-pozitív, oxidáz-negatív, spórát nem termelő baktérium. A *Y. enterocolitica* pszichrofil, széles hőmérsékleti tartományban (-2 - +45 ^{o}C) szaporodni képes baktérium. Az optimális szaporodási hőmérséklete 28-30 ^{o}C. Az optimális kémhatás igénye pH= 7,0-8,0 (minimum pH = 4,0). A szaporodáshoz szükséges minimális vízaktivitás értéke 0,937. Hőre érzékeny, de a törzsek hőrezisztenciája jelentősen különbözhet. 60 ^{o}C-on a D-érték 1-60 másodperc között változhat.

A baktérium azért vált jelentőssé, mert az enterobaktériumok között szokatlan módon hidegtűrő (még 4 ^{o}C-on is szaporodik és túléli a fagyasztást). Megfigyelték, hogy a székletben 1-2 nap után elpusztul, de +4 ^{o}C-on tartva a székletben feldúsul és hosszú ideig életben marad.

A *Y. enterocolitica* törzsek O- és H-antigénjeik alapján szerotípusokba, biokémiai tulajdonságaik alapján biotípusokba sorolhatóak (12.1. táblázat). Az emberi megbetegedéseket Európában a 4/03, illetve ritkábban a 2/09 bio/szerotípus okozza. A sertés bélcsatornában ezek a törzsek tünetmentesen lehetnek jelen, de esetenként

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

megtalálhatóak más állatfajok bélcsatornájában is.

12.1. táblázat: A *Y. enterocolitica* különböző bio- és szerotípusainak jellemzői. (Laczay, 2008)

Biotípus	Szerotípus	Jellemző gazdaszervezet	Megbetegedés	Előfordulás
1	08	ember	gasztroenteritisz	Észak-Amerika
2	09	ember, sertés	gasztroenteritisz, tünetmentes	Európa, Japán
3	01	csincsilla	szeptikémia	Európa
4	03	ember, sertés	gasztroenteritisz, tünetmentes	Európa, Japán
5	02	mezei nyúl, kecske	szeptikémia	Európa

Gyakoriak tejtermékekben, fagylaltokban és közvetítői a húsok, hústermékek, valamint a fejtrágyázott, mosatlan zöldségek is. Felszíni vizekből is sikerült őket detektálni.

A fertőzésre jellemző, hogy a kórokozók aránylag nagyszámú gasztroenterális betegből kitenyészthetők, a fertőzött vagy a kórokozót továbbvivő élelmiszert azonban ritkán lehet azonosítani. Emiatt az ételmérgezések laboratóriumi vizsgálataiban az európai országokban a kórokozó előfordulása 1% alatt található. A megbetegedések általában sporadikusan jelentkeznek, néhány családi közösséget érintő járványt derítettek fel.

A fertőzés jellemzői: hasmenés, láz, hasi fájdalom. Előfordulhat, hogy a hasmenést torokgyulladás, hörghurut előzi meg, vagy kíséri. Megbetegedést leginkább 5-7 évnél fiatalabb gyermekekben okoz, 1-10 napos inkubációt követően, általában 1-2 hétig tartó hasi fájdalom és enyhe hőemelkedéssel kísért hasmenés formájában. A hányás ritka. Esetenként a heveny bélgyulladás és a mezenterális nyirokcsomók gyulladása vakbélgyulladásra emlékeztető tüneteket okoz. Ez utóbbi tünetek jellemzik a felnőttekben kialakuló kórformát. Vérmérgezés (szepszis) elsősorban idősebb egyénekben fordulhat elő, és ráadásul olyan komplikációkhoz is vezethet, mint az ízületi gyulladás és agyhártyagyulladás.

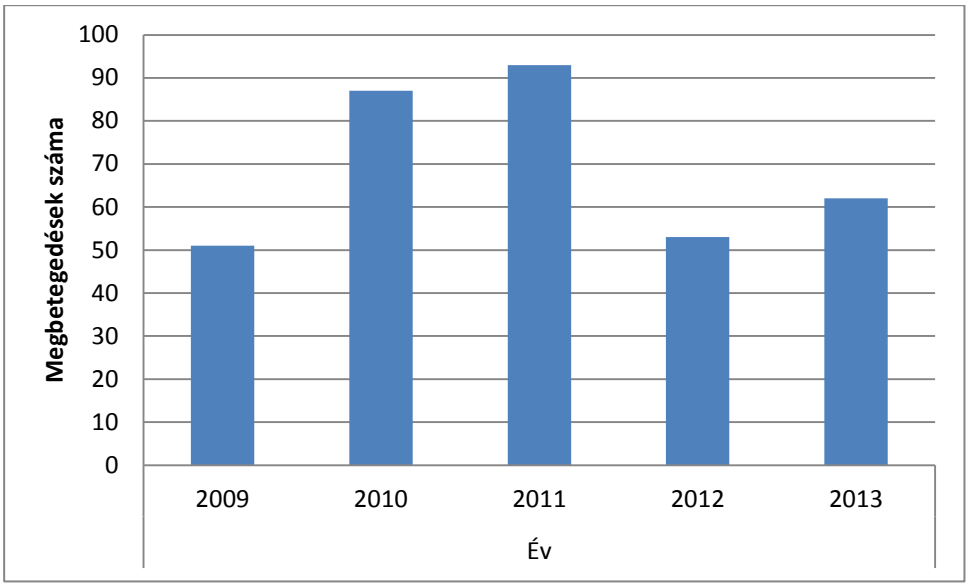
Fő gazdaállat a sertés, de számos vad- és háziállatban (pl. kutya, szarvasmarha, baromfi, nyúl) tünetmentesen él, vagy bennük gasztroenteritiszt okoz. Az emberi megbetegedést ezek közvetítik (zoonózis). Hazánkban számos húsipari termék (füstölt kolbász, disznósajt) fertőzött lehet a kórokozóval.

Az élelmiszer közvetítette yersiniózis előfordulása

2009 és 2013 között 53 és 93 között ingadozott a humán yersiniózisos megbetegedések száma Magyarországon, 2011-ben jelentették a legtöbb (93) esetet (12.2. ábra).

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE



12.2. ábra: Bejelentett yersiniózisos megbetegedések száma Magyarországon 2009 és 2013 között. (OEK, 2014)

12.3 *Vibrio* nemzetség

***Vibrio* nemzetség rendszertani besorolása**

Ország (domén):	Bacteria
Törzs:	Proteobacteria
Osztály:	Gammaproteobacteria
Rend:	Vibrionales
Család:	*Vibrionaceae*
Nemzetség:	*Vibrio*

***Vibrio* nemzetség**

A nemzetség tagjai Gram-negatív, fakultatív anaerob, 1,5-3 µm hosszú, hajlított pálca alakú, csillóval rendelkező, mozgékony, spórát nem termelő, erjesztő, a bélbaktériumoktól eltérően oxidáz-pozitív baktériumok.

A Vibrio nemzetségbe több mint 80 faj tartozik. A fajok többsége a tengerek vizében él és megtalálhatóak a tengeri élőlények emésztőcsatornájában, valamint felületükön is, egyes fajai viszont az édesvizek lakói. Nagy részük ártalmatlan szaprofita, vannak azonban közöttük fakultatív patogének és patogének is. 12 faj okoz emberi megbetegedést, mint például gasztroenteritiszt (pl. *V. parahaemolyticus*), vagy sebfertőzést, vérmérgezést (*V. vulnificus*).

Vibrio cholerae

A *V. cholerae* kolera okozója. Fertőzött ivóvízzel terjed, több fejlődő országban a rossz higiéniai körülmények köszönhetően még ma is tömegesen szedi áldozatait. A *V. cholerae* okozta

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

súlyos járványokban milliók pusztultak el a múltban, azonban a fertőzés még ma is gyakori a Távol- és Közel-Keleten, Afrikában, Dél-Amerika egyes országaiban, ahol a baktérium endemikus. A betegség Európában, kivételes esetektől eltekintve már nem fordul elő.

A *V. cholerae*-nak csak az ún. O1 szerotípusa felelős a nagyméretű járványokért, a többi törzs apatogén. A vibriók általában a folyótorkolati tengervizek domináns baktériumai, emiatt sok tengeri élelmiszerben megtalálhatóak. A fertőzés forrása a fekáliával szennyezett ivóvíz, az ezzel öntözött vagy mosott élelmiszer. Az élelmiszer eredetű fertőzést kagyló vagy zöldségből készült saláták okozzák.

A koleravibrió a legrégebben ismert baktériumok közé tartozik, neve 1854-ből származik, és Robert Koch tenyésztette ki 1882-ben. A kolera az egyik leggyorsabban kifejlődő betegség. A baktérium enterotoxint termel, amely a bélhámsejtek iontranszportját károsítja. A bekövetkező víz- és elektrolitveszteség rendkívül súlyos dehidratáló hasmenést okoz. A halálozási arány megfelelő terápia nélkül nagyon nagy (20-60%), míg folyadék- és elektrolitpótlással 1% alá csökkenthető.

Vibrio parahaemolyticus

Az egyéb vibriók közül csak 1950 után vált ismertté, hogy a *V. parahaemolitycus* ételfertőzés okozója lehet. A *V. parahaemolyticus* tengeri eredetű, mérsékelten sótűrő baktérium, amely meleg és szubtrópusi tengerparti vizekben, folyótorkolatokban fordul elő. A víz hőmérsékletével kapcsolatos évszakos ciklust mutat, főleg a tengerüledékekben telel át. Természetes előfordulási helye a tengervíz, valamint a tengeri halak és a puhatestűek. Emberben a fertőzött halak, kagylók, rákok nyersen, vagy nem kellően átsütött formában (baktérium hőérzékeny) történő fogyasztását követően gasztroenteritisszel, ritkán szeptikémiával járó ételfertőzések okozója. Japánban, ahol a nyers hal fogyasztása igen elterjedt, az ételfertőzések mintegy 50-70%-át a *V. parahaemolyticus* idézi elő.

A kórokozó 5-45 ^{o}C hőmérsékleti tartományban (optimum 30-37 ^{o}C) képes szaporodni. Kedvező feltételek esetén a szaporodása extrém gyors, a generációs ideje mindössze 11 perc. A szaporodásához az enyhén lúgos kémhatás (pH = 7,5-8,6) optimális, és egészen pH = 11-ig képes szaporodni. A vibriók általában savérzékenyek, de a *V. parahaemolyticus* pH = 4,8-nél is szaporodhat. Sótűrő, 8-9%-os NaCl-koncentrációt is elviseli (optimum 2-3%). Hőrezisztenciája csekély, D-értéke 60 ^{o}C-on mindössze 0,7-1,0 perc. Ez azt jelenti, hogy 60 fok feletti hőmérsékleten 1 perces hőkezeléssel elpusztítható.

A fertőző dózis viszonylag magas (10^5-10^7 sejt/g). A kórokozó képesség feltétele a hemolizintermelés megléte.

A betegség a mikrobával fertőzött élelmiszer elfogyasztása után (12-24 órás lappangási időt követően) hasmenéses tünetekben nyilvánul meg, amit hasi fájdalom, ritkán enyhe hőemelkedés és hányás kísér. A fertőzés általában 2-5 nap alatt spontán gyógyul. Ritkán dizentériaszerű, véres hasmenés is kialakulhat, illetve néhány esetben halálesetet is feljegyeztek.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

13 *Campylobacter* fajok és az általuk kiváltott gasztroenteritisz

A *Campylobacter jejuni* rendszertani besorolása

Ország (domén):	Bacteria (Baktériumok)
Törzs:	Proteobacteria
Osztály:	Epsilonproteobacteria
Rend:	Campylobacterales
Család:	*Camplylobacteraceae*
Nemzetség:	*Campylobacter*
Faj:	*Campylobacter jejuni*

***Campylobacter jejuni* történeti áttekintése**

Székletben előforduló, spirális alakú baktériumok jelenlétét már az 1880-as évek legelején leírták. 1913-ban McFadyean és Stockman a *Vibrio fetus* elnevezésű baktériumot a szarvasmarhák és juhok vetélésével hoztak összefüggésbe. A genusba tartozó fajokat korábban mikroaerofil vibrióknak tekintették, és az általuk előidézett betegségeket is vibriosis címszó alatt írták le. 1931-ben a *Vibrio jejuni* fajt már leírták a szarvasmarhák téli hasmenésének okaként. Az 1970-es évek elejéig az ide tarozó fajok csak állati megbetegedések (vetélések, bélgyulladások) okozójaként voltak ismertek. Ezt követően a kimutatási eljárások fejlődésével lehetővé vált a kampilobakterek élelmiszerből és székletből történő kitenyésztése. Nyilvánvalóvá vált, hogy a *C. jejuni* és kisebb mértékben a *C. coli* az élelmiszerekkel felvéve az emberben főként hasmenésese, eseténként súlyosabb extraintestinalis kórképet okozhatnak. Mára a legtöbb országban – megelőzve a szalmonellákat – az ételfertőzések leggyakoribb okozójává váltak.

***Campylobacter* nemzetség**

A *Campylobacter* nemzetség a *Campylobacteriaceae* családba tartozik. Ebbe a családba tartozik az *Arcobacter*, a *Sulfurospirillum* és a *Thiovulum* nemzetség is. A *Campylobacter* nemzetséget több mint 25 faj, valamint néhány alfaj és biovariáns alkotja (13.1. táblázat).

A *Campylobacter* nemzetség tagjai Gram-negatív, nem spóraképző baktériumok. A sejtjeik általában hajlított, S-alakú vagy spirális pálcák, amelyek idősebb tenyészetekben vagy hosszabb ideig levegőnek kitett állapotban gömbölyűvé, vagy kokkoid alakúvá válhatnak. A nemzetség tagjai flagelummal mozognak, melyek a sejtek egyik vagy mindkét végén megtalálhatóak. A kampilobakter fajok többsége mikroaerofil természetű, de előfordulnak közöttük aerob és anaerob fajok is.

A fajok többsége számos állati és környezeti forrásban megtalálható. Az *C. fetus* subsp. *venerealis* ez egyik fő okozója a járványos szarvasmarha meddőségnek. A *C. fetus* subsp. *fetus* az egyik leggyakoribb okozója a szarvasmarhák és juhok spontán vetélésének. A humán orvostudományban a *C. concisus*, *C. curvus*, *C. hominis*, *C. sputorum*, *C. rectus*, *C. showae*, és *C. gracilis* fajoknak van elsődleges jelentősége.

Szélesebb közegészségügyi és élelmiszerbiztonsági szempontból a *C. jejuni*, *C. coli*, *C. lari* és *C. upsaliensis* fajok említésre méltóak, mivel jelentős szerepük van az élelmiszer eredetű, valamint a

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

zoonotikus megbetegedésekben. Ezt a négy fajt gyakran nevezik termotoleráns/termofil kampilobakternek mivel az optimális szaporodási hőmérsékletük 41-43 °C.

13.1. táblázat: A *Campylobacter* nemzetség néhány tagja és azok jellemzői. (NACHAMKIN, 1997; ON, 2001; KORCZAK et al., 2006; GARRITY et al., 2007)

Faj/alfaj (biovariáns)	Hordozó	Egyéb jellemző
C. jejuni subsp. *jejuni*	ember, más emlősök, madarak	termofil, mikroaerofil
C. jejuni subsp. *doylei*	ismeretlen	termofil, mikroaerofil
C. coli	sertés, madarak	termofil, mikroaerofil
C. upsaliensis	háziállatok	temotoleráns faj
*C. helveticus**	háziállatok	termofil faj
C. lari	madarak, kutyák	termofil, mikroaerofil, változékony faj
*C. insulaenigrae**	vízi emlősök (fóka, barna delfin)	legközelebbi genetikai rokonságot a *C. lari* fajjal mutatja
C. concisus	ember (szájüreg)	H_2-igényes, komplex faj
C. showae	ember (szájüreg)	H_2-igényes faj
C. curvus	ember (szájüreg)	H_2-igényes faj
C. rectus	ember (szájüreg)	H_2-igényes faj
C. gracilis	ember (szájüreg)	H_2-igényes faj
*C. hominis**	ember (emésztőrendszer)	H_2-igényes faj, anaerob tenyésztés
C. sputorum biovar *sputorum*	ember, szarvasmarha, sertés	H_2-igényes faj (kataláz-neg, ureáz-negatív)
C. sputorum biovar *paraureolyticus*	ember	H_2-igényes faj (ureáz-pozitív)
C. sputorum biovar *faecalis**	szarvasmarha, juh	H_2-igényes faj (kataláz-poz, ureáz-negatív)
*C. mucosalis**	sertés	DNS-DNS hibridizáció alapján a *C. sputorum*-hoz áll legközelebb
C. fetus subsp. *fetus*	szarvasmarha, juh	szarvasmarhák és juhok vetélését okozza
C. fetus subsp. *venerealis*	szarvasmarha	fertőzéses terméketlenséget okoz
C. hyointestinalis subsp. *hyointestinalis*	szarvasmarha	jelentős diverzitás a 16S rRNS-ben
C. hyointestinalis subsp. *lawsonii*	sertés	jelentős diverzitás a 16S rRNS-ben
*C. lanienae**	ember (vágóhídi alkalmazottak)	közeli kapcsolat a *C. hyointestinalis* alfajokkal

*nem tekinthetők állat- vagy emberpatogénnek.

A *Campylobacter lari* törzsek elsősorban sirályok, vad madarak, baromfik, szarvasmarhák bélrendszeréből, kagylókból és kezeletlen vízből kerültek izolálásra. Emberek esetén csak ritkán okoz hasmenéses megbetegedést.
A *C. jejuni* baktériumnak két alfaját (*C. jejuni* subsp. *jejuni* és *C. jejuni* subsp. *doylei*) különítik el.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

A *Campylobacter* fajok közül a humán fertőzésekért legáltalánosabban felelős fajok a *C. jejuni*, majd ezt követi a *C. coli* és a *C. lari*. Más *Campylobacter* fajok is ismertek, melyek humán fertőzést okoznak, de számuk alacsony. A WHO (World Health Organization) adatai szerint globálisan a hasmenéssel járó megbetegedések 5-14%-át *Campylobacter* fajok okozzák.

Hazai és nemzetközi viszonylatban is a lakosság nagyon keveset tud a *Campylobacter* okozta megbetegedésekről. Bár a megbetegedések száma jelentős, a mai napig nem készült a - *Salmonella* eredetű megbetegedések csökkentéséhez hasonlóan - a *Campylobacter* fertőzés megakadályozására irányuló program. A Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal a lakosság informálására tájékoztató anyagot készített „Kérdezz-felelek a *Campylobacter* okozta megbetegedésekről" címmel, mely jelzi a téma jelentőségét.

***Campylobacter jejuni* jellemzése**

A *C. jejuni* spórákat nem képző, 0,2-0,8 µm széles és 0,5-8,0 µm hosszú baktérium. A *Campylobacter*ek (campylo=hajlott) csavart, vessző vagy két-három baktériumból álló, rövid S alakú láncokat formáló, Gram-negatív baktérium. Egyik vagy mindkét végükön rendszerint egy-egy csillója van, friss tenyészeteikben élénken mozog. Mikroaerofil, tenyésztése csökkentett mennyiségű (3-6%) oxigént és 5-10% CO_2-ot tartalmazó légteret igényel. Biokémiailag jellemző rá az oxidáz- és a kataláz-pozitívitás, a nalidixinsav-érzékenység, valamint a hippurát és az indoxil-acetát hidrolizáló képesség. A *Campylobacter* fajok többsége szaprofita, egyesek azonban fakultatív patogének.

A *C. jejuni* növekedéséhez szükséges optimális hőmérséklet 42°C, valamint pH = 6,5-7,5. Jellemző rá, hogy 2% NaCl jelenlétében és 25°C-on nem növekszik. A *C. jejuni* és a *C. coli* termofil baktériumok. Alacsony hőmérsékleten nem szaporodnak. A hűtést és fagyasztást heteken, hónapokon keresztül kibírják. A *C. jejuni* érzékeny a hőmérsékletre. A hőmérséklet emelkedésével a mikrobák gyors pusztulása érhető el. A *C. jejuni* tizedelési ideje 50°C-on 1-6,3 perc, 55°C-on 0,6-2,3 perc, 60°C-on pedig 0,2-0,3 perc. Az ellenálló képessége kicsi, a napfény gyorsan elpusztítja, érzékeny a levegő oxigénjére. A hétköznapi kereskedelemben kapható fertőtlenítőszerek hatására perceken belül elpusztul.

A *C. jejuni* és a *C. coli* törzsek a sejtfalból kivont hőstabil antigénjeik alapján, ez ideig legalább 66 szerocsoportba tartoznak. A *C. jejuni* és a *C. coli* törzsek besorolhatók hőlabilis antigénjeik alapján is, e szerint a rendszer szerint több mint 120 szerotípusuk ismert.

A *C. jejuni* infekciós dózisa kicsi, már 100-500 (egyes adatok szerint 10-100) sejt is megbetegedést okozhat. A kórokozó virulenciafaktorai és a betegség patomechanizmusa teljes részleteiben nem ismertek, de annak kialakulásában a kolonizációt segítő adhezinek, valamint a hámsejteket károsító citotoxikus hatású toxinok is szerepet játszhatnak.

Kampilobakterek esetén a mozgásképességet (flagellum), a tapadást (adhézió), az inváziót, a toxintermelést (enterotoxinok, citotoxinok), a sejtfelületi lipooligoszacharidokat és lipopoliszacharidokat, a kemotaxist, az oxidatív stressz elleni védekezést, az élő, de nem tenyészthető (viable but not-culturable = VBNC) formát, valamint a hősokkra adott válaszokat tekintik virulencia tényezőknek. A

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

kampilobakterek oxidatív stressz elleni védekező mechanizmusa a szuperoxid és a peroxid stressz elleni védekező rendszert foglalja magába. Az első védekező rendszer legfőbb komponense a szuperoxid-dizmutáz, míg a másiknak két fő eleme a kataláz és az alkil-hidroperoxid-reduktáz.

A termotoleráns *Campylobacter* fajoknál terjed az antibiotikummal szembeni rezisztencia. A nalidixsav-rezisztencia áll a vezető helyen, de a ciprofloxacinnal szemben is jelentős rezisztencia mérhető.

Campylobacteriosis (kampilobakteriózis) lefolyása emberben

A *Campylobacter* elsősorban az állatvilágban elterjedt kórokozó, de az általa okozott enterális fertőzések számos országban, így hazánkban is az emberben előforduló leggyakoribb bakteriális megbetegedések közé tartoznak.

A betegség állati eredetű táplálék (nem megfelelően sütött baromfi, sertés- vagy marhahús, nyers tej) révén, illetve tünetmentesen hordozó kutya, macska exkrétumával terjedhet. *Campylobacter* - és az *E. coli* – nagy számban okozza az „utazók hasmenését". A szájon át fertőző baktériumok először a vékonybelet kolonizálják, dús epetartalom mellett is jól szaporodnak. A hámsejtekbe penetrálnak, citotoxikus és enterotoxikus termékeik révén diffúz hasmenést váltanak ki.

A tünetek általában 3-5 (1-11) napos inkubációs időt követően jelentkeznek. A betegség leggyakoribb tünete a hasmenés, mely gyakran vizes, de lehet nyálkás, véres is. Ezen túl jelentkezhet hőemelkedés, láz, hasi fájdalom, rossz közérzet, hányinger és hányás is. A betegség 5-8 nap alatt lezajlik és (az esetek nagy többségében) csak tüneti kezelést (folyadékpótlás, lázcsillapítás) igényel. A szövődmények ritkák, a betegség alatt ízületi gyulladás felléphet. Ritka szövődménye lehet a polyneuropathia (Guillain-Barre szindróma) vagy a hemolitikus urémiás szindróma (HUS). A halálozás igen ritka. A beteg a kórokozót 2-3 héten keresztül is ürítheti. A *C. jejuni* antibiotikumokkal szembeni rezisztenciája terjedőben van. Az antibiotikumok közül a fluorokinolonok és az erythromicin elleni rezisztencia kialakulása érdemel említést, melyek az utóbbi időben egyre kedvezőtlenebb tendenciát mutatnak világszerte. Oka, hogy a gasztrointesztinális megbetegedéseket gyakran előzetes vizsgálatok nélkül fluorokinolonokkal kezelik, mely antibiotikumot egyes országokban a baromfi kezelésére is alkalmazzák, ezzel elősegítik a rezisztens törzsek kialakulását. A kampilobakteriózis kezelése alapvetően palliatív jellegű, de súlyosabb tünetekkel járó megbetegedés esetén, előzetes antibiotikum rezisztencia vizsgálatok után, antibiotikum kezelés javasolt.

A kórokozó termofil jellegével összefüggésben az emberi megbetegedések többsége a nyári időszakban alakul ki. Főként gyerekek (4 év alattiak) esetén gyakori. Az epidemiológiai adatok szerint 15-24 éves korosztály között gyakrabban előfordul, mint az egyéb korcsoportokban. A férfiaknál a fertőződés veszélye nagyobb, mint a nőknél.

Kampilobakteriózis lefolyása különböző állatfajokban

A *C. jejuni* és a *C. coli* a bélflóra normális összetevőjének tekinthető, természetes viszonyok között is nagyszámban megtalálható a madarak, a sertés és más állatfajok

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

bélcsatornájában, ahonnan ürülnek, s a szalmonellákhoz hasonlóan bejuthatnak a természetes vizekbe, tejbe, nyers állati eredetű élelmiszerekbe. A *C. jejuni és C. coli* megtalálhatóak a szarvasmarha, a juh, a sertés, a macska, a kutya, rágcsálók, állatkerti emlősök és madarak, tenyésztett baromfifajok és vadon élő madarak bélcsatornájában. A bélsárral ürülve kikerülnek a környezetbe, ahol a vízzel, a takarmánnyal a szájon át fertőznek, ami nem jár betegséggel.

Juhokban és szarvasmarhákban vetélést okozhatnak. Előidézhetnek újszülött borjakban hasmenést, fejőstehenekben mastitist. Ilyenkor a kórokozó tartósan ürül a tejjel, ezért a nyers tej elfogyasztása az emberben *Campylobacter*-enteritis kialakulásához vezethet. A *C. jejuni* felelős a szarvasmarhák enyhe vékonybélgyulladással, vízszerű hasmenésével járó ún. téli hasmenésének. A *C. jejuni* a *C. fetus* subsp. *fetus*hoz hasonló vetélést okozhat juhokban. A fertőződés bekövetkezhet a szájon át és a nemi úton, fedeztetéssel vagy fertőzött ondóval, inszeminálásnál használt eszközök által. A vemhes anyákban a kórokozó a bélcsatornából a vérpályán át a magzatba kerülhet, ahol vetélést okozhat. Tömeges lehet a vetélés ott, ahol az először vemhes anyákat már többször ellett állatok közé helyezik. A kórokozó a fertőzött egyedek hüvelyváladékából hónapokig kimutatható. A fertőződés egyetlen tünete a vetélés, ami rendszerint a vemhesség utolsó 6 hetében következik be, vagy pedig legyengült, legrosszabb esetben elhalt bárány születik rendes időre.

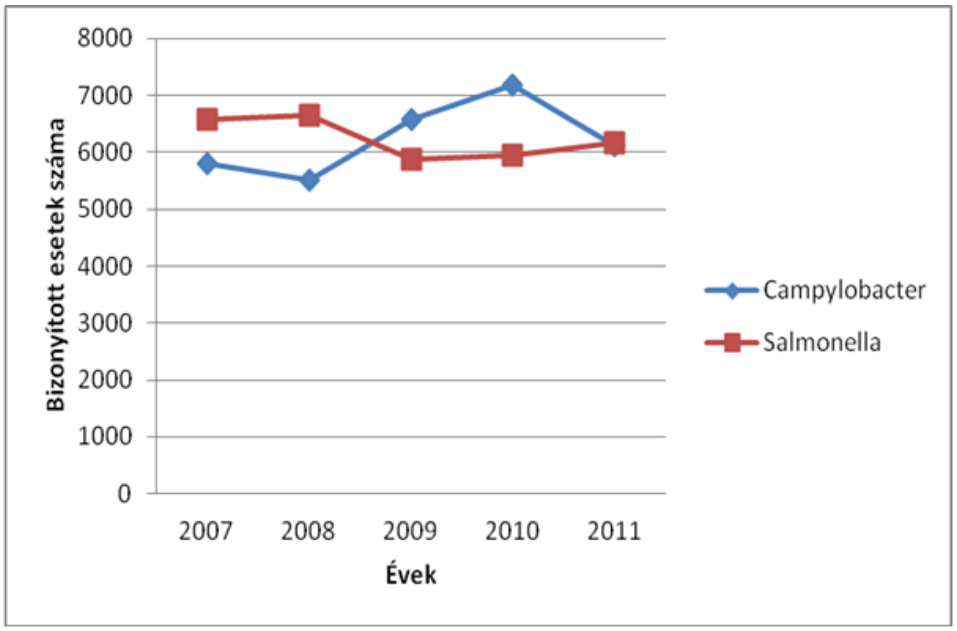
A sertések bélcsatornájából gyakran izolálható *C. coli*, ritkábban a *C. jejuni* is. A sertés-dizentéria előidézésében szerepük nincs. A *C. jejuni, C. coli* kutyában, macskában, alkalmanként nyulakban, tengerimalacokban és egyéb rágcsálókban okozhatnak néhány napig tartó, vízszerű hasmenést okozó tüneteket. A betegség néhány nap alatt önmagától gyógyul.

A *C. jejuni* a madarakban szeptikémiával járó májgyulladást okozhat. A *C. jejuni* a madarak bélcsatornájának természetes lakója, de a bélből eljuthat a májba, majd a vérkeringésbe. A májban szaporodása során gyulladásos, elhalásos gócokat hoz létre. Tünetei a tojásrakás első harmadában figyelhetők meg. A betegség a tojásrakás gyakoriságának 5-15%-os csökkenésével kezdődik. A tojók bágyadtak, enyhe hasmenésük van. Elhullás aránya 5% alatti. A tünetek antibiotikumok etetésével néhány nap alatt megszüntethetők. A *C. jejuni* a tojásba nem jut be, a napos csibék fertőzésmentesek.

Az élelmiszer közvetítette kampilobakteriózis előfordulása

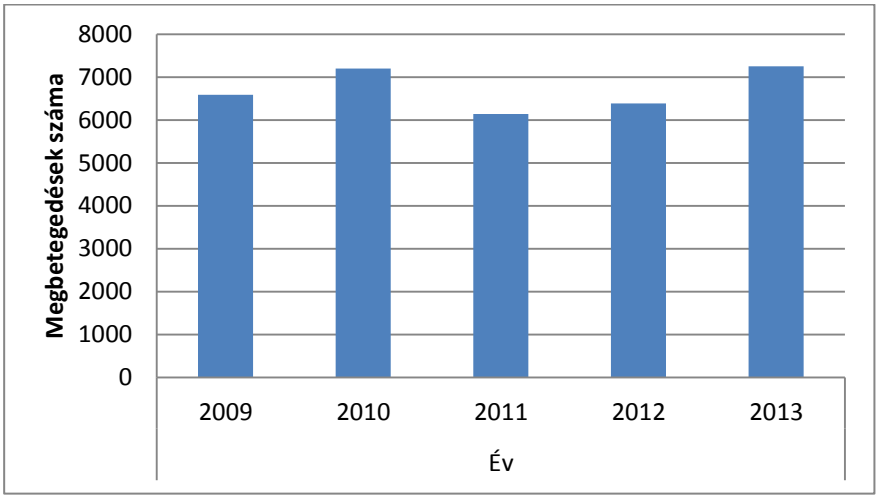
Az enterális bakteriális fertőző megbetegedések jelentős többségét (98,8%-át) két zoonózis, a kampilobakteriózisés a szalmonellózisok tették ki. Magyarországon 2013-ban a szalmonellózis előfordulása csökkent (12,7%-kal), ám a kampilobakteriózisé pedig tovább emelkedett (13,6%-kal) az előző évhez képest. A 2007 és 2008 közötti időszakban Magyarországon a *Salmonella* esetek száma magasabb volt a *Campylobacter* esetek számánál. 2009 óta a *Campylobacter* esetek száma Magyarországon is megnövekedett (13.1. ábra).

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE



13.1. ábra: *Salmonella* és *Campylobacter* bizonyított esetek számának alakulása 2007 és 2011 között Magyarországon. (EFSA – ECDC, 2013)

2013-ban egyértelművé vált a kampilobakteriózis vezető szerepe az enterális bakteriális fertőző betegségek csoportjában. 2013-ban 7250 kampilobakteriózis (7247 megerősített és három valószínűsített) megbetegedést jelentettek, 13,6%-kal (866 megbetegedéssel) többet, mint az előző évben (6384). A betegség következtében 2013-ban egy személy meghalt.



13.2. ábra: Bejelentett kampilobakteriózisos megbetegedések száma Magyarországon 2009 és 2013 között. (OEK, 2014)

2013-ban az izolált törzsek 81%-át nem tipizálták, a vizsgált törzsek 90,7%-a *C. jejuni*, 9,1%-a *C. coli*, 0,2% *C. lari* volt.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

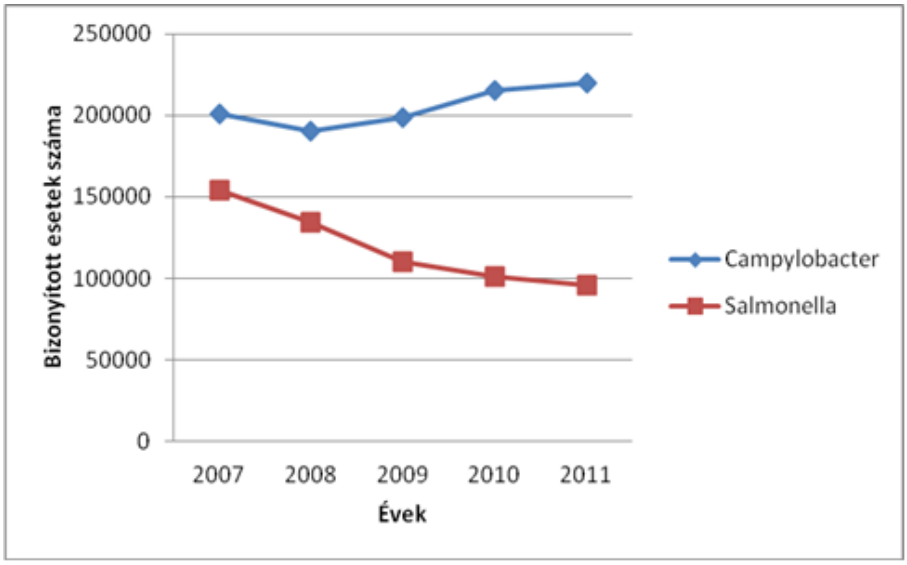
SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

2009 és 2013 között 6135 és 7250 között ingadozott a humán kampilobakteriózisos megbetegedések száma Magyarországon, a vizsgált öt év közül 2011-ben volt a legtöbb (93 eset (13.2. ábra).

Az EU 27 országában a kampilobakteriózis emberi megbetegedéseinek számát évente 9 millió főre becsülik, és az ebből adódó veszteségek kb. 2,4 milliárd Eurót tesznek ki. A humán megbetegedések egy részét a kontaminált brojlerhússal hozzák összefüggésbe. Az EFSA minden évben kiadja a tagállamok által összegyűjtött adatok alapján a zoonózis, zoonózis-kórokozókról és ételfertőzésekről szóló Európai Uniós összefoglalóját. Az EFSA által 2011. évben kiadott összesítés szerint a *Campylobacter* továbbra is a legelterjedtebb humán gasztroenterális megbetegedést okozó baktérium, egészen 2005 óta. Az EU trend a bizonyított kampilobakteriózisos esetekben 2008 és 2011 közötti években szignifikáns emelkedést mutatott. 2011–ben a humán kampilobakteriózis esetek száma (220 209) 2010-i évhez képest 2,2%-kal növekedett. Az Európai Unió *Campylobacter* okozta betegségek átlaga 50,28/100 000 lakos.

2011-ben Magyarországon a bizonyított kampilobakteriózisok száma az azt megelőző évhez képest csökkent. A bizonyított esetek átlaga 61,30/100 000 lakos, amely meghaladja az Európai Unió átlagát.

A 2007 és 2011 közötti időszakban az Európai Unióban a *Salmonella* esetek száma csökken a *Campylobacter* esetek számához képest (13.3. ábra). Ennek oka lehet az EU által bevezetett *Salmonella* gyérítési program.

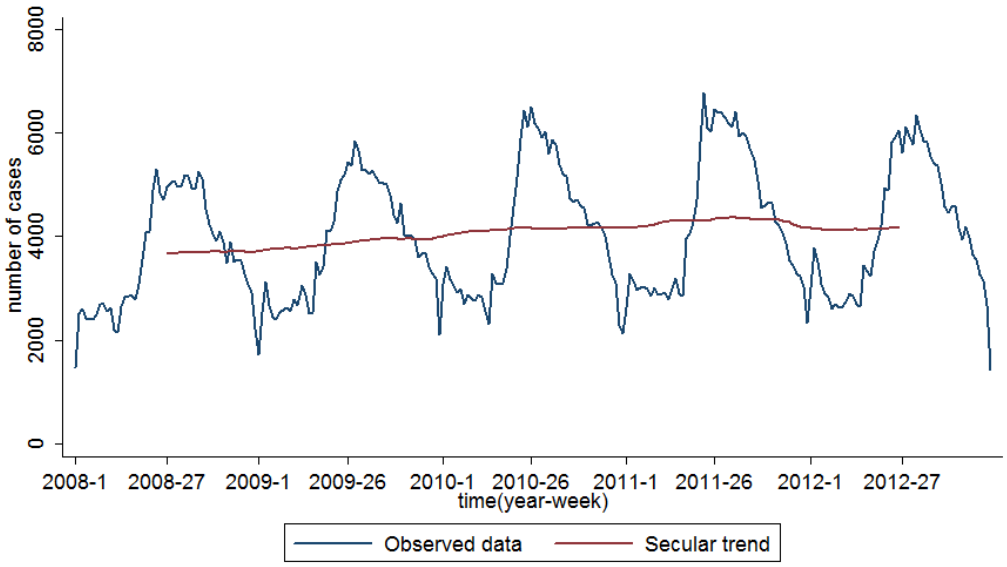


13.3. ábra: *Salmonella* és *Campylobacter* bizonyított esetek számának alakulása 2007 és 2011 között az EU-ban. (EFSA – ECDC, 2013)

Az EU-ban regisztrált kampilobakteriózisos megbetegedések számának alakulását 2008 és 2011 között növekedési trend jellemezte (13.4. ábra). 2012-ben 214 268 igazolt esetet jelentettek, mely 4,3%-os csökkenést jelent az előző évhez képest (2011-ben 220 209).

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE



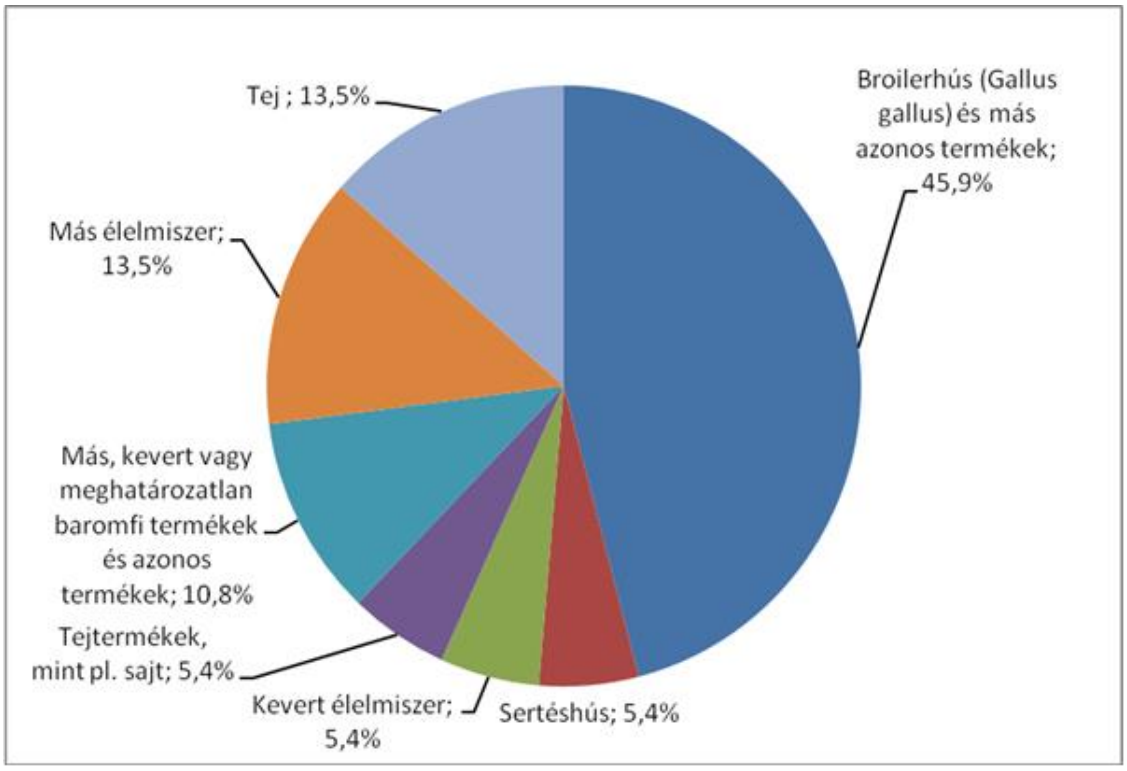
13.4. ábra: Bejelentett humán kampilobakteriózisos megbetegedések számának alakulása az EU-ban 2008 és 2012 között. (EFSA – ECDC, 2014)

A *Campylobacter*-esetek száma 0-5 év közötti gyermekek körében a legmagasabb. Ez az adat megegyezik az Európai Unióban és Magyarországon. A viszonylag nagy szám annak tulajdonítható, hogy a szülők a gyerekeket – félve a hányás, hasmenés okozta kiszáradástól – orvoshoz viszik, ahol azok regisztrációja minden esetben megtörténik. A *Campylobacter*-esetek jellemzően sporadikus megbetegedések. Általában magánháztartásokban, családi megbetegedésként jelentkeznek, ritka a közösségi megbetegedés. A *Campylobacter*-fertőzéseknél megfigyelhető a szezonalitás. A legtöbb eset május és október közötti időszakra esik, míg a téli hónapokban számuk csökken. Ez a szezonalitás az élelmiszerlánc vonatkozásában is levezethető.

Campylobacter-esetek a háztartásokban általában az élelmiszerek előkészítése során a keresztszennyeződésekből adódnak. Az élelmiszerek könnyen *Campylobacter* szennyezettek lehetnek, így pl. a hús, a nyers tej és tejtermékek. A hal és halászati termékek, és friss zöldségek nem jellemző élelmiszerforrások. *Campylobacter* megbetegedést okozhat a nem megfelelő hőkezelt élelmiszer is.

Az EFSA felmérése szerint a közvetlen élelmiszerrel összefüggésbe hozható *Campylobacter* esetek megoszlását az EU-ban a 13.5. ábra taglalja.

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE



13.5. ábra: *Campylobacter* megbetegedéssel összefüggésbe hozható élelmiszerek aránya. (EFSA – ECDC, 2013)

A *Campylobacter* okozta humán megbetegedések kivizsgálásával Magyarországon az Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat foglalkozik. 1998. január 1. óta a megbetegedés bejelentés köteles. Az egészségügyi szolgáltató köteles bejelenteni a fertőző betegeket vagy fertőző betegségre gyanús betegeket a fertőző betegségek és járványok megelőzése érdekében előírt járványügyi intézkedésekről szóló 18/1998. (VI. 3.) NM rendelet szerint. E rendelet szerint az ÁNTSZ a megbetegedést kivizsgálja, majd a közösségi, valószínűsíthetően élelmiszer okozta megbetegedés esetén értesíti az illetékes Élelmiszerlánc-biztonsági és Állategészségügyi Igazgatóságot. A szükséges intézkedéseket a két hatóság együtt teszi meg.

2008. évben az Európai Unió egy mindenre kiterjedő *Campylobacter* felmérést végzett, melyben a broiler-állományok és broilerhús fertőzöttségét derítették fel. 10132 broiler tétel 561 vágóhídról került mintavételezésre. A felmérés során a vágóhidakon vakbél-mintát és a hűtés utáni fázisban nyakbőr-mintát vettek. A vizsgálat eredményeként megállapításra került, hogy az Európai Unióban a broilercsirke állományok nagy része (71%) *Campylobacter*-rel fertőzött.

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

14 Mikotoxinok

A mikotoxin a görög „mukes” (gomba) és a latin „toxin” (méreg) szavakból alkotott kifejezés. A mikotoxinok a fonalas gombák mérgező másodlagos anyagcseretermékei (szekunder metabolitok), a makroszkópikus termőtesttel rendelkező gombák által termelt mérgeket viszont nem soroljuk a mikotoxinok közé. A mikotoxinok mutagén, karcinogén, teratogén hatásúak, illetve rendelkezhetnek adott szervre ható toxicitással. A mikotoxinok között a legmérgezőbb az aflatoxin. Mind az emberek által elfogyasztott élelmiszer, mind az állati takarmány tartalmazhat mikotoxinokat.

A mikotoxinnal szennyezett élelmiszerek elfogyasztásának következményei már az ókorban is ismertek voltak, hiszen az ergotizmus tüneteinek leírása már az Ótestamentumban is szerepel. A VIII. – XVI. század közötti „Szent Antal tüze” néven emlegetett járványokat szintén az ergot alkaloidokkal szennyezett gabona, illetve az abból készült kenyér fogyasztása váltotta ki. Az első mikotoxint, az aflatoxin B1-et Angliában írták le 1960-ban, ahol egy pulykafarmon több mint 100 000 pulyka pusztult el szennyezett földimogyorót tartalmazó takarmány elfogyasztása után.

Az aflatoxinok, fumonizinek, és ergot alkaloidok akut mikotoxikózisban is szerepet játszhatnak. Az élelmiszerekben és takarmányokban előforduló legfontosabb mikotoxinok közé tartoznak az aflatoxinok, az ochratoxin, a trichothecének, fumonizinek, a zearalenon és a patulin. Ezek közül néhány, például az aflatoxinok, a DON (deoxinivalenol) és az ergot toxinok már a termesztés során, a betakarítást megelőzően is képződhetnek. Mások, például a fumonizinek és az ochratoxin főként a tárolás alatt jelennek meg.

A fonalas gombák által termelt mikotoxinok nemcsak a gombák micéliumában, vagy spórájában, hanem a gomba növekedését biztosító tápközegben (élelmiszer) is jelen lehetnek. Termelődésüket számos tényező befolyásolja. Meghatározó szerepe van a környezeti paramétereknek (hőmérséklet, páratartalom), a tápközeg (élelmiszer) összetételének (vízaktivitás, tápanyagtartalom), a környező kompetitív mikoflóra összetételének és aktivitásának, stb. A mikotoxint termelő gombák széles hőmérsékleti (~ 10 - 40 °C), és pH= 4 - 8 tartományban képesek növekedni, az ehhez szükséges minimális vízaktivitás (a_w) pedig nagyon alacsony, mindössze 0,7. A mikotoxin termeléshez szükséges értékek azonban általában nem mozognak ilyen széles tartományban.

A mikotoxikózisoknak mind akut, mind krónikus formájuk ismert. Akut toxikózist az aflatoxinok, a fumonizinek és az ergot alkaloidak esetében írtak le. A tünetek között hányás, hasmenés, egyéb gasztroenterális tünetek fordulhatnak elő, sőt az ilyen toxikózisok halálosak is lehetnek. A mikotoxinok krónikus formáiban karcinogén, mutagén, immunszupresszív és ösztrogénszerű hatások is szerepelhetnek. A hormonrendszert befolyásolja az ösztrogén receptorokhoz kötődő zearalenon, a trichotechének (DON, T2) immunszupresszív hatását is bizonyították. A krónikus tünetek között előfordul továbbá fontos szervek károsodása, betegségekkel szembeni fogékonyság növekedése, az állatok esetében csökkent termékenység, és kisebb

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

szaporulat. A fertőzött élelmiszerekben általában többféle mikotoxin található, melyek egymás hatását felerősítik (szinergista hatás).

A mikotoxinok kémiai felépítése jelentősen eltér az élelmiszermérgezésekben szerepet játszó, makromolekuláris (polipeptid, fehérje, illetve lipopoliszacharid) természetű baktériumok termelte toxinoktól. A mikotoxinok viszonylag kis molekulatömegű, komplex szerkezetű vegyületek. Bár számos mikotoxint termelő penészt ismerünk, az *Aspergillus*, a *Penicillium* és a *Fusarium*nemzetség fajai a legfontosabbak.

A mikotoxint termelő gombák többféle növényi terményt megfertőzhetnek (pl.: olajos magvak, gabonaszemek, kávé, fűszerek, gyümölcsök), és a termelődő mikotoxinok megtalálhatóak italokban (bor, sör és gyümölcslevek), állati termékekben (tej, hús, zsír), továbbá állati takarmányokban és a legeltetés során elfogyasztott növényekben is. A mikotoxin tartalom csökkentésének legeredményesebb módja a mikotoxinogén gombák fertőzésének és szaporodásának megakadályozása a termelés, betakarítás és a tárolás folyamán (GAP, GMP), illetve a termékek mikotoxin tartalmának ellenőrzése.

14.1 Az *Aspergillus* nemzetség fajai által termelt mikotoxinok

14.1.1 Aflatoxin

Az aflatoxinok nemcsak a legnagyobb toxicitású, hanem egyben a legjobban tanulmányozott, és az elsőként leírt mikotoxinok is. Több mint 100 000 broiler pulyka pusztult el egy angliai pulykafarmon 1959-ben a rejtélyes X-kórban. Később bebizonyították, hogy az állatok pusztulásáért a fehérje kiegészítőként használt, földimogyoró liszt volt a felelős, amely valamilyen mérgező szennyezőanyagot tartalmazott. A mérgező takarmányból *Aspergillus flavus* gombát tudtak kitenyészteni, ezért az általa termelt toxint aflatoxinnak nevezték el. A mérgező termék ultraibolya fényben intenzíven fluoreszkált.

Az aflatoxin poliketid típusú szekunder metabolit. A hat legfontosabb aflatoxin típus a kéken (blue) fluoreszkáló B1 és B2, a zölden (green) fluoreszkáló G1 és G2, valamint a zölden és zöldeskéken fluoreszkáló M1 és M2. Az utóbbi kettő az aflatoxin B1 és B2 formáknak az állati szervezetben hiroxilálódott formája, mely a tejben, a vizeletben és az ürülékben található. A különböző formák közül az aflatoxin B1 a legmérgezőbb, ezt követik (toxicitásuk mértékének csökkenésével) az M1, G1, B2, M2 és G2.

A két legfontosabb aflatoxint termelő faj a trópusi és szubtrópusi vidékeken gyakori *Aspergillus flavus* és az *A. parasiticus*.További aflatoxint termelő fajok az *A. nomius,* az *A. pseudotamarii* és az *A. ochraceoroseus*. A betakarítást követő, nem megfelelő tárolási körülmények, vagyis a magas páratartalom és a magas hőmérséklet elősegíti a terményeken a gombák gyors felszaporodását. Az *A. flavus* és az *A. parasiticus* toxintermeléséhez a 24 – 28 °C-os hőmérséklet a legoptimálisabb. Az endofita módon növekedő aszpergilluszok a növény számára stresszes körülmények között (pl.: aszály) már

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

a termesztés során, a betakarítást megelőzően is képesek aflatoxint termelni. Ugyanakkor a gomba növekedését nem minden esetben kíséri aflatoxin termelés.

Az aflatoxinok rendkívül mérgező, mutagén, teratogén és karcinogén vegyületek, az IARC (International Agency for Research on Cancer = Nemzetközi Rákkutató Ügynökség) által az első csoportba sorolt (Group 1), vagyis bizonyítottan humán rákkeltőek. Az aflatoxin mérgezés lehet mind akut, mind krónikus formájú. Az akut májkárosító (hepatotoxikus) hatás eredményeként a máj lézióját okozza, alultáplált egyénekben halálos kimenetelű mérgezést okozhat. Indiában 1974-ben 1000 embert érintő, közel 100 személy esetében halálos kimenetelű aflatoxin mérgezés történt. A mérgezésben szerepet játszó élelmiszer a penészes kukorica volt, akárcsak a 2004-ben, a kenyai aflatoxikózisban. Utóbbiban a 317 beteget érintő mérgezésből 125 volt halálos kimenetelű. Az halálos mérgezések alapján az aflatoxin humán LD_{50} értéke a kutyáknál (5 – 7 mg/ttkg), a patkányoknál 0,5 – 1 mg/ttkg meghatározott értékek közé esik. Az aflatoxin közvetett bizonyítékok alapján humán karcinogén hatású, mivel a trópusi afrikai országokban a hepatitisz B vírussal együtt szerepe van a hepatocelluláris karcinóma kialakulásában. A toxin a májsejtek magi és mitokondriális DNS-éhez kötődik, aminek következtében számos pontmutáció keletkezik a genomban.

Az aflatoxin számos fontos mezőgazdasági terményben előfordulhat. A legveszélyeztetettebbek a magas olajtartalmú növények, vagyis az olajos magvak (földimogyoró, szójabab, napraforgó mag, gyapotmag), illetve a héjas gyümölcsök (mandula, pisztácia, dió). Gabonák közül a kukorica a leginkább említésre méltó, de kimutatták már a toxint a cirok, a gyöngyköles, a rizs, a búza terméséből is. Fűszerek közül sokszor a chiliben, valamint a borsban fordul elő, de a koriander, a kurkuma és a gyömbér is szennyezett lehet. Mind az emberi, mind az állati tejben, illetve a különböző tejtermékekben (például vaj) is kimutatható, ami komoly veszélyt jelenthet a főként tejet fogyasztó gyermekek számára. A tejbe az aflatoxin a szennyezett élelmiszer, illetve takarmány elfogyasztását követően kerül be.

A FAO/WHO ajánlása szerint az aflatoxin B1 megengedett értéke az élelmiszerekben 5 μg/kg, míg az aflatoxin M1 megengedett értéke tejben mindössze 0,05 μg/kg.

14.1.2 Ochratoxin

Számos hasonló szerkezetű pentaketid származék tartozik az ochratoxinok közé. Ezek közül a legjobban ismert, és egyben a legtoxikusabb forma az ochratoxin A. Az ochratoxint tekintik a második legfontosabb mikotoxinnak, mivel mind a trópusi, mind a mérsékelt égövön gyakran és számos növényi terméken fordul elő. Mi több, ez az emberi vérből leggyakrabban kimutatott mikotoxin.

Számos *Aspergillus* és *Penicillium* faj képes ochratoxin A-t termelni. Közülük a trópusi égövön az *Aspergillus ochraceus*, a mérsékelt égövön a *Penicillium verrucosum* a legfontosabb. A toxint először *A. ochraceus* süllyesztett tenyészetéből izolálták 1965-ben. Az *A. ochraceus*-t a közelmúltban két fajra választották szét: *A.*

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

ochraceus-ra és *A. westerdijkiae*-re, melyek közül mindkettő képes jelentős mennyiségű ochratoxint termelni. Az *Aspergillus*ok Nigiri szekciójába tartozó fajok közül az *Aspergillus carbonarius* a legismertebb toxintermelő faj, de az *A. lacticoffeatus* és az *A. sclerotioniger,* továbbá számos más faj (e.g. *A. cretensis*, *A. flocculosus*, *A. pseudoelegans*, *A. roseoglobulosus*, *A. sclerotiorum*, *A. sulphureus*) is képes ochratoxin A-t termelni. Az aszpergilluszokon kívül az élelmiszerekben és a takarmányokbana *Penicillium verrucosum* és a *Penicillium nordicum* ochratoxin termelő szerepe a legjelentősebb. A tárolt gabonán főként a *P.verrucosum*, míg a hústermékeken (például szalámin és sonkán) a *P. nordicum* toxintermelése okoz egészségügyi problémát.

Az ochratoxin A bizonyítottan vese és májkárosító, teratogén, karcinogén és neurotoxikus hatású. Humán járványtani vizsgálatok alapján az ochratoxinnak szerepe van a humán nefropátia kialakításában (balkáni endémikus nefropátia, tunéziai nefropátia). Ochratoxin A-t az IARC a 2B csoportba, vagyis a lehetséges humán karcinogének közé sorolja. A toxinnal szennyezett élelmiszerek közül a gabonanövények (búza, kukorica, zab árpa) képviselik a legjelentősebb beviteli forrást. A borok, a must, a szőlőlé, valamint a mazsola ochratoxin A tartalma szintén jelentős lehet. A toxin nemcsak a tárolás során képződhet, hanem a frissen betakarított terményekben is megjelenhet. A gabonaféléken kívül megtalálható a kölesben, a kakaó-, kávé- és szójababon, a sörben, citrusfélékben, brazil dión, penészes dohányban, fűszerekben, fügében, olívában, és különböző szárított gyümölcsökben. Állatokban, illetve állati eredetű termékekben is megtalálható, főként a sertésből készült termékekben (kolbász, máj, hús és sonka). Zsírban oldódó vegyületként a szennyezett takarmánnyal bekerülő toxin felhalmozódik az állati szövetekben. Másrészről a hosszú érlelésű sonkák felületén megtalálható penészek is termelhetnek ochratoxin A-t.

Az elfogadható napi beviteli érték (acceptable daily intake – ADI) oxhratoxin A-ra 1,5 ng/ttkg. Az élelmiszerekben megengedett maximális toxintartalom pedig az Európai Unióban 5 μg/ttkg.

14.2 A *Penicillium* nemzetség fajai által termelt mikotoxinok

Európában a különböző gyümölcsök (pl. narancs, citrom, grapefruit, alma) és más élelmiszerek (pl. lekvárok, kenyér, pékáruk) romlásában inkább a *Penicillium* fajok játszanak szerepet. Néhány *Penicillium* fajt (pl. *P.roquefortii*, *P. camembertii*) a különleges, penészes érlelésű lágy sajtok előállításában használják fel.

14.2.1 Patulin

A patulin kémiai szerkezetét tekintve poliketid típusú mikotoxin, melyet 1942-ben még potenciális antibiotikumként tartottak számon. Számos penicillin faj (pl. *P. claviforme, P. expansum, P. patulum*), továbbá néhány aszpergillusz (*A. clavatus, A. terreus*), *Byssochlamys* (*B. nivea* and *B. fulva*) és *Paecilomyces* faj képes a termelésére.

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Megjelenhet az almában, a körtében, továbbá a belőlük készült élelmiszerekben (gyümölcslevek, cider). Előfordulhat továbbá banánban, ananászban, szőlőben és barackban is.

A patulin termelő fajok közül a *P. expansum* és a *P. patulum* széles hőmérsékleti tartományban (5–20°C) képes növekedni a_w> 0.83 - 0.81 vízaktivitás esetén, és a gyümölcsökre jellemző savas körülmények között is stabil.

A toxin befolyásolja a gasztrointesztinális szöveteket, az immunrendszert, vese- és májkárosító, továbbá genotoxikus hatású. A kérődzőknél jellegzetes neurotoxikus tünetek jelentkeznek, és a bendő mikroflóráját pusztító antibiotikus hatása következtében akár halálos kimenetelű lehet a toxinnal szennyezett takarmány fogyasztása. A gyümölcslevek és alkoholos italok megengedett toxintartalma 50 µg/ml az Európai Unióban.

14.2.2 Citrinin

A citrinint *Penicillium expansum, Penicillium citrinum*, *Penicillium viridicatum*, továbbá más nemzetségek (*Aspergillus* és *Monascus*) fajai is képesek termelni. Kimutatható rizsből (sárga rizs betegség), penészes kenyérből, házi érlelésű sonkákból, búzából, zabból, rozsból, gyümölcsökből, kukoricából, sajtokból, továbbá étrendkiegészítőkből. Állatokon nefrotoxikus és teratogén hatású. Valószínűleg szerepet játszik a sertések nefropátiájának, valamint az embereket érintő balkáni endémikus nefropátia kialakításában.

14.3 A *Fusarium* nemzetség fajai által termelt mikotoxinok

A fuzárium fajok nemcsak a betakarítást követően, a tárolás során károsíthatják a terményt, hanem szántóföldi kórokozóként is jelentős károkat okozhatnak. Ráadásul számos faj egyszerre többféle mikotoxin termelésére is képes. Alapvetően kétféle, (i) ösztrogén hormonszerű (zearalenon), és (ii) nem ösztrogénhatású mikotoxinokat termelhetnek.

14.3.1 Zearalenon

A zearalenon és alkoholos származéka, a zearalenol ösztrogénhatású vegyületek, melyeket a *Fusarium graminearum* (*Gibberella zeae*) mellett több faj (*F. culmorum, F. cerealis, F. equiseti, F. crookwellense* és *F. semitectum*) is képes termelni. Ezek a gombák gyakran megtalálhatóak a talajban, és a gabonák fontos kórokozói. Európában főként a kukorica a leginkább érintett gabona, de a toxin kimutatható búzában, árpában, cirokban és szójatermékekben is.

A toxinnal szennyezett takarmány elfogyasztása állatok (sertés, tehén juh) esetében szaporodásbiológiai és ivarzási problémákat okoz. A sertések különösen érzékenyek a toxinra. A női nemi szervek (petefészek, méh) abnormális működését, a fiatal állatokban a vulva és az emlők duzzadását, illetve vemhesülési zavarokat okoznak. Az utódok kisebbek és torzultak lehetnek. A zearalenonnak és

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

származékainak szaporodásbiológiai és az utódokon jelentkező toxikus hatása mellet karcinogén, genotoxikus és immunotoxikus hatását is bizonyították.

14.3.2 Fumonizinek

A *Fusarium moniliforme* (teleomorf: *Gibberella fujicuori*) a fumonizinek fő termelője, de számos más faj (*F. sacchari, F. subglutinans, F. thapsinum, F. globosum*, *F. anthophilum*, *F. dlamini*, *F. napiforme*, *F. nygami*, *F. proliferatum*) esetében is bizonyították a mikotoxin képződését. Elsősorban szemes terményekben, azon belül is kukoricában lehetnek jelen. Szemes kukoricán kívül kimutatták kukoricalisztben, szárított kukoricadarában, szárított fügében, szárított gyógynövényekben, és tejben. Emberek esetében a nyelőcsőrák kialakulásával hozzák kapcsolatba. Állatok esetében, a fenti gombákkal fertőzött, toxinnal szennyezett takarmány elfogyasztása többféle betegség kialakulásában játszik szerepet. Lovaknál az agylágyulás (leukoencephalomalacia, vagy LEM), sertéseknél a mellvízkór és tüdővizenyő, baromfi esetében takarmánytoxikózis esetén bizonyították a fumonizinek kóroktani szerepét. Valószínűsíthető humán karcinogén hatása (IARC 2B csoport). Állatokban vese és májkárosító hatású.

A fumonizinek közül humán- és állategészségügyi szempontból legfontosabb a fumonizin B1. A funonizinek a sejtmembránban megtalálható szfingolipid anyagcserét gátolják. A membránkárosodás végül a sejtek pusztulásához vezet.

14.3.3 Trichotecének

A trichotecének kémiai szerkezetüket tekintve szeszkviterpének, melyeket kémiai szerkezetük alapján négy csoportra (A, B, C, D) osztanak. Fuzáriumokon kívül egyes *Trichoderma*, *Trichotecium*, *Myrothecium*, *Stachybotrys* fajok is képesek termelésére. A legfontosabb, „A” csoportba tartoznak a T-2, HT-2, és a DAS (diacetoxi cirpenol), melyek rendkívül toxikusak. A T-2 emlős toxicitása például körülbelül tízszerese a „B” csoportba tartozó DON (deoxinivalenol), vagy nivalenon toxinnak. „A” csoportba tartozó trichotecének legfontosabb termelői a *F. sporotrichiodies* és a *F. poae*.

Trichotecének által kiváltott akut toxikózis esetében hasi fájdalmak, hányás, hasmenés, hidegrázás, fejfájás tünetek jellemzőek. Hatásukat tekintve immunszupressszívek. Gátolják a fehérje- és a nukleinsav szintézist, a mitokondrium működését, a sejtosztódást, és károsítják a membránokat. Növényekben és állatokban indukálják az apoptózist (programozott sejthalál). Trichotecénekkel szennyezett gabona elfogyasztása okozza az alimentáris toxikus aleukiát, mely a hányásos-hasmenéses, bélirritációval járó tüneteket követően anémia és aleukia kialakulásához, végül halálhoz vezet. A legsúlyosabb alimentáris toxikus aleukiát járvány 1942 és 1948 között a Szovjetúnióban több mint 100 000 ember halálát okozta.

A deoxinivalenol (DON) a trichotecének „B” csoportjába tartozik. A fuzáriumos gabonákban (búza, kukorica) leggyakrabban kimutatható, erősen fitotoxikus hatású trichotecén, melyet

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

főként *F. culmorum* és *F. graminearum* fajok termelnek. A sertéseken kiváltott hánytató hatása miatt vomitoxinnak, vagy takarmány visszautasító toxinnak is nevezik.

14.4 A *Claviceps purpurea* által termelt ergot toxinok

Bár az ergotizmus betegség a középkori leírások óta ismert, kór okát csak a XIX. század közepén fedezték fel. A betegség kiváltói a *Claviceps purpurea* növényi kórokozó által megfertőzött rozs kalászában kialakuló szkleróciumokban (anyarozs) termelődő ergot alkaloidok. Egyes *Penicillium*, *Aspergillus*, and *Rhizopus* fajok is termelhetnek ergot toxinokat. A napjainkban alkalmazott fejlett tisztító és malmi eljárásoknak köszönhetően rendkívül ritkán előforduló megbetegedés. Az ergotizmus jellemző tünetei kezdetben a láb és kézujjakban érezhető bizsergés („bizserkór”), majd az erős fájdalom, fejfájás, delírium, gangréna kialakulása és az érelzáródás.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású
egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

15 Élelmiszer eredetű paraziták

A protozoonok, a lapos- és hengeresférgek közé tartozó paraziták közül számos élelmiszer eredetű kórokozót találunk. Legtöbbjük terjedésében jelentős szerepet játszik mind a víz, mind a talaj, illetve közvetlenül, emberről emberre is terjedhetnek. A paraziták által kiváltott, élelmiszer eredetű megbetegedések közül Európában a trichinellózis és az echinococcosis a legjelentősebbek (6.1. ábra).

Az élelmiszer eredetű paraziták hatására különböző tünetek alakulhatnak ki. A *Cryptosporidium* spp., *Giardia intestinalis*, és *Cyclospora cayetanensis* által kiváltott gasztrointesztinális tüneteken kívül a fertőzés hatására jelentkezhet izomfájdalom, köhögés, bőrelváltozás (lézió), illetve előfordulhatnak idegrendszeri tünetek.

Az élelmiszer eredtű paraziták esetében többféle átviteli módot ismerünk. A *Cyclospora cayetanensis,* a *Cryptosporidium* és a *Giardia* szennyezett víz elfogyasztásával, vagy a szennyezett vízzel érintkező (pl. mosás) élelmiszerekkel kerül a szervezetbe. A *Toxoplasma gondii* esetében a fertőzött macska ürülékével szennyeződött élelmiszerek is fertőzőforrást jelentenek. Vannak olyan paraziták is, mint például a *Trichinella* és a *Sarcocystis* fajok, amelyek a nyers, vagy nem megfelelően hőkezelt húsok elfogyasztásával juthatnak be a szervezetbe. Az élelmiszerek igen széles köre szennyeződhet különböző parazitákkal, de ezek közül is a legfontosabbak a sertés, a szarvasmarha, a halak, rákok, csigák, békák, kígyók, valamint a vízinövények.

Az állai paraziták teljes fejlődésmenete több gazdához kötődik. A végső gazdában játszódik le a kifejlett (adult) egyedek ivaros szaporodása, míg a fiatal alakok (lárva, juvenilis alak) a köztesgazdában fejlődnek, és ivartalanul szaporodnak.

A paraziták nem tenyészthetőek mesterséges táptalajon, és az élelmiszerben sem szaporodnak. Kimutatásuk az élelmiszerekből, vagy a székletből dúsítást követően mikroszkóppal lehetséges, illetve léteznek immunológiai, és DNS alapú detektálási módszerek is.

15.1 Élelmiszer eredetű protozoonok

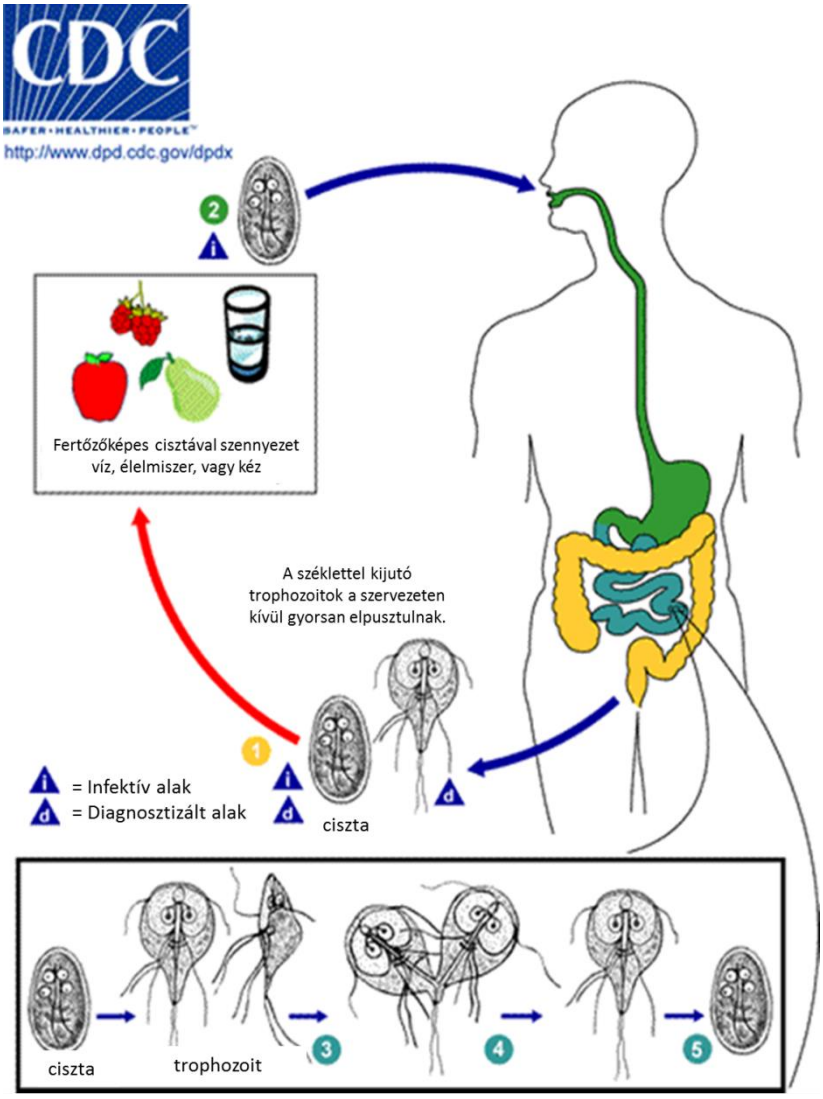
Az élelmiszer eredetű, illetve fertőzött vízzel terjedő, enterális tüneteket okozó Apicomplexa törzsbe tartozó protozoonok a *Toxoplasma gondii*, a *Cryptosporidium* fajok, a *Cyclospora cayetanensis*, a *Cystoisospora belli* és a *Sarcocystis* fajok. Más rendszertani csoportokba tartozik a *Giardia intestinalis* (flagellummal rendelkező, Diplomonad), illetve az *Entamoeba histolytica* (Amoebozoa). A közelmúltban Brazíliában a Chaga kórt okozó *Trypanosoma cruzi* orális terjedését is többször megfigyelték. Az *E. histolytica és a C. belli* kivételével mindegyik protozoonnak van állati rezervoárja.

15.1.1 Giardia intestinalis

A hasmenéses tünetekkel járó giardiasis betegséget kialakító kórokozó a *Giardia intestinalis* (syn. *G. duodenalis*, *G. lamblia*). A kórokozó fekál-orál fertőzési módon terjed. A vegetatív, trophozoit forma jellegzes, úgynevezett papírsárkány alakú sejtjei két sejtmaggal és nyolc csillóval rendelkeznek (15.1. ábra). A

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

ciszták (kitartó képletek) körte alakúak, 8-20 µm hosszúságúak, és 5-12 µm szélesek.



15.1. ábra: A *Giardia intestinalis* életciklusa. (Forrás: http://www.cdc.gov/dpdx/images/giardiasis/Giardia_LifeCycle.gif (Centers for Disease Control and Prevention), letöltés ideje:2014.12.16.)

Az élelmiszerekben és a vízben a kórokozó túlélő formája, a ciszta található meg, mely az ivóvíz fertőtlenítésére használt klórozást túléli, de forralással, vagy megfelelő sütéssel elpusztíthító. A ciszták szennyezett ivóvízzel, élelmiszerrekel, vagy fertőzött személlyel való kontaktus útján terjedhetnek. Bármilyen szennyezett vízzel érintkező élelmiszeren előfordulhatnak a ciszták (pl. saláta, szamóca). A ciszta nem megfelelő higiénia esetén fertőzött személyek kezéről is az élelmiszerre kerülhet. A szevezetbe került, ellenálló ciszta a duodenumban excisztálódik, a gyomor savas kémhatásának, és a vékonybélben található emésztőenzimeknek köszönhetően. A kiszabaduló trophpzoitok

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

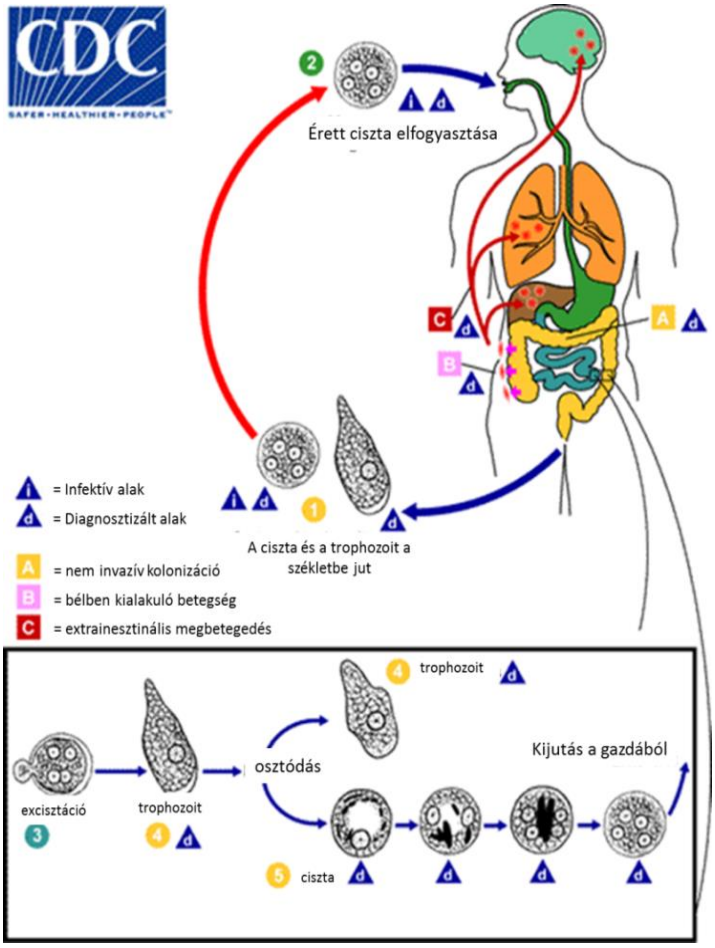
SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

a vékonybélben maradnak, és szívókorongjuk segítségével a bélfalra tapadnak. A táplálékot a bélüregből abszorpcióval veszik fel.

A klinikai tünetek megjelenéséhez 1-4 hét inkubációs időre van szükség. A ciszták a fertőzést követően 3-4 héttel jelennek meg a székletben. A fertőzöttek között lehetnek tünetmentes cisztaürítők, de súlyosabb esetekben több hónapig, vagy akár egy évnél is tovább tarthat hasmenéssel, hasi fájdalmakkal és émelygéssel járó klinikai forma is kialakulhat.

15.1.2 Entamoeba histolytica

Az amőbás vérhas (dizentéria) kórokozója az *Entamoeba histolytica*. A megbetegedésre jellemző, hogy a bélfal károsodik, de a kórokozó általában a bélben marad. Ismeretes azonban súlyos, gyakran halálos kimenetelű, extraintesztinális formája is. Leggyakrabban fekál-orál úton terjed a szennyezett vízzel és élelmiszerekkel, illetve a fertőzött, élelmiszerrel érintkező dolgozókról nem megfelelő higiénia esetén. Szegényebb országokban a betegség endémikus formában van jelen.



15.2. ábra: Az *Entamoeba histolytica* életciklusa. (Forrás: http://www.cdc.gov/dpdx/images/amebiasis/Amebiasis_LifeCycle.gif (Centers for Disease Control and Prevention), letöltés ideje: 2014.12.16.)

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

A kórokozó mitokondriummal nem rendelkező, oxigénigényét tekintve aerotoleráns, anaerob mikroba. Túlélő formája a ciszta. Az elfogyasztott ciszta excisztációjának helye a vékonybél. A székletbe kerülő, fertőzőképes újabb ciszták pedig a vastagbélben keleletkeznek (encisztáció) (15.2. ábra). Az *E. hystolitica* csak a bél mucosa rétegét bontja le, nem hatol be a sejtekbe. A kórokozó által termelt, adhéziós molekulák szintén fontos patogenitási faktorok.

A betegség tünetei 2-4 hetes inkubációt követően alakulnak ki és több hónapon keresztül tartanak. A legtöbb fertőzött azonban tünetmentesen esik át a fertőzésen. A betegség tünetei a vastagbél fekélye miatt a nyákos, véres, laza széklet. A láz nem jellemző. Előrehaladottabb esetekben a fertőzést követően néhány héttel súlyos hasmenés, hasi fájdalom és láz jelentkezik. Az *E. histolotica* fajtól nemrégiben elkülönített *E. dispar* invazív megbetegedést okoz, mellyben a vegetatív trophozoitok a bélfalon átjutva a vérárammal a májba, agyba, tüdőkbe kerülnek.

Az amőbás vérhasban szenvedő beteg akár napi ötvenmillió cisztát is üríthet. A mikroszkópos diagnosztika szempontjából fontos, hogy a trorophozoitákban vörösvértestek találhatóak, míg a nem patogén, a normális bélflóraalkotó *E. coli* esetében ezek hiányoznak.

15.1.3 Toxoplazmózis

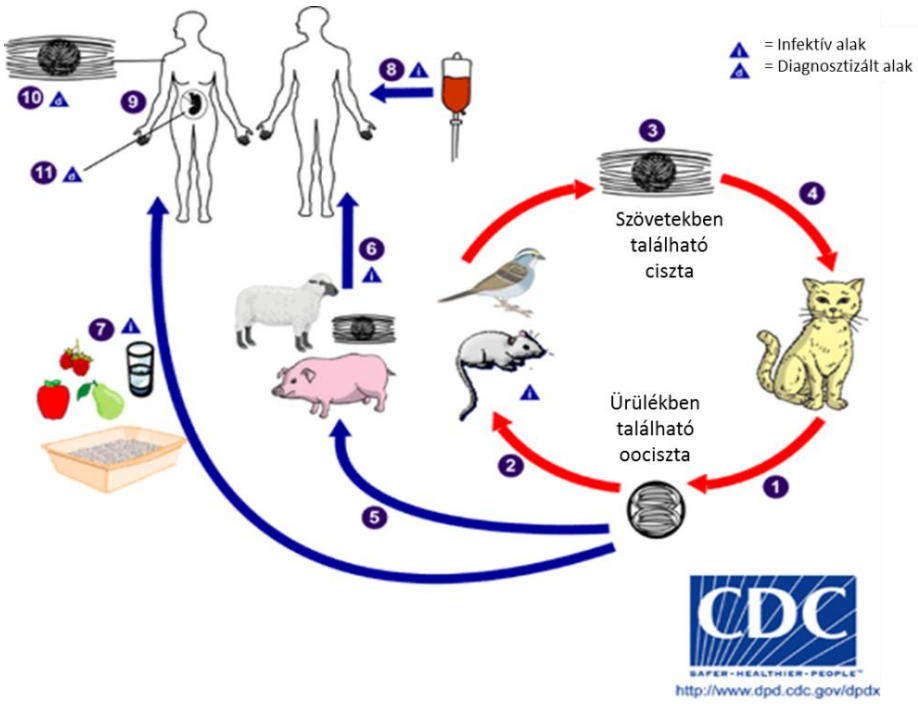
A toxoplazmózist az obligát intracelluláris parazita, a *Toxoplasma gondii* okozza. A *T. gondii* oocisztáinak elfogyasztása az egészséges felnőttekben nem alakít ki semmilyen tünetet, mert az encisztációt követően az immunrendszer a mikrobát megakadályozza a súlyosabb kórképek kialakulását, ekkor a mikroba látens állapotban található meg a szervezetben. Klinikai forma esetében láz, bőrkiütés, fejfájás, izomfájdalom és a fájdalom valamint nyirokcsomó duzzanat jelentkezik.

A kórokozó végső gazdája a macska, amelynek ürülékében található oociszták 48 óra alatt válnak fertőzőképessé, és több mint egy évig megtartják fertőzőképességüket. Az oocisztákkal többféle gerinces állat is megfertőződhet. A fertőzött egér elfogyasztása után a macskába jutó parazita sejtek szexuális szaporodásával zárul a fertőzési ciklus. A macska ürülékéből emberbe kerülő oociszták esetében akár már 100 bejutása is elegendő a klinikai tünetek kialakításához. Ezek közvetlenül bekerülhetnek a szervezetbe, illetve szennyezhetik az ivóvizet és az elfogyasztott élelmiszert. A kórokozó bekerülésének másik módja, a nem megfelelően hőkezelt, fertőzött hús (főként sertéshús) fogyasztása. A cisztákból az emésztőenzimek segítségével szabadulnak ki az aktív mozgásra képes formák (tachyzoiták). Ezek a bélfalon áthatolva gyorsan osztódnak, és a test különböző részeibe jutva alakíthatják ki a tüneteket. A protozoon sejtek aggregálódva (bradozoyták), védőburokkal körbevett cisztát képeznek, melyből a megfelelően működő immunrendszer megakadályozza a sejtek kijutását. A szövet sérülését követően, vagy az immunrendszer nem megfelelő működése esetén (pl. AIDS) a sejtek kiszabadulva újabb fertőzési folyamatot indíthatnak el (14.3. ábra). Ha az anya közvetlenül a terhesség előtt, vagy a terhesség alatt fertőződik meg első alkalommal, a kórokozó a placentán átjutva a magzatot súlyosan károsíthatja, ami vetéléshez, halvaszületéshez, vagy

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

újszülöttkori agyvelőgyulladáshoz vezethet.



15.3. ábra: A *Toxoplasma gondii* fertőzési ciklusa. (Forrás: http://www.cdc.gov/dpdx/images/toxoplasmosis/Toxoplasma_LifeCycle_BAM1.gif (Centers for Disease Control and Prevention), letöltés ideje: 2014.12.16.)

A toxoplazmózis megelőzésében fontos a fertőzött macskaürülékkel való érintkezés elkerülése, valamint a fertőzött és nem megfelelően hőkezelt, a cisztákban életképes sejteket tartalmazó hús fogyasztása. A *T. gondii* ciszták már 60°C-nál magasabb hőmérsékleten elpusztulnak.

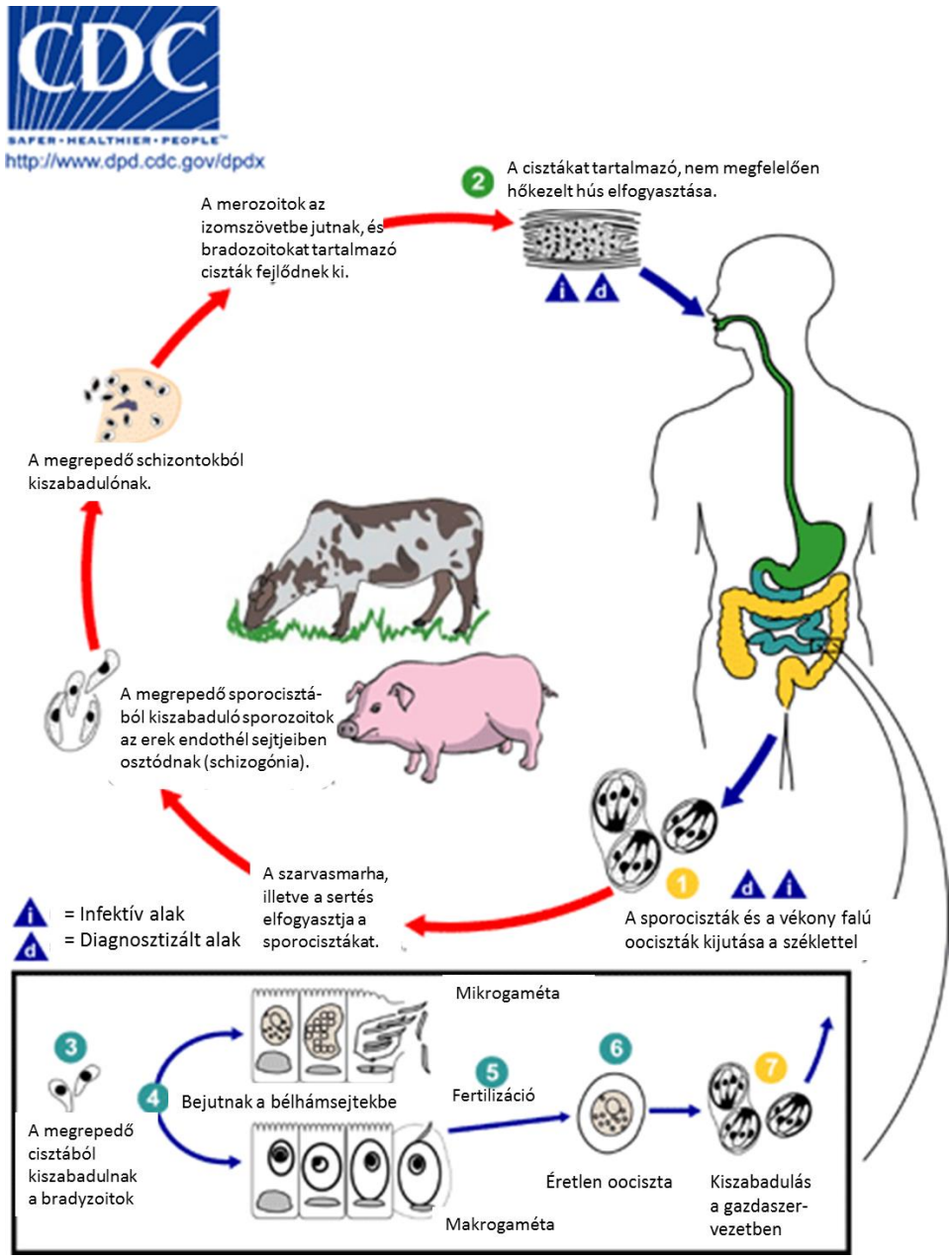
15.1.4 Szarkocisztózis

A *Sarcocystis* fajok kétgazdás paraziták. A végső gazdájukban (pl. ember, illetve ragadozó állatok) játszódik le az ivaros szaporodás, míg a növényevő köztes gazdák (pl. szarvasmarha, sertés) szöveteiben képződnek a kórokozó ivartalan cisztái. Az embert a szarvasmarha köztes gazdából bekerülő *S. hominis*, illetve a sertés köztesgazdából bejutó *S. suihomonis* fertőzi meg. A hányingerel és hasmenéssel járó tünetek általában enyhék. Magas hőmérsékleten a kórokozó elveszíti fertőzőképességét, ezért a fertőzés megakadályozható a sertés- illetve a marhahúsok alaposán átsütésével.

A szarkocisztákat tartalmazó, fertőzött hús elfogyasztását követően a bradyzoitok a vékonybélben szabadulnak ki. Az ivaros szaporodást követően a sporociszták a széklettel ürülnek a szervezetből. A szennyezett táplálékkal, vagy vízzel bekerülő sporocisztákból kiszabaduló sporozoitok a szarvasmarhákba, illetve a sertésekbe kerülnek, és ivartalan szaporodásukat követően a váz, illetve szívizomban

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

sporociszták képződnek (15.4. ábra).



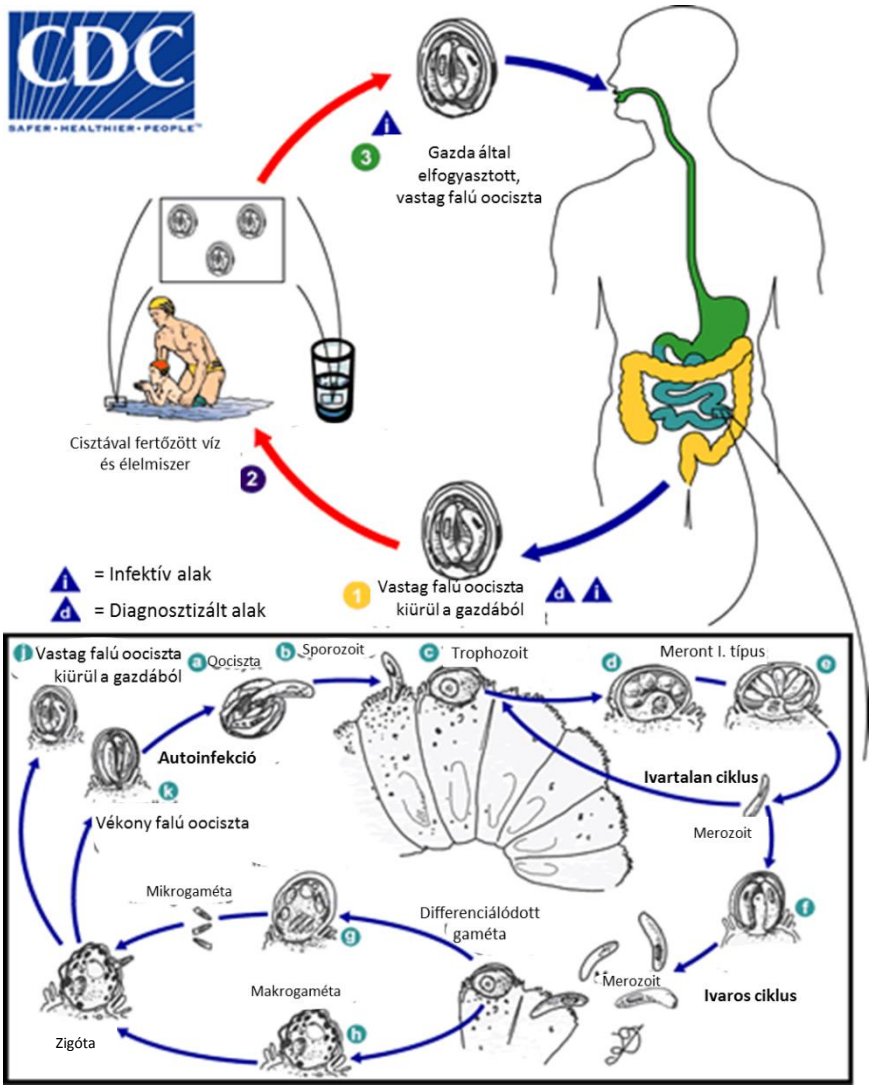
15.4. ábra: *A Sarcocystis hominis* és a *S. suihominis* életciklusa. (Forrás:http://www.cdc.gov/dpdx/images/sarcocystosis/Sarcocystis_LifeCycle_v3.gif (Centers for Disease Control and Prevention), letöltés ideje: 2014.12.16.)

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

15.1.5 Kriptosporidiózis

A *Cryptosoridium* fajok közül a *C. parvum* az ember mellett legalább negyven különböző emlőst, ezen kívül hüllőket és madarakat képes megbetegíteni. Ezen kívül a magdarakban található *C. meleagridis* is képes humán fertőzést kiváltani. Megbetegedést egészséges immunrendszerrel rendelkezőkben esetén ritkán okoz. A fertőzést követően 6-14 nappal 9-23 napig tartó hasmenés jelentkezik. A szervezet védekezőképességének csökkenésekor (pl. AIDS) azonban sokkal súlyosabb tünetek alakulnak ki: profúz, vizes széklettel járó hasmenés, amely akár napi 71 ürítéssel, és 17 liter folyadékvesztéssel járhat. A széklet nyákos, de vér csak ritkán figyelhető meg benne.



15.5. ábra: A *Cryptosporidium parvum* fertőzési ciklusa. (Forrás:http://www.cdc.gov/dpdx/images/cryptosporidiosis/Cryptosporidium_LifeCycle.gif (Centers for Disease Control and Prevention), letöltés ideje: 2014.12.16.)

A betegség terjedésében a fekál-orál útvonal a legjelentősebb. A legfontosabb fertőzőforrás az ivóvíz és az

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

uszodák vize. A legtöbb regisztrált esettel (403000) járó gasztrointesztinális megbetegedés is ehhez a kórokozóhoz kapcsolódik, ami 1993-ban Milwauke-ben (USA) tört ki. A fertőzés átvitelében élelmiszerek közül az almacider, a nyers zöldhagyma és a csirkesaláta érintettségét bizonyították eddig.

A *C. parvum* teljes életciklusa egy gazdában (ember, szarvasmarha, birka) játszódik le. A kórokozó obligát interacelluláris parazita. A vastagfalú oocisztából a vékonybélben szabadulnak ki a sporozoitok (excisztáció), amelyek a bélhámsejtek mikrovillusoaiba jutnak, majd a kopulációt követően kialakul a zigóta, ami újabb sejtekbe juthat be. A környezeti hatásokkal szemben ellenálló oociszták a széklettel ürülnek a környezetbe, és újabb gazdaszervezetet tudnak megfertőzni (15.5 ábra).

A magas hőmérsékleten, rövid ideig történő (high-temperature, short time -HTST) pasztőrizálás, a 60°C feletti hőmérséklet, valamint a -20°C alatti hőmérséklet képes elpusztítíni a *C. parvum* oocisztákat. A víz klóros fertőtlenítését azonban az oociszták túlélik.

15.1.6 *Cyclospora cayetenensis*

A *C. cayetenensis* a *Cryptosporidium* fajokhoz hasonlóan az Alveolata törzsbe tartozó protozoon. Gasztrointesztinális megbetegedésekben játszott szerepe az 1990-es évek elejétől ismert. Feldolgozás nélkül, nyersen fogysztott zöldségekkel és gyümölcsökkel kapcsolatban történtek fertőzések. A jejunum bélhámsejtjeit parazitálva, a kriptosporidiózishoz hasonló tüneteket okoz. A betegség inkubációs ideje 2-11 nap, és hosszan tartó (43 ± 24 napos) nem véres, magától elmúló hasmenés alakul ki. További tünetként étvágytalanság, súlyvesztés, gyomortáji fájdalom, hányinger, hányás, rossz közérzet és láz jelentkezhet. A HIV fertőzötteknél a tünetek súlyosabb formában jelentkeznek.

15.2 A bélben előforduló férgek

A lapos- és hengeresférgek között számtalan az embert is megbetegítő állati kórokozó található, amelyek fertőzött ivóvízzel vagy élelmiszerrel jutnak be a szervezetbe. Ezek az állatok az élelmiszerben nem tudnak növekedni. Kimutatásuk elsősorban dúsítást és festést követően, mikroszkópos megfigyeléssel történik.

15.2.1 Laposférgek (Platyhelminthes): májmétely féreg és galandférgek

A laposférgek (törzs: Platyhelminthes) között a két legfontosabb élemiszerekkel terjedő kórokozó a *Fasciolahepatica* (májmétely féreg) és a *Taenia* nemzetség tagjai (galandférgek). Összetett életciklusok során igen eltérő gazdákban fejlődnek.

A májmétely féreg végső gazdája az ember, a juh vagy a szarvasmarha. A tüneteket az epecsatornában található férgek okozzák. Petéit az epevezetéken keresztül ürítik, melyek a széklettel jutnak ki a szervezetből. A petéből kikelő csillós lárvák az édesvízi csigákba kerülnek, ahol egy másik lárvaformává (cercaria) alakulnak, ami a vízinövényeken, illetve a füvön encisztálódik. Ezt a cisztát veszik fel a

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

legelő állatok, illetve bekerülhetnek az emberekbe (főként a nem kellőképpen hőkezelt vizitormával). Az excisztáció a duodenumban történik, majd a lárva átjut a bélfalon, és a megtelepszik a májban.

A horgasfejű galandféreg (*Taenia solium*) a sertésben, a simafejű galandféreg (*Taenia saginata*) a szarvasmarhában található. Az állatokban levő lárvák a nem megfelelően hőkezelt állatok húsának elfogyaszásával kerülhet be a humán szervezetbe. Az érett galandférgek csak az ember belében képesek kifejlődni. A fertőzés hatására émelygés, hasi fájdalom, vérszegénység, epilepsziára emlékeztető idegrendszeri tünetek jelentkeznek a mechanikai bélirritáció mellett.

15.2.2 Hengeres férgek

A fonálférgek által okozott, élelmiszer eredetű megbetegedések közül a legismertebb a trichinellózis. A *Trichinella spiralis* által okozott betegséget 1860-ban írták le. A féregnek nincs a természetben szabadon élő formája, az egyik gazdából a másikba jutva, az emlősök széles körében, köztük az emberben, valamint a házi sertésben és a vaddisznóban is fellelhető. Az emberek általában a nyers, vagy nem megfelelően hőkezelt sertéshús elfogyasztásával fertőződnek meg.

A hússal elfogyasztott, életképes encisztálódott lárvák a gyomorban található emésztőenzimek segítségével kiszabadulnak, majd a bélben kialakulnak az érett, adult formák. Az elevenszülő nőstény férgek több száz lárvát képesek üríteni, melyek a bélfalat átfúrva a véráramba jutnak. A jó vérellátású, állandóan működő harántcsíkolt izmokban (rekszizom, szem, nyelv, esetleg szív) megtelepedve encisztálódnak (izomtrichinellává alakulnak), és évekig életképesek maradnak.

A betegség súlyossága az elfogyasztott lárvák számától függ. A fertőzött hús elfogyasztását követően néhány nappal hasi fájdalom, hányinger és hasmenés jelentkezik. A betegség második fázisában a vérárammal az izmokba jutó lárvák lázzal kísért izomfájdalmat okoznak. A lárvák körülbelül 1 mm nagyságúra növekednek az izmokban, majd feltekeredve encisztálódnak.

Közel 75 fajban fordulhat elő a *T. spiralis*. A természetben különböző rezervoárokban, elsősorban a sertésben és a patkányban marad fenn. A megelőzésben fontos a sertéstartó telepeken a rágcsálók irtása, a sertésállomány rendszeres szűrése, a vágóhídi ellenőrző vizsgálatok elvégzése. Fontos, hogy a vadhúsokat (főként vaddisznó) csak megfelelő hőkezelés után fogyasszuk, mert a pácolás, füstölés, illetve a szalámi előállításánál is alkalmazott fermentálás nem inaktiválja a húsban található kórokozó lárvákat.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású
egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

16 Élelmiszer eredetű vírusok

A vírusok a nem sejtes szerveződésű mikrobák közé tartoznak. A vírusokban csak egyféle nukleinsav (RNS vagy DNS) található, ez alkotja a vírusok genomját, melyet fehérjékből álló tok vesz körül. Egyes vírusoknál a tokot kívülről peplon burkolja, ami egy lipidekből álló külső burok. Az emésztőrendszerben található epesók, valamint a savas közeg károsítja ezt a külső lipidburkot, ezért a burokkal rendelkező vírusok az élelmiszerek közvetítésével nem terjednek.

A vírusok kimutatása több szempontból is nehéz feladat. Rendkívül kis méretük (25–300 nm) miatt fénymikroszkóppal nem tudjuk kimutatni jelenlétüket, csak elektronmikroszkóppal tanulmányozhatóak. Másrészről obligát intracelluláris parazitákként mesterséges táptalajon, illetve tápközegben nem tenyészthetőek, csak szövettenyészetben, vagy csirkeembrióban. Számuk az élelmiszerben általában nagyon alacsony, így vizsgálatukhoz dúsításra is szükség van a kivonás lépését követően. Jelenleg az élelmiszer eredetű megbetegedést okozó vírusok kimutatására a különböző PCR alapú vizsgálatok a legelfogadottabbak.

Élelmiszerekkel terjedő vírusok az enterovírusok, általában fekális szennyeződésből származnak. Ezek a vírusok bizonyos szövetekben képesek feldúsulni, például egyes kagylók akár 900-szorosan is képesek őket akkumulálni.

Jelenleg több mint száz enterovírust ismerünk, melyek a tápcsatornán keresztül bejutva különböző szövetekbe, illetve szervekbe kerülve képesek megbetegedést okozni. A gasztoenterális tüneteket okozók vírusok (rotavírusok, adenovírusok, calicivírusok) a tápcsatornában maradnak, míg más vírusok (pl. polio vírus, hepatitis A és E) a célszövetükbe jutva okoznak megbetegedést. A vírusfertőzés azonban tünetmentes is lehet.

Az élelmiszer eredetű vírusos megbetegedések száma világszerte emelkedő tendenciát mutat, amit az élelmiszer feldolgozás, valamint az étkezési szokások megváltozásával magyaráznak. Bár a víz és élelmiszer eredetű vírusos megbetegedések pontos száma nem ismert, becslések alapján a vírusos eredetű gasztroenterális megbetegedés a megfázás után a második leggyakoribb betegség.

Az élelmiszer primer, vagy szekunder úton is szennyeződhet enterális vírusokkal. Primer szennyeződés esetén a fertőzött vízzel kerül az élelmiszerekbe, vagy élelmiszerekre a vírus. Ilyen módon szennyeződhetnek a szennyvízzel terhelt part menti vizekből származó kagylók, vagy az szennyezett vízzel öntözött, vagy trágyázott, nyersen fogyasztott zöldségek. Másodlagos szennyeződés esetén az élelmiszerrel érintkező, fertőzött (időnként tünetmentes hordozó) emberekről kerülhetnek a vírusok az élelmiszerre a szállítás, ételkészítés, vagy a felszolgálás során. Világviszonylatban a kagylók az élelmiszer eredetű vírusfertőzések legfontosabb forrásai, továbbá az elkészítés során a jelentős emberi közreműködéssel készülő, és közvetlenül a fogyasztást megelőzően nem hőkezelt ételek (édességek, gyümölcsök, zöldségek, saláták, szendvicsek) is jelentős vírus közvetítők.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

A leggyakrabban kimutatott fekál-orál terjedésű vírusok a Norwalk vírusok közé tartozó calicivírus, továbbá a hepatitis A vírus. Ezek a vírusok azonban nemcsak a szennyezett víz, illetve élelmiszerek útján terjednek, hanem emberről emberre történő átvitelük is jelentős.

16.1.1 Hepatitis A és E vírus

A hepatitis A és a hepatitis E vírus élelmiszer vagy ivóvíz eredetű vírusos megbetegedések okozója, ellentétben a többi vérrel, vagy testnedvek útján terjedő hepatitis vírussal (B, C, D és G). Korábban a hepatitis A vírus számított a leggyakoribb élelmiszer eredetű vírusos fertőzésnek, de a higiéniai viszonyok javulásával, és az eredményesebb fertőtlenítésnek köszönhetően a fejlett országokban jelentőségük csökkent.

A hepatitis A vírus a Picornaviridae családba tartozik, akárcsak a gyermekbénulás kórokozója, a polio vírus. Ezek kisméretű, burokkal nem rendelkező, ikozahedrális vírusok, pozitív ssRNS genommal. A vírus kezdetben a bélhámsejtekben szaporodik, majd a vérrel a szállítódik a májba. A vírus inkubációs ideje 15-50 nap. A fertőzést követően egész életen át tartó immunitás alakul ki.

A fertőzés korai, nem specifikus tünetei lehet láz, hasi diszkomfort érzés, hányinger és hányás. Ezt követően egy, vagy két héttel jelentkeznek a hepatitiszre jellemző tünetek, a májkárosodás következményeként (sötét vizelet, sárgaság) az időseknél, illetve a gyerekeknél. A mortalitási arány a kor előrehaladtával növekszik, míg a hat évnél fiatalabb gyerekeknél a legtöbb fertőzés tünetmentesen zajlik le. A fejlődő világ országaiban a betegség endemikus, a lakosság legnagyobb része a gyermekkori fertőzés következtében rendelkezik a hepatitis A-val szembeni immunitással, így ezeken a területeken nem fordulnak elő járványos megbetegedések. A jobb higiéniai viszonyokkal rendelkező országokban viszont gyakoriak az egyetlen fertőzőforrásból kiinduló, sporadikusan előforduló járványok.

A hepatitis A általában fekál-orál úton terjed. A fertőzött vízből származó, nyers vagy nem megfelelően hőkezelt kagyló számít legjelentősebb fertőzőforrásnak. Emellett más élelmiszerekből (fertőzött tej, szamóca, málna, saláta), nyersen felhasznált zöldségekből kiinduló járványokat is gyakran deteknálnak.

A hepatitis E calicivírushoz hasonló RNS vírus. Világszerte elterjedt vírus, de általában ritkán fordul elő az iparosodott országokban. A fertőzöttek mortalitási aránya terhes nők esetében igen magas (15–20%). A legfontosabb fertőzési forrás a fekálisan szennyezett víz.

16.1.2 Gasztroenterális vírusok

Számos humán gasztroenterális megbetegedést okozó vírust azonosítottak az utóbbi évtizedekben. Az élelmiszer eredetű vírusos gasztoenterális megbetegedéseket leginkább epidemiológiai szempontok alapján azonosítják, és csak ritkán történik elektronmikroszkópos, immunológiai vagy PCR alapú kimutatás. A vírusos gasztoenteritiszt kiváltó vírusok lehetnek rotavírusok, astrovírusok, adenovírusok, illetve humán enterális calicivírusok.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

A calicivírusok (Caliciviridae család) közé tartozik az embereket fertőző *Norovirus* (korábban Norwalk vírus), és a *Sappovirus* nemzetség, melyek burokkal nem rendelkező, pozitív szálú ssRNS genommal rendelkező, sejtkultúrában nem növekedő vírusok. A Norwalk vírust először egy iskolai fertőzés során mutatták ki és azonosították, amely 1968-ban, az Ohio (USA) állambeli Norwalkban tört ki. A fertőzést valószínűleg a szennyezett ivóvíz okozta. Más enterális vírusoknál jóval ellenállóbb a víz klórozásával szemben. A vírusok okozta gasztroenterális megbetegedések legnagyobb részét Norovírusok okozzák.

A tünetek 1-3 napos inkubációt követően hirtelen és váratlanul jelentkeznek. A heves hányás és hasmenés 2-3 napig tart. Mivel a szennyezett élelmiszer számos más kórokozót is tartalmazhat, gyakoriak a kevert tünetek.

A fertőzés terjedhet direkt érintkezéssel emberről emberre, vagy szennyezett vízzel, élelmiszerekkel indirekt módon. Valószínűleg nagyon kevés, akár 10-100 vírus is képes a tünetek kialakítására.

A rotavírusok a Reoviridae családba tartozó, burokkal nem rendelkező, kétszálú (ds) RNS genomú vírusok. Az elsődleges átviteli mód a fekál-orál fertőzési út. Az A csoportba tartozó rotavírusok a csecsemők és fiatal gyerekek körében a leggyakoribb, hiszen a vírusfertőzéssel szemben 6 hónapos és 2 koruk között a legfogékonyabbak. Becslések alapján ezek a vírusok felelősek az öt évnél fiatalabb gyerekek a kórházi kezelést igénylő hasmenéses megbetegedéseinek harmadáért. A B csoportba tartozó rotavírusok Kínában okoznak megbetegedést a felnőtt lakosság körében. A rotavírusok vízzel, illetve a gyerekközösségekben direkt módon is terjednek.

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014
Élelmiszerbiztonság és gasztronómia vonatkozású
egyetemi együttműködés, DE-SZTE-EKF-NYME

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Felhasznált irodalom

ÁDÁM É. - BÉLÁDI I. - GERGELY L. – LÉTYI I. – NÁSZ I. – PUSZTAI R. – SZABÓ B. (1993): Orvosi mikrobiológia. Semmelweis Kiadó, Budapest. 310 p.

ADAMS, M.R. - MOSS, M.O. (2008): Food microbiology Third Edition. The Royal Society of Chemistry, 478 p.

BALLA CS. - SIRÓ I. (2007): Élelmiszer-biztonság és -minőség I. Alapismeretek. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 318 p.

BANIA, J. - DABROWSKA, A. - BYSTRON, J. - KORZEKWA, K. - CHRZANOWSKA, J. - MOLENDA, J. (2006): Distribution of newly described enterotoxin-like genes in *Staphylococcus aureus* from food. *International Journal of Food Microbiology*. 108. 36-41 p.

BELÁK Á. (2009): Élelmiszer-biztonsági szempontból jelentős baktériumok kimutatása, PCR-alapú molekuláris azonosítása és tipizálása. Doktori értekezés 147 p.

BERDANIER D.C. - DWZER T.J. - FELDMAN B.E. (2007): Handbook of nutrition and food. CRC Press, 42-43 p., 48 p.

BHAT R. - RAVISHANKAR R.V. - KARIM A.A. (2010): Mycotoxins in Food and Feed: Present Status and Future Concerns. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 1:57-81.

BÍRÓ G. (1995): A listeriosis hazai és nemzetközi élelmiszer-higiéniai kérdései humán epidemiológiai szempontból. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 50. 282-286 p.

BIRÓ G. (1993): Élelmiszer-higiénia. Agroinform Kiadó és Nyomda Kft., Budapest. 668 p.

BÍRÓ G. (szerk.): 1998. Élelmiszer-higiénia, Budapest, Agroinform Kiadó és Nyomda Kft., 576 p.

BIRÓ G. - BIRÓ Gy. (2000): Élelmiszer-biztonság. Táplálkozás-egészségügy. Agroinform Kiadó, Budapest. 396 p.

BÍRÓ G. - SZITA G. (2000): Élelmiszermikrobiológia, élelmiszer-higiénia. Agrárszakoktatási Intézet, Budapest. 172 p.

BOEREMA, J.A. - CLEMENS, R. - BRIGHTWELL, G. (2006): Evaluation of molecular methods to determine enterotoxigenic status and molecular genotype of bovine, ovine, human and food isolates of *Staphylococcus aureus*. *International Journal of Food Microbiology,* 107. 192–201. p.

BRUNS T. (2006): Evolutionary biology: A kingdom revised. *Nature*, 443, 758-761 p.

CSAPÓ J. - CSAPÓNÉ KISS ZS. (2002): Tej és tejtermékek a táplálkozásban. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 464 p.

DAWSON D. (2005): Foodborne protozoan parasites. *International Journal of Food Microbiology.* 103:207-27.

DEÁK T. (2006): Élelmiszer-mikrobiológia. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 382 p.

DÉSI I. (2013): Élelmezés higiéne. *Egészségtudomány*, LVII. évf., 1. 1-6 p.

DOYLE, M.P. - BEUCHAT, L.R. - MONTVILLE, T.J. (2013): Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers. 4th edition. ASM Press, Washington. 1139 p.

DUDUK V. (1995): Állategészségtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 276 p.

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

EFSA-ECDC (2013): The European Union Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks in 2011. *The EFSA Journal*. 11. 4. 250 p.

EFSA-ECDC (2014): The European Union Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks in 2012. *The EFSA Journal*. 12. 2. 312 p.

EL KHOURY, A., ATOUI, A. (2010): Ochratoxin A: General Overview and Actual Molecular Status. Toxins, 2(4), 461–493. doi:10.3390/toxins2040461

FARKAS J., MOHÁCSINÉ FARKAS Cs. (2010): Az állattartás körülményei és az állati eredetű élelmiszerek mikrobiológiai biztonsága. *Magyar Élelmiszer Tudományi és Technológiai Egyesület és a Központi Élelmiszer Tudomány Kutatóintézet Szakfolyóirata*. 64. 1. 6-8.p.

FAO/WHO standards programme (1990). Codex Alimentarius Commission. Alinron 91/29 and 93/12.

FDA (2007): Food Protection Plan:
http://www.fda.gov/oc/initiatives/advance/food/plan.html

FOROUD, N. A. ,EUDES, F. (2009): Trichothecenes in Cereal Grains. *International Journal of Molecular Sciences*, 10 (1), 147–173.

FROST, J.A. (2001): Current epidemiological issues in human campylobacteriosis. *Journal of Applied Microbiology*. 90. 85-90p.

GARRITY, G.M., LILBURN, T.G., COLE, J.R., HARRISON, S.H., EUZÉBY, J., TINDALL, B.J. (2007): Phylum „Proteobacteria": the Deltaproteobacteria and Epsilonproteobacteria. *Taxonomic Outline of Bacteria and Archaea, Release* 7.7.244-270 p.

GASPARIKNÉ REICHARDT J., KROMMER J., SZABÓ G., TÓTH SZ., INCZE K. (2004): Patogén baktériumok előfordulása vágóhidakon és húsfeldolgozó üzemekben II. *A Hús*. 1. 40-42 p.

GERGELY L. (1999): Orvosi mikrobiológia Semmelweis Kiadó, Budapest. 511 p.

HARRIGAN, W.F. - PARK, R.W.A. (1994): Biztonságos élelmiszerek előállítása. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 154 p.

HATA, E., KATSUDA, K., KOBAYASHI, H., OGAWA, T., ENDO, T., EGUCHI, M. (2006): Characteristics and epidemiologic genotyping of *Staphylococcus aureus* isolates from bovine mastitic milk in Hokkaido, Japan. *The Journal of Veterinary Medical Science*. 68. 165–170. p.

HOLT, J.G., KRIEG, N.R., SNEATH, P.H.A., STALEY, J.T., WILLIAMS, S.T. (2000): Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, 9th Edition, Lipcott William and Wilkins, 41-60 p.

JAY, J.M., Loessner, M.J., Golden, D.A. (2005): Modern Food Microbiology. Springer Science + Busieness Media, Inc., New York 782 p.

JÁVOR A., JANKÓNÉ FORGÁCS J., MOLNÁR GY., FENYVESSY J., MEZŐSZENTGYÖRGYI D. (2007): Állati termékek feldolgozása II. Debrecen, 293 p.

JØRGENSEN, H.J., MØRK, T., CAUGANT, D.A. ,KEARNS, A., RØRVIK, L.M. (2005). Genetic variation among *Staphylococcus aureus* strains from Norwegian bulk milk. *Applied and Environmental Microbiology*. 71. 8352–8361. p.

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

JOZWIAK Á. (2009): A *Campylobacter*ek előfordulása az élelmiszerláncban, valamint környezeti tényezők hatása túlélésükre és pusztulásukra. PhD értekezés, 100 p.

KATONA F., PUSZTAI S.(1975): Élelmiszer-higiéniai vizsgálatok állatorvosi laboratóriumokban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 216 p.

KISS R., TIRCZKA T., SZITA G., BERNÁTH S., CSIKÓ GY. (2004): *Listeria monocytogenes* food monitoring data and incidence of human listeriosis in Hungary. *International Journal of Food Microbiology*, 71-747 p.

KORCZAK, B.M., STIEBER, R., ELMER, S., BURNENS, A.P., FREY, J., KUHNERT, P. (2006): Genetic relatedeness within the genus *Campylobacter* inferred from *rpo*B sequences. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 56. 937-945 p.

KOOPMANS, M., VON BONSDORFF, C.-H., VINJÉ, J., DE MEDICI, D. AND MONROE, S. (2002): Foodborne viruses. *FEMS Microbiology Reviews*, 26: 187–205.

KOVÁCS G., PÁSZTOR M. (2001): Rezisztenciaváltozás a Gram-pozitív kórokozók körében. Infektológia. *LAM*, 11. 3. 190-195. p.

KRISZTALOVICS K., FEHÉR Á., IVELINA B.D., BORBÁS K. (2011): A kampilobakteriózis jelentősége. *Élelmiszerbiztonság*. 1-2. 10-13 p.

LACZAY P. (2008): Élelmiszer-higiénia. Élelmiszerlánc-biztonság. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 649 p.

LAISNEY, M.J.: 2002. Food hygienie. Poultry and game meat zoonosis (Élelmiszer higiénia. Baromfi és vadhús zoonózisok), 100 p.

LÁNYI B. (1980): Járványügyi és klinikai bakteriológia. Országos Közegészségügyi Intézet, Budapest, 588 p.

LETERTRE, C., PERELLE, S., DILASSER, F., FACH, P. (2003): Identification of a new putative enterotoxin SEU encoded by the egc cluster of *Staphylococcus aureus*. *Journal of Applied Microbiology*, 95. 38–43 p.

LINA, G., BOHACH, G.A., NAIR, S.P., HIRAMATSU, K., JOUVIN-MARCHE, E., MARIUZZA, R. (2004): Standard nomenclature for the superantigens expressed by *Staphylococcus*. *The Journal of Infectious Diseases,* 189. 2334–2336 p.

LINDSTRÖM, M. - HEIKINHEIMO, A. - KORKEALA, H. (2011): Novel insights into the epidemiology of *Clostridium perfringens* type A food poisoning. *Food Microbiology*, 28. 192-198 p.

MÉBIH (2008): Élelmiszer-biztonsági helyzetelemzés és kockázatértékelés. Agroinform Kiadó, Budapest. 238 p.

NACHAMKIN, I. (1997) *Campylobacter jejuni*. In: Doyle, M.P., Beuchat, L.R., Montville, T.J. (eds.) Food Microbiology. Fundamentals and Frontiers, Chapter 9, 159-170 p.

NAGY B. (2009): Szalmonellákról és a szalmonellózisokról dióhéjban. Élelmiszer- Biztonság. 7. 2. 12-14.p.

OEK (2012): Sárgadinnye által terjesztett listeriosis-járvány az USA 28 államában, 2011. *Epinfo*, 19. 6. 69-75 p.

OMOE, K., IMANISHI, K., HU, D.L., KATO, H., TAKAHASHI-OMOE, H. NAKANE, A., UCHIYAMA, T., SHINAGAWA, K. (2004): Biological properties of staphylococcal enterotoxin-like toxin type R. *Infection and Immunity* 72. 3664–3667. p.

ON, S.L.W. (2001) Taxonomy of *Campylobacter*, *Arcobacter*, *Helicobacter* and related bacteria: current status, future prospects and immediate concerns. *Journal of Applied Microbiology*, 90. 1-15 p.

ORSZÁGOS EPIDEMOLÓGIAI KÖZPONT (2001): *Salmonella* surveillance, 2000. *Epinfo*. 8. 50. 1-9.p.

ORSZÁGOS EPIDEMOLÓGIAI KÖZPONT (2004): *Salmonella* surveillance, 2003. *Epinfo*. 11. 50. 2-8.p.

ORSZÁGOS EPIDEMOLÓGIAI KÖZPONT (2006): *Salmonella* - A tojótyúkállományok salmonella-fertőzöttsége az Európai Unió tagállamaiban. *Epinfo*. 13. 25. 1-5.p.

ORSZÁGOS EPIDEMOLÓGIAI KÖZPONT (OEK) (2014): Az Országos Epidemiológiai Központ előzetes jelentése a 2013. évben bejelentett fertőző megbetegedésekről. *Epinfo*. 21. 27. 309-326 p.

PELES, F., WAGNER, M., VARGA, L., HEIN, I., RIECK, P., GUTSER, K., KERESZTÚRI, P. - KARDOS, G., TURCSÁNYI, I., BÉRI, B., SZABÓ, A. (2007): Characterization of *Staphylococcus aureus* strains isolated from bovine milk in Hungary. *International Journal of Food Microbiology*,118.2. 186–193. p.

PETZINGER, E., ZIEGLER, K. (2000): Ochratoxin A from a toxicological perspective. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, 23: 91–98. doi: 10.1046/j.1365-2885.2000.00244.

RALOVICH B. (1991): A listeriosis problémáiról. *Orvosi Hetilap*, 132. 809-814 p.

RALOVICH B., KOVÁCS S. (1991): Élelmiszerek-közvetítette kórokozó baktériumok jellemzése Magyarországon I. A megbetegedések megelőzésének lehetőségei. *A Hús*. Budapest. 4. 35-38 p.

REICHARDT J. (2009): Élelmiszer közvetítette Listeria-megbetegedések előfordulása. *A Hús*. 3-4. 140 p.

RODLER I. (2007): Élelmezés-higiéné Budapest, Medicina Könyvkiadó. 166 p

SALI J., KRISZTALOVICS K. (2010): Zoonózisok 2008-ban az Európai Unióban és Magyarországon. Élelmiszer-Biztonság. 8. 1. 15-17.p.

STENFORS ARNESEN, L.P., FAGERLUND, A., GRANUM, P.E. (2008): From soil to gut: *Bacillus cereus* and its food poisoning toxins. *FEMS Microbiology Reviews*., 32. 579-606 p.

SZABÓ A. (2008): Bevezetés a mezőgazdasági mikrobiológiába. Center-Print Nyomda, Debrecen. 288 p.

SZABÓ M. (2009): Élelmiszer-eredetű lisztériafertőzések megelőzése az élelmiszerláncban. *A Hús*. 3-4. 205-209 p.

SZAKÁLY S. (2001): Tejgazdaságtan. Dinasztia Kiadó, Budapest, 478 p.

SZALKA Á. (2004): A sertések *Escherichia coli* okozta betegségei. *Mezőhír*, 8. 6. 70. p.

SZÁRAZ T. (2002): A magyar konzervipar elmúlt 12 esztendeje (Földrajzos Doktoranduszok VII. Országos Konferenciája, ELTE Földrajzi Tanszékcsoport, Budapest, 2002)

http://geogr.elte.hu/PHD_konferencia_ELTE_2002/doktori_konferencia_anyagai_2002/szarazta mas.pdf

SZÁZADOS I. (1995): Az emlős vágóállatok húsvizsgálata. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 344 p.

SZEITZNÉ SZABÓ M. (2008): Mikrobiológiai élelmiszerbiztonság napjainkban. *Élelmiszervizsgálati Közlemények*, 54. Különszám. 5-6. p.

SZEITZNÉ SZABÓ M., KRISZTALOVICS K., SRÉTERNÉ LANCZ ZS., FEHÉR Á., CSEH J. (2008): Magyarország mikrobiológiai élelmiszerbiztonsági helyzete. *Élelmiszervizsgálati Közlemények*, 54. Különszám. 7-42. p.

SZEITZNÉ SZABÓ M. (2009): Élelmiszer eredetű lisztériafertőzések megelőzése az élelmiszerláncban. *A Hús*. 3-4. 105-109 p.

SZEITZNÉ SZABÓ M. (2011): Hazai és nemzetközi stratégiai törekvések a kampilobakteriózis csökkentésére. *Élelmiszerbiztonság*. 1-2. 6 p.

SZENT-IVÁNYI T. - MÉSZÁROS J. (1985): A háziállatok fertőző betegségei. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 522 p.

SZLADECSKÓ GY-né. (1998): Mikrobiológia és táplálkozás-élettan. Budapest, Agrárszakoktatási Intézet, 143 p.

THOMAS, D.Y. ,JARRAUD, S., LEMERCIER, B., COZON, G. ,ECHASSERIEAU, K. ,ETIENNE, J., GOUGEON, M.L.,LINA, G.,VANDENESCH, F. (2006): Staphylococcal enterotoxin-like toxins U2 and V, two new staphylococcal superantigens arising from recombination within the enterotoxin gene cluster. *Infection and Immunity,* 74. 4724–4734 p.

TUBOLY S. (1998): Állatorvosi járványtan I. Mezőgazda Kiadó, Budapest 612 p.

VARGA J. (1993): A zoonosisok járványtana. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest 420 p.

VARGA J., TUBOLY S., MÉSZÁROS J. (1999): A háziállatok fertőző betegségei (Állatorvosi járványtan II.) Mezőgazda Kiadó, Budapest 522 p.

VITAS A.I., AGUADO, V., GARCIA-JALON I. (2004): Occurence of *Listeria monocytogenes* in fresh and processed foods in Navarra (Spain). *International Journal of Food Microbiology*, 349-356. p.

WELCH, D. F. (1991): Applications of cellular fatty acid analysis. *Clinical Microbiology Reviews*; 4: 422–438.

World Health Organization, WHO (1998): WHO Surveillance Programme for Control of Foodborne Infections and Intoxications in Europe - *Newsletter* 57, 5-6. p.

World Health Organization, WHO (2000): The increasing incidence of human campylobacteriosis. Report and proceedings of a WHO consultation of experts. Copenhagen, Denmark 21-25.

YOSHIDA N, TYLER KM, LLEWELLYN MS (2011): Invasion mechanisms among emerging food-borne protozoan parasites. Trends in parasitology 27: 459-466.

ZHANG, J.C., SUN, L., NIE, Q.H. (2010): Botulism, where are we now? *Clinical Toxicology*, 48. 867–879 p.

Jogszabályok:

4/1998 (XI. 11.) EüM rendelet az élelmiszerekben előforduló mikrobiológiai szennyeződések megengedhető mértékéről
18/1998. (VI. 3.) NM rendelet a fertőző betegségek és a járványok megelőzése érdekében szükséges járványügyi intézkedésekről
49/2002. (V. 24.) FVM rendelet a szalmonellózis és a baromfitífusz elleni védekezésről és a mentesség megtartásáról
92/117/EGK irányelvben az Európai Unió rögzítette a tagállamok teendőit az élelmiszer eredetű zoonózisok elleni védekezésben, különösen a baromfi-szalmonellózis visszaszorítása érdekében
97/2003. (VIII. 19.) FVM rendelet a szalmonellózis és a baromfitífusz elleni védekezésről és a mentesség megtartásáról szóló 49/2002. (V. 24.) FVM rendelet módosításáról
99/2003/EK irányelv zoonózisok monitoring kötelezettségéről
178/2002/EK rendelet: Az Európai Parlament és Tanács 178/2022/EK rendelete (2002. január 28.) az élelmiszerjog általános elveiről és követelményeiről, az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság létrehozásáról és az élelmiszerbiztonságra vonatkozó eljárások megállapításáról
852/2004 EK rendelet: Az Európai Parlament és Tanács 852/2004 EK rendelet (2004. április 29.) az élelmiszer-higiéniáról
2003/99/EK irányelv: Az Európai Parlament és a Tanács 2003/99/EK irányelve (2003. november 17.) a zoonózisok és zoonózis-kórokozók monitoringjáról szóló
2073/2005/EK rendelet: A Bizottság 2073/2005/EK rendelete (2005. november 15.) az élelmiszerek mikrobiológiai kritériumairól
2160/2003/EK rendelet a szalmonellózis elleni védekezés egyes szabályairól

Internetes hivatkozások:

http://oek.hu/oek.web?to=2037,1703&nid=509&pid=1&lang=hun
http://www.oeti.hu/index.php?m1id=16&m2id=33
http://elelmiszervizsgalat.hu/content/view/115/45
http://www.oeti.hu/download/2010lelemiszer.pdf
http://hirszerzo.hu/profit/130505_vigyazat_10bol_7_csirke_szalmonellas_jovore
http://www.vm.gov.hu/main.php?folderID=2401&articleID=10401&ctag=articlelist&iid=1
http://agrarunio.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=1370%3Agyorsitott-szalmonella-mentesites-a-baromfiallomanynal&Itemid=1
http://www.kistermeloklapja.hu/node/60
http://hirszerzo.hu/profit/130505_vigyazat_10bol_7_csirke_szalmonellas_jovore
www.about-campylobacter

SZÉCHENYI 2020
MAGYARORSZÁG KORMÁNYA
Európai Unió
Európai Szociális Alap
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE