

A hús- és húskészítmény-fogyasztás kockázata

Kémiai kockázati tényezők

A hús előállítása és feldolgozás során különféle anyagokkal érintkeznek, amelyek egyrészt a környezeti szennyeződésből, másrészt tudatos hozzáadásból származnak, és amelyeknek bizonyos szintnél nagyobb mennyisége káros hatással lehet az emberi egészségre.

A hús maradványanyagai

Napjainkban mintegy 85 ezer kemikáliát tartanak nyilván, és számuk évente 1200-zal nő. A vágóállatok szervezetébe is bejutnak és felhalmozódhatnak mérgező vagy káros vegyületek.

Természetben előforduló vegyületek vagy szennyeződések

Ide tartoznak a

- mikotoxinok: aflatoxin, ochratoxin, fuzárium toxin, penicillium toxin, claviceps toxin, zearalenon stb.,
- növények által termelt toxikus anyagok: oxalát, glikoalkaloid, cianogén glikozid, hemagglutinin, quercetin, goitrogén, pirrolizidin alkaloid stb.,
- tengeri eredetű toxinok: terodotoxin, ciguatoxin, scrombocid toxin, kagylóméreg stb.,
- nehézfémek,
- környezeti szennyeződések peszticidek, polihalogénezett vegyületek stb.

Ezeknek a szennyező anyagoknak az általános – bár csekély mértékű – jelenléte elkerülhetetlen. A legtöbb országban túrési szinteket állapítottak meg az élelmiszerekben való előfordulásukra, és világszintű határértékek elfogadására is sor került vagy várható.

A rövid élettartamú állatok (sertés, borjú, baromfi) húzában a maradványanyagok felhalmozódásának kockázata sokkal kisebb, mint a hosszú élettartamú (pl. tejelő) állatokéban. A tej és a tojás jó indikátora a szennyezőanyagok jelenlétének.

A **mikotoxinok** közül legtöbbet az aflatoxint vizsgálták. 100 µg/kg aflatoxint tartalmazó takarmány etetésekor a sertés, csirke és marha húzában, illetve májában 0,1 illetve 0,3 µg/kg aflatoxint mutattak ki. (Németországban a túrési szint aflatoxin B1-re 10 µg/kg.) A csirkék által elfogyasztott aflatoxin 91%-a kiürül, és csak 9%-a marad a szervezetükben.

A mi éghajlati körülményeink között természetett nyersanyagok aflatoxin szennyezettségének valószínűsége kicsi.

Az első **nehézfém**-szennyezettségből származó mérgezést 1971-ben írták le. Sertéseket olyan takarmánnyal etettek, amelyet szerves higanyvegyületekkel kezeltek. A takarmány 32,8 mg/kg higanyt tartalmazott, a sertéshús 29,4 mg/kg-ot. A sertések nem kaptak mérgezést, a húst fogyasztó emberek igen.

A táblázat tájékoztatást ad a sertésizmok és szervek maradvány higanytartalmáról a táplálékban levő higany mennyiségének és kémiai formájának függvényében.

Szerv	Takarmány higanytartalma (mg/kg)			
	50 ásványi higany	5 szerves higany	5 ásványi higany	kontroll
Hosszú hátizom	0,36	0,12-1,43	0,12-0,73	0,10
Félighártyás izom	0,41	0,41-0,46	0,14-0,94	0,10
Szívizom	0,69	0,28-0,60	0,13-0,29	0,13
Máj	2,88	3,74	1,78	0,11

A higanyhoz hasonlóan a többi nehézfém (ólom, kadmium) és rész is főként a belsőségeken marad (75%-a a májban és vesében), az izmokba csekély rész jut.

Magyarországon a környezeti szennyező anyagok közül a toxikus nehézfémek, arzén, fluor és poliaromás szénhidrogének ellenőrző felmérését a környezetszennyező ipari létesítmények körzetében termelt zöldségfélék vizsgálatával végzik. Az eredmények közvetlen veszélyt nem jeleznek, bár a kontroll területhez képest emelkedett szinteket lehet találni.

A **peszticid** maradványok az állati testben többnyire a tartalék zsiradékban halmozódnak fel. A leggyakrabban használt peszticidek húskban való előfordulását mutatja a táblázat.

Peszticid	Termék	Maradvány max. értéke (mg/kg)
klórdimeform	marha-, juh-, sertés- és baromfihús	Nincs maradvány a kimutathatósági határ (0,5 mg/kg) fölött
cihexantin	hús	0,2
DDT	vázizmok	5 (lipidekre számítva)
foszmet	marhafaggyú	1
pirimikarb	hús	0,05
triklórfon	birkahús	0,01
karbendazim	marha- és baromfi- és birkahús	0,1

A növényvédő szerek és egyéb peszticidek felhasználása Magyarországon engedélyhez kötött. Bizonyítottan rákkeltő hatású növényvédőszer nem kerülnek engedélyezésre.

A húselőállítás során használt vegyületek

Az agrokemikáliákból, takarmányadalékokból és az állatok gyógyítását szolgáló gyógyszerekből származó maradványanyagok jelenléte a húskban elkerülhető. Annak érdekében, hogy az egészségre veszélyt jelentő anyagokat kizárják, többlépcsős szabályozást vezettek be: engedélyeztetés, mielőtt a termék kereskedelmi forgalomba kerülne; a lehetséges maradványanyagok (helytelen használat esetén) hatásának becslése; érzékeny meghatározási módszerek kifejlesztése a maradványanyagok kimutatására.

Azokat az anyagokat, melyek kis koncentrációban is veszélyesek (teratogén, immunszuppresszív, mutagén, karcinogén), nem engedik kereskedelmi forgalomba. Figyelembe kell azonban venni, hogy nem teljesen ismertek azok a folyamatok, amelyek az élő szervezetekben lejátszódnak, és számos toxikus és nem toxikus metabolitot vezetnek. Ismeretlenek továbbá az allergiás reakciókat kiváltó és a baktériumok rezisztenciáját létrehozó hatások.

A **takarmányadalékok** és **anabolikus hormonok** nem jelentenek komoly veszélyt maradványanyagként az emberi egészségre, részben mert kis koncentrációban használják (max. 1050-1701 mg/kg takarmány), részben mert a szteroid hormonok a nem kezelt állatokban is előfordulnak, sokszor nagyobb mennyiségben, mint a kezeltekben.

A vágóhidakon gyűjtött húsmintákban talált maradványanyagok nagy része azokból a gyógyszerekből származik, amelyekkel az állatokat a vágás előtt kezelték. A 1989-ban az USA-ban a vizsgált állatok 1,2%-a, a baromfinak 0,5%-a tartalmazott *antibiotikum* maradványt, és 1,6%-a szulfonamid maradványt. Németországban a levágott marhák 0,038%-ában, a borjúk 0,13%-ában és a sertések 0,0029%-ában volt a megengedettnél több szermaradvány. A legnagyobb antibiotikum-maradvány értékek a májban és a vesében mérhetők.

Magyarországon a növényvédőszeres előírás szerű alkalmazása esetén nem kell jelentős élelmezés-egészségügyi veszéllyel számolni. A hazai előírt várakozási idők és határértékek megtartása hatékonyan szolgálja az élelmiszerek biztonságát. A kimutatható szermaradék-tartalmú növényi minták száma csak néhány százalék, a határérték felettié 2% körül van. Ezek főleg a gyümölcsösökben, szőlőkben termelt köztesnövények.

A mutagén vagy karcinogén hatóanyagú állatorvosi gyógyszerek csak állatorvosi rendelvényre szerezhetők be. A felhasználóknak az állatok kezeléséről és a gyógyszerelés beszüntetéséről számos feljegyzést kell vezetniük, amelyet a vágáshoz szükséges állatorvosi bizonylat kiállításához be kell mutatniuk. A szigorított felhasználás mellett szűkített az alkalmazás köre és a kezelhető állatok faja, kora, megbetegedése, az adagolás módja szerint is.

A húsfeldolgozás során használt és keletkező anyagok

A nyers hús a konyhatechnikai vagy az ipari feldolgozás folyamán válik emberi fogyasztásra alkalmas, érzékszervileg kedvező tulajdonságú táplálékká. A különféle anyagok és műveletek hatására azonban olyan anyagok is képződhetnek, amelyek károsak lehetnek az emberi egészségre.

A húsfeldolgozásnál használt anyagok

Bár a húsok **nátriumtartalma** csekély (70 mg/100g), a húsételek és a húskészítmények a hozzáadott konyhasó miatt sok nátriumot tartalmaznak. A húskészítmények sótartalma általában 1,5-2% körüli, de egyes termékeké elérheti a 4-6%-ot is. A túlzott konyhasófogyasztás fokozza a magas vérnyomás, vesebetegség, egyes emésztőszervi daganatok és a csontritkulás kockázatát. Világszerte számos, kis konyhasó-tartalmú húskészítményt fejlesztettek ki, de magasabb árak miatt nem eléggé keresettek a fogyasztók körében.

A **foszfátok** húsipari felhasználhatóságát előírások rögzítik. A megengedett felső határ általában 0,5% (foszfor-pentoxidban kifejezve). A nyugati étrendben a feldolgozott élelmiszerek - főként az üdítőitalok, kisebb részben a húskészítmények – megnövekedett fogyasztása következtében megnőtt a foszforfelvétel, ezért a kalcium:foszfor arány a kívánatos 1:1 alá csökkent. A nagy foszfátfelvétel következtében átmenetileg csökkenhet a vészsérum kalciumtartalma, ami mozgósíthatja a csontok kalciumraktárát, csontritkulást idézve elő.

A **nitrit** három fontos funkciót tölt be a húskészítményekben: részt vesz a pácolt húskra jellemző szín kialakításában; javítja a húskészítmények ízét azáltal, hogy gátolja egyéb ízanyagok oxidációját; baktériumgátló hatású. Nitrit nélkül megnőne a botulizmus és baktériumos romlás előfordulásának gyakorisága.

A **nitrát** nem lép közvetlenül reakcióba a hús alkotórészeivel, hanem csak azután, hogy a húsban jelenlevő, nitrátreduktáz enzimet tartalmazó mikroorganizmusok nitritté alakították. Ez a folyamat azonban nehezen szabályozható, ezért csak hosszabb ideig pácolt termékekben engedélyezik használatát.

Ha nitrit szekunder vagy bizonyos esetekben tercier aminokkal lép reakcióba, nitrozaminok keletkeznek. Az N-nitroso-vegyületek erősen rákkeltők. A pácolt húskészítmények közül csak a sült baconban található rendszeresen detektálható mennyiségben (1-20 µg/kg) két-három illékony nitrozamin: N-nitroso- pirrolidin, N-nitroso-dimetilamin, N-nitroso tiazolidin. Az USDA 17 µg/kg szintet enged meg sült baconban.

A sült baconban képződő nitrozaminok mennyisége számos tényezőtől függ. Minél tovább érlelik a bacont, annál nagyobb a szabad amin-, illetve aminosav-tartalma, ami kedvez nitrozamin képződésnek. Sütés közben keletkezik a legtöbb nitrozamin, amely megoszlik az ehető rész, a kisülő zsiradék és az elpárolgó gőz között; kb. 20% marad az ehető részben. Alacsonyabb hőmérsékletű, hosszabb idejű sütés kevesebb nitrozamint eredményez, mint magasabb hőmérsékletű, rövidebb idejű sütés. Mivel a nitrozamin képződés főleg a zsírfázisban játszódik le, zsírosabb baconban több nitrozamin keletkezik.

Az egyéb pácolt húskészítményekben az illó nitrozaminok mennyisége nagyon kicsi vagy nem is detektálható. Kísérletek szerint az egyéb húskészítményekben is jelentős mennyiségben képződnek nitrozaminok sütéskor, de szinte az összes eltávozik a gőzzel. A sütés befejeződik, mielőtt az összes víz elpárologna. Ezzel szemben a bacon sütése e ponton túl is folytatódik, így a képződő nitrozamin nem tud elpárologni a gőzzel, hanem az ehető részben marad.

A hatóságok általában 150 mg/kg Na-nitrit használatát engedélyezik. A húskészítmények nitrit- és nitráttartalma természetesen a felhasznált mennyiségnél jóval kisebb, mivel a feldolgozás alatt egy részük elbomlik.

Nitritek, nitrátok és nitrozaminok az élelmiszereken kívül foglalkozási ártalomból eredően, kozmetikumokból, gumitermékekből és dohányáruból kerülhetnek az ember szervezetébe. Fő forrás a cigarettázás, amely kb. százszor annyi nitrozamin felvételéhez vezet, mint a baconfogyasztás. Ezt követi a sörfogyasztás 2-6-szoros, majd a kozmetikumok 2-3-szoros szorzóval.

A pácolt húsk nitrozamin-tartalma mind a gyártás, mind a sütés során csökkenthető nitrozalódást gátló anyagok (pl. aszkorbinsav és acetátja, alfa-tokoferol) alkalmazása és friss, kis zsírtartalmú alapanyagok felhasználása révén.

Fűszerek részleges csírátlánítására és bizonyos húskészítmények atka-fertőzöttségének elhárítására engedélyezett az **etiléndioxid** gázosítószer, amely metabolitjával, az **etilén-klórdidrinnel** együtt mutagén és karcinogén hatású. Betiltásukra azért nem került sor, mert bizonyos esetekben nincs más lehetőség a nagy tömegű termék mentesítésére a kórokozó mikroorganizmustól.

A fűszerek csírátlánításának másik módszere a besugárzás, amely az egészségügyi aggályok miatt nem mindenhol engedélyezett.

A műanyagok előállítására szolgáló monomerek közül a **vinilklorid** és az **akrilnitril** humán karcinogén. A műanyag csomagolószerekben visszamaradt monomerek szennyezhetik az élelmiszereket. Az élelmiszerekben talált vinilklorid-tartalom 2-600 µg/kg, az akrilnitrilé 5-27

µg/kg. A csomagolóanyag 1 mg/kg vinilklorid-tartalma mellett az élelmiszerekben a monomertartalom nem éri el a 20µg/kg-ot.

A rákkeltő hatással gyanúsított **dietyl-hexil-ftalát** lágyító csak olyan területen alkalmazható, ahol a lágyító kioldódása nem jelentős.

Technológiai műveletek során képződő mutagének

A **policiklikus aromás szánhidrogének** (PAH) azután fejtik ki egészségkárosító hatásukat, hogy a máj enzimei epoxidokká alakítják. Leggyakoribb és legtöbbet vizsgált képviselőjük a benzpirén.

PAH-okkal szennyeződik az élelmiszer, ha nyílt lángon sűtik, füstölik, vagy a környezeti PAH szennyeződésnek van kitéve. Részleges pirolízis során magában az élelmiszerben közvetlenül is képződnek. A PAH-ok a növényi anyagcsere természetes termékei, sőt néhány mikroorganizmus is képes szintézisükre kis mennyiségben.

Sütés közben a hús felületén keletkeznek PAH-ok, vagy a zsiradék lecsöpögve a faszénre vagy elektromos sütőre pirolízist szenved, és az illékony PAH lerakódik a húson. A faszén közelében levő hús több PAH-ot tartalmaz, mint a távolabb levő. Nagyobb zsírtartalmú húsból több zsiradék csorog ki, ami több PAH képződéséhez vezet. 300°C-on még nem mutatható ki PAH, míg 500-700°C-on 19 különböző PAH vegyületet detektáltak. Az alábbi táblázat sült húsok PAH taralmáról közöl adatokat.

Élelmiszer	PAH (µg/kg)			
	benzantracén	benzpirén	fluorén	benzfluorén
Faszénezen sült				
hamburger, zsíros, forró	2,7	2,6	13,3	-
hamburger, zsíros, hideg	-	-	6,4	-
hamburger, sovány, forró	-	-	0,3	-
hamburger, sovány, hideg	-	-	1,3	-
hamburger, saft nélkül, serpenyős	-	-	0,2	-
hamburger (fagyasztott), forró	4,5	11,2	4,9	-
sertésszelet, forró	8,2	7,9	22,5	-
csirke, forró	3,2	3,7	1,1	-
hátszínszelet, forró	10,3	11,1	12,6	4,3
rostélyos, forró	31,0	50,4	19,8	5,7
Lángolt				
rostélyos, forró	3,9	4,4	19,0	-

Magyarázat: zsíros = 21% zsír, sovány = 7% zsír; hideg = 25 cm-re a hőforrástól, forró = 7 cm-re a hőforrástól

A füstölt húsok detektálható, de a faszénezen sült húsokhoz képest egy nagyságrenddel kevesebb PAH-ot tartalmaznak. Az iparilag füstölt húsokban 0,1-1,5 µg/kg benzpirént mértek, míg a házilag füstölt sonkában 20000 µg/kg érték is előfordult. A puhafával (pl. fenyő) végzett füstölés nagy mennyiségű benzpirén képződéséhez vezethet, de a keményfából (pl. bükkfa) csak elenyésző mennyiségű rákkeltő anyag keletkezik.

A füstoldat tisztítás előtt 2-35 µg/liter mennyiségben tartalmazza az egyes PAH-okat, összesen közel 60 µg/litert. A füstoldatot hideg vízben átbuborékolatva és szűrve a PAH-tartalom 90%-kal csökkenthető. A desztillációval tisztított füstoldatok PAH-ot nem tartalmaznak.

Németországban a húskészítményekben megengedett benzpirén-tartalom max. 1 µg/kg, az EU 5 µg/kg előírását tervezi.

A természetes vagy műbélbe töltött áruknál a PAH-ok mitegy felét a burkolat visszatartja, és csak része jut a termék mélyebb rétegeibe. Élelmiszer csomagolóanyagokból és más technológiai segédanyagokból is kerülhetnek PAH-ok a húskészítményekbe, ha azok gyártásához nem megfelelő tisztaságú kőolajterméket használtak fel.

Az élelmiszerek közül az olajokból és zsírokból származik a PAH felvétel legnagyobb része, ezt követik a gabonafélék és gyümölcsök. A húsipar által gyártott füstölt húsok csak csekély mértékben járulnak hozzá a PAH felvételhez.

Heterociklikus aminok hőkezelés hatására képződnek fehérjetartalmú élelmiszerekben Maillard-reakcióval. Minél nagyobb a hőmérséklet, annál több mutagén képződik. A mutagének a hús külső felületén koncentrálódnak, és minél vastagabb a sült kéreg, annál nagyobb fokú a mutagenitás. Az egyéb hőkezelési eljárások 2-15-szor kevesebb heterociklikus amin képződéséhez vezetnek, mint a roston sütés. Közülük a húskonzervek sterilizációja esetén több, a besűrités, bő olajban sütés és szárítás esetén kevesebb mutagén mutatható ki.

Hőkezelt húsokban a heterociklikus amin-tartalom csökkenthető a hőmérséklet csökkentésével vagy közvetett módszerek alkalmazásával, vagyis a hőforrás és a hús elkülönítésével. A mikrohullámú sütés kisebb mutagéntartalmat eredményez. Célravezető lehet inhibitorok hozzáadása is.

Egyes **lipidoxidációs termékek** toxikusak az ember számára, és hozzájárulhatnak az öregedés folyamatához, a rák és a szív- és érrendszeri betegségek kialakulásához. Az oxidált lipidek mennyisége a húsokban általában alatta marad a toxikus szintnek. Tisztázásra vár még az a kérdés, hogy e vegyületek hosszú ideig tartó, csekély mértékű fogyasztása milyen szerepet játszik a betegségek kialakulásában.

Oxidált koleszterinvegyületeket találtak az érfalat szűkítő plakokban, de nem világos, hogy ezek atáplálékból származnak, vagy a szervezetben keletkeznek-e.

Legbelsőbban a zsírsavszármazékokat, így a hidroperoxidokat és a malonaldehideket tanulmányozták. A hidroperoxidok lebomlása során aldehidek, észterek, alkoholok, ketonok és rövid szénláncú karboxilsavak képződnek, melyek gyakran kellemetlen szagúak vagy ízűek kis koncentrációban is. Rontják az élelmiszer minőségét, de ugyanakkor megvédik az emberi szervezetet attól, hogy sokat fogyasszon belőlük.

A lipid- és ezzel analóg módon a koleszterin-peroxidáció végbemehet a vágóállat nyers húsában, a főzési, sütési folyamat alatt és az étel tárolása során. A lipidoxidáció a sok telítetlen zsírsavat tartalmazó húsokban könnyebben lejátszódik. A húsok sorrendje a lipiodoxidációra való hajlam csökkenő sorrendjében a következő: pulyka-, csirke-, sertés-, marha- és juhhús. A hem- és a nem-hemvas is katalizálja az oxidációt.

Allergének

Míg a fentiekben említett vegyületek minden ember számára veszélyesek, az allergének csak az arra érzékeny emberek számára jelentenek kockázati tényezőt. Az allergén leggyakrabban fehérje, de más természetű vegyület is lehet.

Allergének a húsban

Húsfehérjeallergia leggyakrabban marha (marha-szérumalbumin, marha-gammaglobulin) és csirkehússal (3 különböző allergén) szemben lép fel. A sertéshús ritkábban, a birka-, a nyúl-, a kecskehús pedig még kevesebb esetben okoz allergiát.

A halak erős allergiás potenciállal rendelkeznek (elsősorban a tőkehal), elfogyasztva, érintésüket követően, de főzés közben gőzüket belélegezve is kiválthatnak tüneteket. Az allergén hőstabil, denaturációval, proteolitikus emésztéssel szemben ellenálló, korral (a legtöbb ételallergiával szemben) még kifejezettebbé válik hatása. Sokszor nem allergiát, hanem nagy hisztamintartalmuk miatt álallergiát okoznak.

A **takarmányok maradványanyai** (növényvédőszer, peszticidek), **technológiai eredetű szennyeződések** (fémek, oldószer, fémek, tisztító- és fertőtlenítőszer, csomagolóanyagok) ritkán okoznak allergiát maradványszinten. A takarmányként adott halliszt miatt a baromfi húsa és tojása súlyos ételallergiát válthat ki.

Biológiai eredetű szennyezők, a penészgombák termelte mikotoxinok inkább növényekben gyakoribbak, de átjuthatnak állatokba is takarmányokkal, ahonnan viszont csak a tejjel ürülhetnek.

A húspanban lehetnek olyan **vazoaktív anyagok** (putreszcin, kadaverin, spermidin, hisztamin), amelyek álallergiát keltenek, de ezek mennyisége a nyers húspanban kevés, csak a hosszú idejű (több hét), nem megfelelő körülmények között (pl. hőmérséklet) történő tárolás során nőhet meg jelentősen mennyiségük, amikor már érzékszervi elváltozásokat is mutatnak. Immunreakciókat válthatnak ki az **állattenyésztés során alkalmazott szerek** (antibiotikumok, hormonok) is. Általában a vágás utáni pihentetési idő betartása mellett ezzel a tényezővel nem kell számolni.

A **keresztallergia** jelenségét kell még megemlíteni a húspan immunrendszerre gyakorolt hatása kapcsán. Ez leggyakrabban a tej és a tejet adó állat húspan és szőre (tehentej-marhahúspan-marhaszőr), a tojás és a tojást adó állat húspan, tolla, illetve különböző állatok tojása között fordul elő.

Húskészítmények nem húseredetű allergénjei

Lényegesen gyakrabban okozhatnak allergiát és intoleranciát a húskészítmények, mint a hús. Ennek hátterében legtöbbször ezen termékek nem hús eredetű alkotórészei (tej-, tojás-, szójafehérje, fűszerek, magvak, zöldségek) állhatnak. A húspanban használt leggyakoribb allergiát, intoleranciát okozó nem húseredetű alkotórészek: szójafehérje, tejfehérje (pl. kazeinát), tojás, egyes fűszerek (gyömbér, curry, fahéj, fokhagyma stb.), egyes zöldségek (zeller, hagyma, uborka, borsó, répa stb.), gabonafélék magvai és lisztjei (búza, zab, árpa, rizs stb.).

A húskészítményekben felhasznált adalékanyagok okozta allergia, sűrűbben intolerancia szintén sokkal nagyobb előfordulási arányt mutat, mint a hús által keltettek. A húspanban használt leggyakoribb allergiát, intoleranciát okozó adalékanyagok: gallátok (E310-312), butil-hidroxi-anizol (E320), butil-hidroxi-toluol (E321), guar-gumi (E412), karboxi-propil-cellulóz (E466), karamell (E150c,d) glutamátok (E620-625), benzoésav és sói (E210-213).

A húskészítmény előállítójának kötelessége feltüntetni a címkén az összes hozzáadott anyagot, az allergiában szenvedő vásárlónak pedig alapvető érdeke ennek alapos tanulmányozása, az allergiás reakciót elkerülendő.

Allergén jelleg csökkentése

A húspanfehérjék allergénjei általában hőérzékenyek (magasabb hőmérsékletnél), így az otthon megfőzött, sült, de főleg az iparilag hőkezelt hús legtöbbször már nem vált ki allergiát. Nem

mondható ez el azokról a készítményekről, amelyekben hőstabil szója-, tej- vagy tojásallergén található.

Más feldolgozási eljárások, kezelések is segíthetik bizonyos esetekben a húsfehérjék allergénitásának csökkentését, ilyen például az enzimes hidrolízis, genetikai módszerekkel történő aminosav-beépítés, a nagynyomású (100 MPa felett) vagy nagy dózisu (10 kGy felett) besugárzások is.

Biológiai kockázati tényezők

Egyre több kórokozó mikroorganizmusról ismerik fel, hogy ételmisszerrel (is) közvetíthetők, s veszélyeztetik az ételmisszerek fogyasztási biztonságosságát:

Baktériumok <i>Bacillus cereus</i> <i>Brucella spp.</i> <i>Campylobacter jejuni</i> <i>Clostridium botulinum</i> <i>Clostridium perfringens</i> <i>Escherichia coli</i> (patogén törzsei) <i>Listeria monocytogenes</i> <i>Mycobacterium bovis</i> <i>Salmonella Typhi</i> és <i>Paratyphi</i> <i>Salmonella</i> (nem-typhi) <i>Shigella spp.</i> <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Vibrio cholerae</i> <i>Yersinia enterocolitica</i>	Protozoonok <i>Cryptosporidium spp.</i> <i>Entamoeba histolytica</i> <i>Giardia lamblia</i> <i>Toxoplasma gondii</i>
	Trematodák <i>Clonorchis sinensis</i> <i>Fasciola hepatica</i> <i>Opisthorchis felineus</i> <i>Opisthorchis viverrini</i> <i>Paragonimus westermani</i>
	Cestodák <i>Diphyllobothrium latum</i> <i>Echinococcus spp.</i> <i>Taenia solium</i> és <i>saginata</i>
	Nematodák <i>Anisakis spp.</i> <i>Ascaris lumbricoides</i> <i>Trichinella spiralis</i> <i>Trichuris trichiura</i>
Vírusok <i>Hepatitis A</i> <i>Norwalk</i> <i>Poliovírus</i> <i>Rotavírus</i>	
Toxigén penészgombák	

A bakteriológiai ételmisszer-biztonságot veszélyeztető kórokozók tekintetében a leggyakoribb az állati eredetű ételmisszerek okozta zoonózisok kockázata, a kereszt-szennyeződések (a patogének átjutása a szennyezett nyers ételmisszerről más ételmisszerekre) lehetősége révén azonban az ételmisszerek szélesebb körében is szerepet játszhatnak az állati eredetű ételmisszereket szennyező kórokozók.

Patogén baktériumok

Szalmonellák

Szalmonellának neveznek mintegy 2000-féle, biokémialag és szerológiaiilag rokon baktériumot. 1997-ben az összesen 389 szalmonella-eredetűként nyilvántartott hazai ételmérgezési esemény közül 364 esetben (93.6%) *S. Enteritidis* volt a kórokozó. A WHO felmérései és más külföldi szakirodalmi adatok egyaránt azt mutatják, hogy az iparosodott országokban a szalmonellózisok gyakoriságának a növekedése ugyancsak főként a *Salmonella enteritidis*, továbbá a *S. Typhimurium* DT104 törzs jelentkezésének és terjedésének a következménye. A szalmonellózis fő tünetei: hasmenés, hasi görcsök, láz és hányás rendszerint 24 órán belül jelentkeznek a szennyezett ételmisszer elfogyasztása után, többnyire viszonylag rövid ideig tartanak, s csekély halálozási rátájúak. A *S. Enteritidis*-nek gyakorlatilag minden gazdasági állatfaj, sőt „házi kedvencek” is a hordozói lehetnek, de a

megbetegedésekkel elsődlegesen a baromfi és a tojás szennyezettségét hozzák kapcsolatba. A *S. Typhimurium* D104 számos antibiotikummal szemben rezisztenssé vált törzs. A DT104 más szalmonella szerotípusokénál nagyobb gyakorisággal okoz haláleseteket is, illetőleg esetenként krónikus komplikációk, például aszeptikus ízületi gyulladás marad vissza az akut szalmonellózis lezajlása után. A DT104 okozta megbetegedés forrásaként a különféle húsaruktól és baromfitól tejtermékekig sokféle élelmiszer előfordult már.

A húskok szennyeződése elsősorban a vágás során következik be, ha nem megfelelő a kültakaró letisztítása, vagy ha a gyomortraktus megsértésével vagy a kuláré helytelen eltávolításával széklet kerül az állatok testére és környezetébe. Különösen nagy veszélyt jelent a baromfik nem megfelelő körülmények között végzett vizes előhűtése.

A nyers hússokkal, a nem hőkezelt és nem kellő mértékben hőkezelt húskészítményekkel a szalmonellák eljuthatnak a fogyasztó asztalára. Veszélyforrást jelenthet az utószennyeződés is.

A szalmonellák hőtűrése nem tér el a nem spórás baktériumoknál általában tapasztalt hőtűréstől. A fagyasztást túlélnek, a jégben hosszú ideig életben maradnak, és egyes szerotípusok – ha lassan is – 5-10°C közötti hőmérsékleten is szaporodnak.

A Salmonella-fertőzés megakadályozásának szempontjai: Salmonella-mentes állattartás; állatorvosi élőállat-vizsgálat a tartási helyen; optimális szállítási feltételek, megfelelő állatpihentetés és élőállat-vizsgálat a vágóhidakon; korszerű vágási és tisztítási technológia alkalmazása; alapos vágás utáni vizsgálat; a húskok megfelelő hűtése és tárolása; a higiéniai előírások megkövetelése; a termékek előállítási technológiájának szigorú betartása; a húsipari dolgozók megfelelő higiéniai képzése; laboratóriumi önkontroll és a termékminősítő vizsgálatok elvégzése; a késztermék megfelelő tárolása és szállítása; a házi és üzemi konyhák nyersanyag-tárolási és főzéstechnikai szabályainak betartása; az elkészített ételek helyes tárolási és fogyasztási szabályainak megtartása; a lakosság felvilágosítása.

Campylobacter

Campylobacter-t 1972-ben izoláltak először hasmenéses betegek székletéből. Az 1970-es években kifejlesztett szelektív tenyésztési módszerek kidolgozása után azonban egyre több laboratórium vált alkalmassá *Campylobacter*-t kimutatására, amely mikroba mostanra a hasmenéses ételfertőzések leggyakoribb okozói közé „lépett elő”. *Campylobacter jejuni*-t sokkal gyakrabban izoláltak, mint *Campylobacter coli*-t. Noha nyilvánvalóan nagyon régóta léteznek, e baktériumok a kimutatást gyakran azért is elkerülik, mert viszonylag kevés sejtjük képes már fertőzést okozni, de sporadikusan, s nehéz a kisszámú patogénsejtet egy heterogén mikrobiotában kimutatni. Vágott baromfi és nyerstej a kampilobakteriózis leggyakoribb forrásai, de a vörös húskok is szennyezettek lehetnek *C. jejuni*-val. Jellegzetessége, hogy nem szaporodik 30 °C alatt, de hűtött körülmények között (4°C-on) hosszabb ideig túlél. Szaporodásához alacsony, 5-10% oxigén-koncentrációkat igényel. A kampilobakteriózis szimptomái rendszerint lázat, hasi fájdalmat és hasmenést jelentenek. Halálos kimenetelű fertőzés ritkán van. *C. jejuni* sokféle vad- és háziállat bélflórájának természetes része, de főként a baromfiaké. Szerencsére számos környezeti tényezőre érzékeny, nem szaporodik jól, és nem marad könnyen életben élelmiszerekben. A hőérzékenysége is nagy. Főként nyers vagy nem kellően hőkezelt állati eredetű élelmiszerek közvetítésével okoz megbetegedést, vagy más élelmiszerek kereszt-szennyeződése révén. A nagyszámú sporadikus, *C. jejuni*-okozta fertőzéshez képest a tömeges fertőzési események ritkák.

Shigellák

Négy fajuk ismert, melyek közül hazánkban a *Shigella sonnei* és a *Shigella flexneri* okoz megbetegedéseket. Természetes körülmények között a Shigellákat emberek és magasabb rendű emlősök hordozzák. A betegek és a tünetmentes ürítők székletében található meg a kórokozó, amely székletszennyezéssel terjed, leggyakrabban kontaktus útján, de szennyezett élelmiszer, ivóvíz is lehet átvivő.

Már kevesebb, mint 10 virulens, invazív *Shigella* fertőzést, vérhast tud okozni. A *Shigella* törzsek enterotoxint is termelnek, de ennek patogenetikai jelentőségét még nem ismerjük.

A *Shigellák* a savas közeget nem tűrik. Hővel és fertőtlenítőszerekkel szembeni ellenálló képességük átlagos.

A megelőzéshez elsőrendű fontosságú a minimális személyi higiénia megkövetelése a dolgozóktól, és annak az előírásnak a szigorú betartása, hogy hasmenéses személy vagy hozzátartozója a szükséges kivizsgálások befejezéséig nem dolgozhat az élelmiszeriparban.

Clostridium botulinum

Ez az obligát anaerob spóráképző baktérium igen súlyos intoxikáció, a botulizmus okozója. A virulens törzsek fehérjetoxint termelnek, amely már rendkívül kis mennyiségben is halált okoz. A toxinok szerológiailag eltérnek egymástól, és hét típusukat különböztetik meg. Az A, A, E, F és G típusok emberi mérgezést okoznak, a C és D toxin pedig csak állatokat betegít meg. A helyesen végrehajtott hagyományos, jól kialakult tartósítási módszerek (hőkezeléses konzerválás, savanyítás, gyorsfagyasztás, szárítás, nitrites pácolás és sózás) a tapasztalatok szerint jól védenek a *Clostridium botulinum* elszaporodása és toxinképzése ellen. A kíméletesen feldolgozott („minimally processed”) és csupán pasztörözéssel megnövelt hűtvetárolható élelmiszerek egy része azonban főként a *Clostridium botulinum* hidegtűrő típusai spóráinak túlélése miatt jelenthetnek kockázatot. Ilyen a nem proteolitikus B és az E-szerotípus. Az élelmiszerben levő spórák, ha a körülmények lehetővé teszik, baktériummá alakulnak, szaporodásnak indulnak, és toxint termelnek. A toxin a széteső baktériumokból válik szabaddá. A toxinok hőérzékenyek, 80°C-on 20-30 perc alatt, 100°C-on 3 perc alatt inaktiválódnak.

Magyarországon a botulizmus ritkán fordul elő. Az esetek majdnem mind magánháztartásokban készített sonka, kolbász vagy hurka fogyasztásával álltak összefüggésben.

Az emberi megbetegedések legfontosabb megelőzési lehetősége az élelmiszerek földdel vagy széklettel való szennyeződésének megakadályozása, az üzemen belül a jó higiéniai viszonyok biztosítása. Különösen fontos arra ügyelni, hogy a már hőkezelt termékek az utólagos adagolás és vákuumcsomagolás során ne szennyeződjenek.

Másik lehetőség az élelmiszerekbe került klosztridiumoknak vagy spóráknak az elpusztítása, illetve szaporodásuknak és toxintermelésüknek megakadályozása. A *Clostridium botulinum* B és E típusa 3,5°C-on is képes szaporodni és mérget termelni, a többi csak 7°C felett. Szaporodási képességüket 45°C-ig megőrzik. A 25 és 45°C közötti tartomány optimális a számukra. A vegetatív alakok hőtűrése átlagos. Ha a termék pH-ja 4,4 alatti, akkor a botulizmus szempontjából nem veszélyes. A pH = 8,5 feletti érték ugyancsak gátló hatású.

A szárazárak vízáktivitásának csökkentésével is hatékonyan tudunk védekezni. A 0,91 vízáktivítási érték biztosan hatásos. A gátló hatást fokozni lehet az engedélyezett mennyiségű NaNO₂ használatával.

A vegetatív baktérium a fertőtlenítőszerekkel szemben érzékeny, spórája viszont meglehetősen rezisztens.

***Escherichia coli* törzsek**

Természetes körülmények között az emberek és állatok bélcsatornájának normális flóráját alkotják, ideig-óráig minden ürülékkel szennyezett helyen megtalálhatók. Bizonyos antigénszerkezetű törzsek patogének az emberre. A patogenitás fajtájától függően e törzsek négy csoportra oszthatók.

- ETEC vagy enterotoxikus kóli törzsek: Hőlabilis vagy hőstabil enterotoxint termelnek. A fertőzés terjesztésében széklettel vagy szennyvízzel szennyezett víz, éttermi ételek vagy sajt játszhat szerepet. A fertőzéshez $10^8/g$ vagy annál több baktériumnak kell az élelmiszerben lennie. Elsősorban rossz higiénés körülmények között, a meleg évszakban és az elmaradottabb országokban fordul elő ez az ún. utazási betegség.
- EIEC vagy enteroinvazív kóli törzsek: A shigellához hasonló megbetegítő képességgel bírnak, és nagy mennyiségű ($10^8/g$) kólinak kell jelen lennie. A fertőzés terjedhet élelmiszerrel, ivóvízzel, de kontakt úton is.
- EHEC vagy enterohemoragiás kóli törzsek: Ezek a baktérium az utolsó 30 évben váltak ismeretessé és hírhedtté, mert súlyos gasztroenteiritist és életveszélyes hemolitikus-urémia-szindrómát (HUS) okozhatnak, az utóbbit különösen gyermekeknél.. A legismertebb az *E. coli* O157:H7 szerotípus, de más szerotípusokat is növekvő gyakorisággal mutatnak ki. Manapság ezt a patogént tartják a legfontosabb „új” kórokozó baktériumnak. A toxintermelő képességét valószínűleg bakteriofág révén, feltehetőleg *Shigella*-tól szerezte. 1982-ben azonosították először egy gyorsétkeztetési hálózatonál hamburger-okozta ételmérgezés epidemiológiai vizsgálatokor. Egy *E. coli* O157:H7 fertőzés az Egyesült Államok nyugati részén 1992/93-ban több mint 700 egyén megbetegedését okozta, Japánban pedig 1996-ban egy több mint 8000 esettel járó eseményt idézett elő. A szarvasmarhákat és más kérődző állatokat tekintik a baktérium tünetmentes fő hordozóinak. Elégtelen főzés, sütés vagy a hőkezelés utáni újraszennyeződéssel kerülhet a hústra. Jelentős savtűrése miatt olyan élelmiszerekben is életben maradhat, amelyeket korábban biztonságosnak gondoltak, külföldön ezért előfordultak már vele szennyeződött fermentált nyerskolbászok vagy almabor fogyasztása révén is verotoxinogén *E. coli*- okozta megbetegedések.
- EPEC vagy enteropatogén kóli törzsek: A mesterségesen táplált csecsemőknél okozhat megbetegedést a higiéniai hiányosságok következtében.

Az élelmiszer- és vízmintákban előforduló *E. coli* törzseknek indikátor szerepük is van. A fekáliás szennyezést jelzik, azaz, hogy egyéb patogén baktérium, vírus és/vagy protozoon is jelen lehet.

A szokásos hőkezeléssel és a fertőtlenítőszerekkel nehézség nélkül elpusztíthatók. Egyes törzsek $7^{\circ}C$ körüli hőmérsékleten is szaporodnak. 7% NaCl (0,94 a_w), valamint a pH = 4,4 érték alatti és a 9,0 érték feletti milió megakadályozza szaporodásukat.

A megelőzés szempontjából nagyon fontos a higiéniai és a technológiai előírások szigorú betartása.

Listeria monocytogenes

Noha ennek a baktériumnak emberi kórokozó volta már több mint 70 éve ismeretes, 1981-ben mutatták ki először, hogy élelmiszerrel is közvetíthető, később pedig nyilvánvalóvá vált, hogy élelmiszerek lehetnek az elsődleges közvetítői. A listeriózis különlegessége, hogy nem enterális jellegű betegség (influenza-szerű tüneteket, de súlyos esetekben meningitist, szeptikémiát és terhes nőknél abortuszt okozhat), a halálos kimenetelű esetek aránya pedig nagy (20-30%-ot is elérhet). Különösen a valamilyen okból csökkent immunitású személyek számára jelent veszélyt.

A *Listeria monocytogenes* annyiban is különbözik a legtöbb, élelmiszer-közvetítette patogéntől, hogy széles körben elterjedt környezeti szennyezőnek tekinthető, jól tűri a kiszáradást és a nagy sókoncentrációt, jól szaporodik hűtőszekrény-hőmérsékleten, s növényi anyagokon is. Nagy előfordulási gyakorisága ellenére meglepően ritkán okoz megbetegedést, bár liszteriózist okozott már sokféle élelmiszer, például bizonyos tejtermékek, húsarúk és tengeri eredetű élelmiszerek közvetítésével. A hosszabb ideig hűtve tárolt és fogyasztásra kész termékek jelentik a fő lisztéria-kockázatot.

Hővel és fertőtlenítőszerekkel szembeni ellenállása átlagos, de ha már megtelepedett egy adott felszínen, akkor ún. biofilmet képez, és az abban lévő lisztériák hővel és fertőtlenítőszerekkel szembeni ellenállása nagyobb az átlagosnál, ezért nehéz tőle megszabadulni.

A húсок és húskészítmények megfelelő főzése vagy sütése teljes biztonságot nyújt. A *Listeria*-mentes állatállomány biztosítása nagy előrelépést jelentene.

Staphylococcus aureus

Ez a baktérium már több mint egy évszázada ismeretes élelmiszer-intoxikáció okozójaként. A megbetegedések előidézője a baktérium enterotoxinja. A sztafilokokkusok közönségesek az ember és az állatok bőrén, s az orr nyálkahártyáján, ezért kisebb-nagyobb számban gyakran előfordulnak az állati eredetű élelmiszereken vagy olyanokon, amelyek ember-eredetűen szennyeződnek velük. Különös veszély jelentenek a különböző gennyes betegségekben szenvedők, az állatok esetén a tályogos sertések, a tőgygyulladásos tehének vagy a bőr-, ízületi és csontvelő-gyulladásos szárnyasok. Az élelmiszerek sztafilokokkusz szennyezettségében nagy szerepet játszik a személyi higiéné hiánya. A mérgezési tünetek (hányás, hasi görcsök, izzadás, hidegrázás stb.) órákon belül jelentkeznek és egy-két napon belül lezajlanak. Ezért a sztafilokokkusz enterotoxikózisok gyakorisága valószínűleg lényegesen nagyobb, mint a bejelentett eseteké.

A *Staphylococcus aureus* nevét szőlőfürt-szerű sejtszoptjairól és telepei aranysárga színéről kapta. A sejtek hőtűrése nem különösebben jelentős, de viszonylag sótűrőek: 7 – 10% sókoncentrációt tartalmazó közegben is jól szaporodnak. Kis vízaktivitás-igénye adja különös jelentőségét a közepes nedvességtartalmú termékek („intermediate moisture food”), pl. kolbászárúk esetén. Enterotoxinjai a baktériummal ellentétben igen hőtűrők. Az ételmérgezést előidéző toxin-koncentrációhoz azonban a baktérium nagy mértékű, grammonként milliós nagyságrendű populáció-szintje eléréséhez van szükség.

A kiemelt jelentőségű baktériumok elleni védekezés technológiai paraméterei

Az élelmiszerek, különösen a kíméletesen feldolgozott termékek mikrobiológiai biztonságát veszélyeztető kórokozó baktériumok technológiai szempontból legfontosabb szaporodási és hőrezisztencia jellemzőit az alábbi foglalja össze. (A táblázat adatai csupán az összehasonlítást szolgálják. Az egyes szaporodási jellemzők ugyanis az egyéb tekintetben optimális körülményekre vonatkoznak, ezért az egyes értékek jelentősen mások lehetnek adott konkrét élelmiszer, mikrobatorzs és tárolási körülmények esetén).

Baktériumok	Szaporodási jellemzők			Aerob/ Anaerob	Hőrezisztencia (perc)		
	min. hőmérs. °C	min. pH	min.a _w		D _{70 C}	D _{90 C}	D _{121 C}
<i>Bacillus cereus</i>	4*	4,3	0,95	Fakultatív	-	10*	-
<i>Campylobacter jejuni</i>	32	4,9	0,99	Mikro- aerofilter	0,000 1	-	-
Mezofil (proteolitikus) <i>C. botulinum</i>	10	4,6	0,93	Anaerob	-	0,15 (toxin)	0,2 (sejtek)
Pszichrotrof (nem-proteolitikus) <i>C. botulinum</i>	3	5,0	0,97	Anaerob	-	0,15 (toxin) 0,15 (spórák)	-
<i>C. perfringens</i>	12	5,0	0,95	Anaerob	-	-	0,15 (spórák)
<i>E. coli</i>	7	4,4	0,95	Fakultatív	0,001	-	-
<i>Listeria monocytogenes</i>	0	4,3	0,92	Fakultatív	0,3	-	-
<i>Salmonella</i>	5,2-7	4,0	0,94	Fakultatív	0,001- 0,01	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	6 toxink.:10	4,0 toxink.:4,5	0,83 toxink.:0,9	Fakultatív	0,1 (sejtek)	-	1-11 (toxin)
<i>V. cholerae</i>	10	5,0	0,97	Fakultatív	0,3	-	-
<i>V. parahaemolyticus</i>	5	4,8	0,94 halofil	Fakultatív	0,001	-	-
<i>Yersinia enterocolitica</i>	-1	4,2	0,96	Fakultatív	0,01	-	-

Romlást okozó mikroorganizmusok

Nyers húсок mikroflórája

Bár az egészséges vágóállatok húsa gyakorlatilag csíramentesnek tekinthető, a hús a vágás során elkerülhetetlenül szennyeződik bizonyos mikroorganizmusokkal. Vágás után a sertés- és marhahús jellemző mikroflóráját *Pseudomonas*, *Moraxella*, *Acetobacter*, *Lactobacillus*, *Brochotrix thermospacta* és enterobaktérium törzsek alkotják, de előfordulhatnak *Flavobacterium*, *Alcaligenes*, *Vibrio*, *Aeromona*, *Arhtrobacter* törzsek, valamint penészek és élesztők is. Marhahús esetén az enterobaktériumok kevésbé dominálnak. Csirkehús felületén, belezés előtt a pszeudomonaszok, az élesztők és a korinebaktériumok a jellemzők, míg belezés után a pszeudomonaszok és az enterobaktériumok.

A hűtés természetesen nem gátolja minden baktérium szaporodását. Ha a hűtőtároló relatív páratartalma kicsi (ami ritkán fordul elő), akkor a húсок felülete kiszárad, és elsősorban a mikrokokuszok, sztreptokokuszok, laktobacillusok és penészek szaporodnak el. Nagy relatív páratartalom mellett elsősorban a felületi nyálkásodást okozó baktériumok jellemzőek: *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Alcaligenes* törzsek. Kísérőflóráként mikrokokuszok, laktobacillusok és enterobaktériumok fordulhatnak még elő.

A húсок fagyasztásakor a hús szennyező mikroflórája általában kevésbé károsodik, erre inkább a hús fagyasztva tárolása alatt kerül sor. A Gram-pozitív baktériumok (*Corynebacterium*, *Brevibacterium*, *Microbacterium*) ellenállóbbak a fagyasztással szemben, mint a Gram-negatív baktériumok.

A csomagolt nyers hús mikroflórájának összetétele elsősorban attól függ, hogy a csomagolóanyag gázáteresztő képessége milyen. Oxigénzáró fólia esetén a baktériumok élettevékenysége miatt a csomagban felhalmozódik a szén-dioxid, és anaerob viszonyok alakulnak ki. Ez azt eredményezi, hogy az aerob baktériumok helyét átveszik az anaerob, fakultatív anaerob baktériumok (tejsavbaktériumok, *Brochotrix thermospacta*). Kis hőmérsékleten a tejsavbaktériumok tudnak a legnagyobb mértékben szaporodni.

Húskészítmények mikroflórája

A szárazárúk kivételével a húskészítményeket hőkezelik, ezért a kevésbé hőtűrő mikrobák elpusztulnak.

A pszeudomonaszok oxigén hiányában nem tudnak növekedni, és a sótűrésük is viszonylag kicsi. A kisebb vízakaktivitást egyes baktériumok, pl. a *Leuconostoc* nehezebben tűri. Olyan fajok is előfordulhatnak a húskészítmények romlásánál, amelyek a nyers hússokra is jellemzőek, pl. *Lactobacillus* és *Brochotrix*.

A 100°C alatti hőkezelést túlélő mikrobák között vannak a hőtűrő laktobacilusok, de nem kellő mértékű hőkezelés esetén mikrokokkuszok és sztafilokokkuszok is túlélhetnek. Utóbbiak nyálkásodást és bizonyos mértékű fehérjebomlást okozhatnak, az igen nagy hőtűrésű enterokokkuszok pedig ízváltozást, esetenként állományromlást. Az enterokokkuszok a dobozott és fóliában főzött pácolt sonkaféléknél is okozhatnak romlást. A pácolt húskészítményeknél fordulhat elő zöldülés, amelyet a hőkezelést túlélő mikrobák (rendszerint laktobacillusok), vagy esetenként utószennyeződésként (pl. szeletelés) a felületre jutó mikrobák idéznek elő.

Az áteresztő bélbe töltött húskészítmények egyik jellegzetes romlási típusa a felületi nyálkásodás, amelyet a felületen megtapadó, elsősorban mikrokokkuszok okoznak.

A hűtve tárolt pácolt termékek mikroflórája főleg mikrokokkuszokból és Gram negatív pálcákból, néha laktobacilusokból áll. Ezek is alakíthatnak ki nyálkaréteget, amely a felület leszárítása után ugyan már száraz, nem nyálkás tapintású, de a jellegzetes mellékszag nem szűnik meg, és nedves környezetbe kerülve újból felerősödik. Ez a típusú romlás, illetve érzékszervi elváltozás a nyers fermentált kolbászfélékre is jellemző.

Prionok

Kergemarhakór (BSE)

Bár mintegy 70 év óta ismerjük a Creutzfeldt-Jakob tünetegyüttest (CJD), 40 éve a Kuru-t, régebb óta a Gerstmann-Sträussler-Scheinker szindrómát (GSS) és a juhoknál, valamint kecskéknél előforduló scrapie-t (súrlókór), 1985-ig ismeretlen volt a szarvasmarháknál a hasonló típusú megbetegedés. Ezt akkor a Bovine Spongiform Encephalopathy (Szarvasmarha szivacsos agyvelőelváltozása) rövidítéséből BSE-nek nevezték el, amely a magyar köztudatban a közelmúltban „kergemarhakór”, „marhakergékór”, „szarvasmarhák szivacsos agyvelőbántalma”, „szarvasmarhák szivacsos agylágyulása” stb. néven vált ismertté. A betegség Angliában ütötte fel a fejét szarvasmarháknál, azóta több mint 170 ezer szarvasmarha betegedett meg és pusztult el.

A nagy arányú angliai járvány kialakulása több tényező együttes hatásával magyarázható:

- Költségsökkentés céljából 1981-ben Angliában megváltoztatták a hús- és csontliszt-előállítási technológiát. Ennek során alacsonyabb hőmérsékletű kezeléseket alkalmaztak, valamint elhagyták a nyersanyagok kémiai oldószeres zsírkivonását, és mindezt egy ugyancsak kérdéses állat tetemeinek feldolgozása során, nevezetesen a juhok hulladékai esetén. A juhoknál a súrlókór már régóta ismeretes volt, de eddig szarvasmarhára azért

nem terjedt át, mert korábban az elhullott juhokból és vágóhídi hulladékokból készített húsliszttel nem etették a szarvasmarhákat.

- Ugyancsak gazdaságossági okokra hivatkozva, a 80-as évektől Angliában a borjak szemestakarmányát állati hulladékokból készített húsliszttel dúsították, ez szintén felelős volt azért, hogy a juhoknál előforduló betegség okozóját átvitték a szarvasmarhára. Mindenesetre érdekes, hogy a — korábban specifikusan juhokat megbetegítőnek ismert — kórokozó átlépte azt az akadályt (ún. species barrier), amit egy másik állatfaj jelent.
- Még tovább fokozta a járvány elterjedésének a sebességét az, hogy a BSE megbetegedésben elhullott szarvasmarhák tetemeit is hús- és csontliszté dolgozták fel, amit szarvasmarhákkal etettek meg.

A prionok fehérjék, örökítőanyaguk (DNS, RNS) nincsen, de a normál prionok létrejöttéért egy gén felelős. A különböző betegségtípusokat előidéző prionoknak valószínűleg az aminosav-összetételük tér el egymástól, de az sem zárható ki teljes biztonsággal, hogy más, eddig ismeretlen tényező (információt hordozó molekuláris komponens) is szerepet játszik a betegségtípusok különbözőségében. Annak ellenére, hogy fehérjékről van szó, a prionok hőtűrése szokatlanul nagy, meghaladja a baktériumspórakét.

Az Európai Unió 1997. június 30-án úgy döntött, hogy a jövőben a BSE járvány terjedésének megakadályozására az ún. meghatározott veszélyes anyagokat (SRM: Specified Risk Materials) egyszer s mindenkorra teljesen ki kell vonni az élelmiszer- és takarmányláncból (97/534). Ezek az eltávolítandó szövetek: a fej (beleértve az agyvelőt és a szemeket), a gerincvelő és a mandulák minden szarvasmarha, juh és kecske esetén, ha azok 1 évnél idősebbek, a juhokból és kecskékből ezenkívül a lépet is el kell távolítani és a fentiek szerint eljárni. Csak abból az országból lehet takarmánylisztet (húslisztet) az Európai Unió tagállamaiba szállítani, amely ország ezeknek az előírásoknak eleget tesz.

A vágási technológia kritikus szakaszai az SRM maradék nélküli eltávolítása szempontjából:

- Kábítás: A szarvasmarhák hagyományos, mechanikus kábítása a BSE terjedését eredményezheti. Bizonyítást nyert ugyanis, hogy mechanikus kábításnál agyvelőrészek kerülhetnek a véráramba, és így az egész állat megfertőződik. Más kábítási mód (pl. széndioxidos kábítás) viszont a szarvasmarhánál sokszorosan többbe kerül, mint a mechanikus kábítás.
- A fej levétele, közben a mandula sértetlenégének biztosítása.
- A bélgarnitúra kivétele.
- A gerinc hasítása, a gerincvelő eltávolítása.
- A gerincoszlop kivétele.

Hangsúlyt kell fektetni a nyomonkövethetőségre az állat származási helyétől a belőle készült darabolt hús kiskereskedelmi forgalmazásáig; az SNR-ek gyűjtésére, jelölésére, tárolására és vágóhelyről való elszállítására; a vágóhídi hulladékok szigorúan ellenőrzött ártalmatlanítására, megsemmisítésére a vágóhelyen kívül.

Fizikai kockázati tényezők

A húsipari feldolgozás során különböző fizikailag szennyező anyagokkal kerülhet kapcsolatba a hús és húskészítmény.

A környezetből (fém, fa, üveg, papír stb.) és gépekből (alkatrész, korrodeálódott felület) származó fizikai szennyeződések az alapanyagok, félkész és késztermékek gondos kezelésével, a gépek megfelelő karbantartásával és tisztántartásával, valamint fémdetektorok alkalmazásával elkerülhetők.

Az embertől származó fizikai szennyeződések (haj, ékszer, gomb, sebtapasz) az előírás szerű öltözet viselése, a személyi higiénia és üzemi viselkedés szabályainak betartása kiküszöböli.

Az állatok (rovar, rágcsáló, madár) ellen rovarcsapdákkal, rendszeres takarítással, szükség esetén megfelelő vegyszerekkel kell védekezni.

Kockázatot csökkentő eljárások és technológiák

Húsipari termékeink jelentős része hőkezelt termék. Az alkalmazott hőkezelési hőmérséklettől függően alapvetően két nagy csoportra oszthatjuk a hőkezelési eljárásokat: az egyik csoportjuk a 100 °C alatti hőmérsékletű hőkezélést alkalmazó eljárások, az ún. pasztöröző (hőmérsékletű) hőkezélések, a másik a 100 °C feletti hőkezélések. A húsipari gyakorlatban döntő jelentősége a 100 °C alatti hőkezéléseknek van. Megfigyelhető, hogy korábban viszonylag alacsonyabb hőmérsékletű hőkezélést alkalmaztak, illetve alacsonyabb maghőmérséklet eléréséig tartott a hőkezelés (65 °C), később azonban ezt a kívánatos maghőmérsékletet egyre magasabban állapították meg. A fóliás, illetve dobozolt sonkánál a 69 °C maghőmérsékletet írták elő, a húskészítményeknél újabban a 72–74 °C hőmérsékletet tartják kívánatosnak, sőt egyes szennyezettebb nyersanyagokból készített termékeknél (kenősáruk) még ennél magasabb maghőmérséklet elérése is kívánatos lehet, különös tekintettel arra, ha hosszabb eltarthatóságot kívánunk biztosítani.

A mikrobák vegetatív alakjai általában az 55–58 °C feletti hőmérsékleten már pusztulni kezdenek, és fajoktól függően 60–80 °C-on már jól kimutatható a pusztulás. A spórák baktériumok vegetatív alakjainak hőtűrése hasonló az előbb említettekhez, a spórák maguk azonban, ugyancsak fajoktól függően, lényegesen nagyobb ellenállást mutatnak. Néhány hőérzékeny spórától eltekintve, amely már 80–90 °C hőmérsékleten is viszonylag gyorsan inaktiválódik, a spórákat valójában inkább csak a 100 °C feletti hőmérsékletű hőkezélések során lehet inaktiválni.

A mikrobák hőtűrése

A környezeti tényezőkön (kis molekulájú anyagok, zsír, fehérje jelenléte) kívül a mikrobák hőtűrését elsősorban az határozza meg, hogy milyen mikrobáról van szó. Ilyen értelemben beszélhetünk kis hőtűrésű mikrobákról, amelyek általában a Gram-negatív mikrobák közül kerülnek ki, ezek általában 60–65 °C hőmérsékleten néhány perc alatt elpusztíthatók. A Gram-pozitív mikrobák közül elsősorban a kokkusok nagyobb hőtűrésűek és 65–70 °C közötti hőmérsékleten pusztulnak el inkább. A húsipari gyakorlatban előforduló mikrobák közül az enterokokkusok (*Streptococcus faecalis*, *Streptococcus faecium*) a legnagyobb hőtűrésűek, ezek több nagyságrendű elpusztításához esetenként 74 °C-on több perces hőkezelésre van szükség. Ezzel magyarázható, hogy egyes hőkezelt, szárított termékekben (pl. nyári túrista) sok esetben milliós nagyságrendben mutathatók ki az enterokokkusok.

A mikroorganizmusok hőérzékenysége függ a hozzáférhető víztől és a pH-értéktől is. Fokozódó vízelvonással vagy az ozmózis nyomás egyéb módon történő növelésével (vízaktivitás-érték csökkentésével) a hőellenállás fokozódik. A legnagyobb hőrezisztencia általában a pH=6,0–8,0 tartományban van, azaz abban, amelybe a legtöbb húskészítmény pH-értéke tartozik. A pH-érték mellett magának a savnak a fajtája is szerepet játszik: ásványi savak ugyanolyan pH mellett jobban csökkentik a hőrezisztenciát, mint a szerves savak. A sók hatása is függ az egyes sók fajtájától. A pácolt termékeknél jelentős szerep jut a nitritnek is, mert az bakteriosztatikus, illetve baktericid hatású. A hőrezisztencia a sejtek korától és állapotától is függ: a fiatal sejtek hőérzékenyebbek, mint az idősök. A cukrok, a glicerin, a fehérjék és a zsiradékok védik a mikrobát a hővel szemben. E védőanyagok egy részének a hatása a vízaktivitás csökkentésén alapul. A spórák baktériumok spóráinak hőtűrése jóval nagyobb, mint a vegetatív mikroorganizmusoké, jelentős részük csak sterilizációs hőmérsékleten pusztítható el.

A hőkezeléses tartósításnál nemcsak a mikroba fajtájának, a megfelelő hőkezelési időnek és hőmérsékletnek, valamint a kezdeti csíraszámoknak van jelentősége, hanem annak is, hogy a

hőkezelést túlélő mikrobáknak milyen esélyük van a szaporodásra, illetve a hőkezelés révén jelentős csíraszámcsökkenést elért termékeknél van-e lehetőség utólagos mikrobás szennyezésre.

Stressz hatása a mikrobákra

A patogén baktériumok képesek olyan rendszerek kifejlesztésére, amelyek különböző módokon segítenek nekik a túlélésben és a környezeti stresszek ellen, például a hő, a hideg vagy a savtűrés adaptációjában. Ezek magukba foglalják az olyan védőfehérjék termelését, amelyek egy vagy több típusú stressz ellen védenek, termelésüket gének szabályozzák.

Jól ismert az a baktériumos stresszreakció, hogy a megnövekedett savtűrés megnöveli a patogéneknek mind a túlélését, mind a virulenciáját. Ezért veszélyes az élelmiszer-tartósítási eljárások helytelen alkalmazása, mert a nemkívánatos baktériumok szaporodásának gátlása elősegítheti az erősebb, virulensebb patogének szaporodását.

A savas közegben adott stresszválasz esetén a stressznek kitett baktériumok, amelyek túlélnek egy adott rendszerben, képesek pl. olyan pH-értéken vagy hőmérsékleten szaporodni, amely értékeket idáig biztonságosnak hittünk, így komoly veszélyt jelenthetnek a biztonságosnak hitt élelmiszerben is. Az *E. coli O157:H7* savtűrését például tovább növelhetjük a hősokkal, azaz egy stressz további védelmet biztosít a további stresszhatásokkal szemben. Az ilyen megfigyelések alapján számos kérdés merül fel a gátotechnológia nem megfelelő alkalmazásával kapcsolatban. Az ilyen alkalmazás szinergensen megnövelheti a stresszhatáson átment baktériumok rezisztenciáját és veszélyességét.

A legújabb kutatási eredmények szerint inkább olyan élelmiszer-tartósító rendszereket kell használni, amelyek a baktériumokat elpusztítják, semmint olyanokat, amelyek a szaporodását gátolják vagy lassítják.

Starter- és védőkultúrák használata

A húsipari termékekben az érlelés alatt lejátszódó természetes mikrobiológiai folyamatok mellett egyre nagyobb teret hódítanak a starterkultúrák, illetve az általuk irányított technológiai folyamatok alkalmazása.

Baktérium-szintenyészeteket starterkultúráként mintegy 40–50 éve használnak a húsiparban, köszönhetően Niinivaara úttörő munkájának Európában és Nivennek az Egyesült Államokban. Jóllehet eredetileg vagy a savtermelés vagy a nitrátredukció volt a fő cél az Egyesült Államokban, illetve Európában, ma a világ számos országában általánosan használják a savtermelő és a nitrátbontó starterkultúrákat, tiszta tenyészetben vagy egymással kevert tenyészetek formájában.

A biológiai tartósítási módszer lényege, hogy starterkultúrát adnak a szárazárupasztához azzal a céllal, hogy cukor jelenlétében tejsavat képezzenek, és így gátolják a nemkívánatos mikrobák szaporodását, de természetesen megfelelő technológiai hatást is váltanak ki. Legfontosabb szerepük a kolbász- és szalámifélék előállításánál a termék biztonságának növelése, az érlelési idő csökkentése, a színiakulás gyorsítása, egyenletes minőségű, állományú termék biztosítása és az eltarthatóság megnövelése.

Védőtenyészetek húsipari alkalmazása

Az utóbbi években számos kutatás foglalkozott olyan baktériumok, főleg tejsavbaktériumok izolálásával, amelyek speciális anyagot, úgynevezett bakteriocint képesek termelni, és amely bakteriocin számos patogén és romlást okozó mikroba szaporodását gátolja. A bakteriocinek fehérje alapú vegyületek, amelyek proteolitikus enzimekkel lebonthatók. Számos baktérium termel bakteriocint, beleértve a *Bacillus*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, *Lactobacillus*,

Listeria, *Mycobacterium*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus* és *Propionibacterium* törzseket.

Mint ismeretes, a tejsavbaktériumok különböző mikrobaellenes anyagokat: tejsavat, diacetilt, hidrogén-peroxidot, másodlagos anyagcseretermékeket és bakteriocineket termelnek, antagonistá hatásukat régóta felhasználják az élelmiszer-tartósításban.

A tejsavbaktériumok közül számos törzs termel bakteriocint. A hagyományos érlelésű szárazáruknál lehet felhasználni azokat a starterkultúrákat, amelyek képesek 14–16 °C-on is szaporodni. Alkalmazásuk jó állományt és egyenletes minőséget biztosít, és a termék mikrobiológiai biztonságát is javítják.

A védőkultúrák alkalmazása megnöveli a termékbiztonságot és használatuk fontos tényezője a mikrobiológiailag biztonságos termék-előállításnak, de a helytelenül, nem megfelelő higiéniai körülmények között gyártott terméket nem teszi megfelelővé.

Kombinált tartósítási módszerek

A hagyományos gyártási technológiával előállított pasztörözött húskészítmények eltarthatósága meglehetősen korlátozott. A vízgőzzáró belek használata néhány hónapos eltarthatóságot biztosít, a termékek azonban hűtőtárolást igényelnek. Csak az újabb ismeretek alapján kidolgozott kombinált kezelés teszi lehetővé a lényeges tartósságnövelést.

Az antimikrobás tényezők együttes alkalmazása gyakran bizonyul szinergens hatásúnak. Az önmagukban nem hatékony tényezők megfelelő kombinációja, vagy az élelmiszerre kíméletes, enyhe mikrobapusztító kezeléseket túlélő mikrobáknak más behatásokra érzékennyé tevő hatása révén jobb eltarthatóságot, illetve jobb termékminőséget vagy nagyobb biztonságot lehet elérni, mint drasztikus egyedi kezelésekkal. Figyelemmel kell azonban lenni a szubletális kezelések stresszhatásának mikrobiológiai következményeire.

A 70-es évek végén vezette be Leistner az akadályelvet, amely számos módosítás után az ún. „polcálló” termékek kifejlesztésének alapjául szolgált. Ezek olyan termékek, amelyek nem romlanak meg, és nem okoznak egészségügyi veszélyt szobahőmérsékletű tárolás esetén sem. A következőkben részletesebben szólnunk erről a termékcsoporról.

Szobahőmérsékleten eltartható termékek

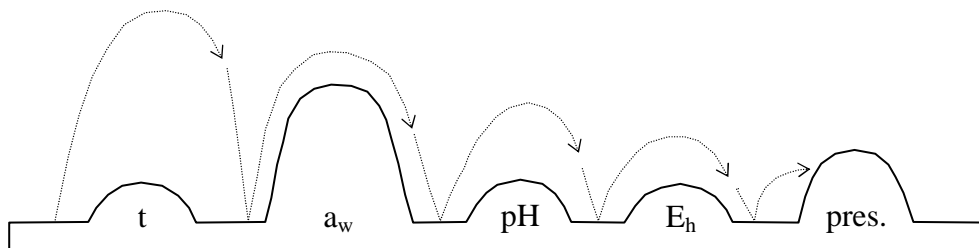
A szobahőmérsékleten eltartható termékek fő tulajdonságai a következőkben foglalhatók össze:

- Biztonságosak és stabilak szobahőmérsékleten tárolás esetén is, természetesen bizonyos időbeli korlátokkal.
- Ezek a termékek hőkezelésen esnek át (ellentétben pl. a szárazkolbászokkal, amelyek szintén biztonságosak és stabilak szobahőmérsékleten is).
- A hőkezelés kevésbé intenzív (100 °C alatt vagy csak kevéssé fölötte történik), mint a teljes konzerveknél, melyeket jóval 100 °C felett hőkezelnek.
- A termékeket általában hermetikusan lezárt csomagban hőkezelik a baktériumos újraszennyeződés megelőzése érdekében. Kivételt képeznek ez alól az ún. a_w -SSP típusú termékek, melyeknél csak a készterméket csomagolják.
- A hőkezelés ahhoz elegendő, hogy a mikrobák vegetatív alakjait inaktiválja. (Kismértékű spórainaktiválódás azért létrejön). A spóraformában túlélő bacillusok és klosztridiumok szaporodásának gátlását a csökkentett vízaktivitás- és/vagy pH-érték, valamint a hozzáadott nitrit biztosítja.

- Az ilyen termékek jellegzetes a_w -értéke kisebb, mint a hagyományos főtt húskészítményeké, de nagyobb, mint az ún. IMF termékeké (Intermediate Moisture Food = közepes víztartalmú élelmiszerek).
- Attól függően, hogy melyik az a tényező, amelyik a tartósításban a legfontosabb szerepet játssza, megkülönböztetünk a_w -SSP, F-SSP és pH-SSP húskészítményeket.

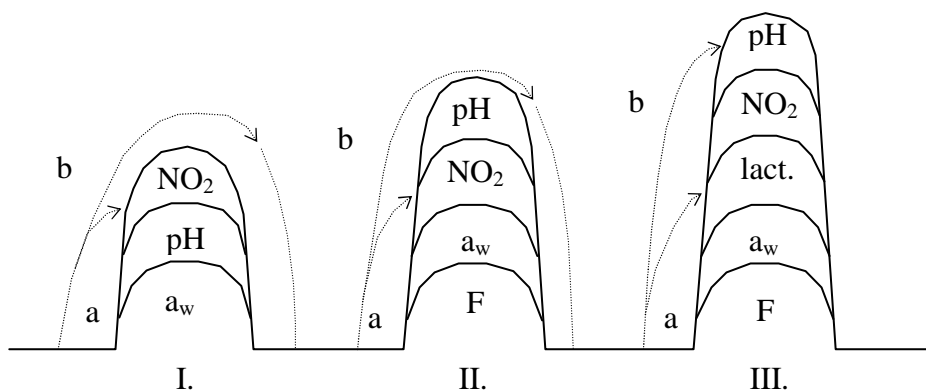
Leistner elmélete szerint a baktériumgátló tényezők, mint pl. nitrit, kis vízaktivitás, kis pH-érték, alacsony hőmérséklet stb. akadályoknak tekinthetők, amelyeket egy adott élelmiszer-rendszerben lévő mikrobák vagy le tudnak küzdeni, vagy nem. Amire egyetlen gátló tényező általában nem képes, hogy tudniillik a romlás- vagy egészségügyi veszélyt okozó mikrobánövekedést megakadályozza, arra az akadályok "intelligens" kombinációja alkalmas (1. ábra). Közelebb áll a realitáshoz, ha ezeket az akadályokat szemléltetés céljából egymás tetejére rajzoljuk (2. ábra) és nem egymás után, mivel a gátló tényezők nem egymás után hatnak a baktériumokra. A hőkezelés nem tekinthető közvetlen gátló tényezőnek, ez ugyanis letális (pusztító) hatású, de a hőkezelés szubletális hatása — hőkárosodott túlélőket okozva — közvetve szintén akadálynak tekinthető.

1. ábra. A Leistner-féle akadályelv



t = hűtés; E_h = redoxpotenciál; pres. = tartósítószer

2. ábra. Mikroorganizmusok gátlásának szemléltetése kombinált kezelések esetén



a = normál mikrobás szennyezettség; b = erős mikrobás szennyezettség;
F = hőkezelés

Hőkezelés és csökkentett pH-érték

A hőkezelésnek és a csökkentett pH-értéknek a kombinációja már régóta ismeretes. A nagy vízaktivitású termékeknel is, ha a pH-érték 4,6 vagy 4,5 alatt van, nem szükséges 2,5-ös F_0 -értékig hőkezelni, hogy biztonságos készítményt kapjunk. Mint ismeretes, a *Clostridium botulinum* spórái 4,5-ös pH-érték alatt nem tudnak kihajtani, ezért nem szükséges azokat hővel olyan mértékben inaktiválni, mint a nagyobb pH-jú termékeknel. A kis pH-érték a spórákat a hőkezeléssel szemben érzékenyebbé teszi.

A savanyított termékekben a pH-csökkentés hatása az adott sav (rendszerint a disszociálatlan savmolekulák) specifikus mikrobiológiai hatásával kombinálódik. A pusztító hatás hőmérsékleti koefficiense a különböző savaknál nem azonos, így a savak hatékonysági sorrendje a hőmérséklettől függ.

A savanyítás, hőkezelés és szárítás kombinációját alkalmazzák egyes fermentált hústermékek előállításánál. A gyártás során starterkultúra hozzáadásával mintegy 24 óras, 37 °C-os inkubálás alatt a kolbász pH-értéke 5,3 alá csökken, majd a terméket 65–70 °C maghőmérséklet eléréséig hőkezelik és 12–14 °C-on érlelik. A hőkezelés elpusztítja a nagy inkubációs hőmérsékleten esetlegesen elszaporodott patogén mikrobákat, a kis pH és a csökkentett vízaktivitás pedig gátolja az egyéb káros mikrobák elszaporodását.

Hőkezelés + só + nitrit + hűtés

A pácolt pasztörözött húskészítmények esetén a hőkezelés nem inaktiválja a termékben lévő összes spóras baktériumot, de mikrobiológiai stabilitás és biztonság szempontjából a legstabilabb készítmények közé tartoznak. Ennek az az oka, hogy a hőkezelést túlélő spóras baktériumok a hűtőtárolás alatt nem képesek a termékben kicsírázni és elszaporodni a jelen lévő só- és nitrittartalom miatt.

Besugárzás + hőkezelés + só + nitrit

A hőkezelés és a besugárzás szinergens hatását a baktériumspórák inaktiválására számos kísérlet igazolja. A hatás kifejezettebb, ha a besugárzást végzik először, és ezután következik a hőkezelés. Ilyenkor a besugárzás a spórákat a hőkezeléssel szemben érzékenyebbé teszi.

A nagy hidrosztatikai nyomás és enyhe hőkezelés vagy kis dózisú besugárzás kombinálásával is fokozott spórapusztító hatás érhető el (GOULD, 1973).

Minden egyes új, kombinált tartósító hatás alkalmazásánál előzetesen, a termékcsoport kritikus mikrobatorzsével, oltásos kísérlettel kell vizsgálatokat végezni.

Só hatása, Na-tartalom csökkentése és ennek mikrobiológiai következménye

A konyhasó a legősibb tartósítószer, régen önmagában használták, most általában a kombinált kezelések egyik tényezője. A konyhasónak rendkívül fontos szerepe van az ízkialakítás és baktériumgátlás (vízaktivitás-csökkentő hatása miatt) szempontjából is. A konyhasót általában nitrittel kombinálják, ritkábban nitráttal. A húskészítményekhez felhasznált konyhasó mennyisége 2–6% között mozog. Néhány éve aggályok merültek fel a NaCl nátrium-tartalma miatt, mert elősegíti a magas vérnyomás kialakulását. Emiatt világszerte kutatásokat folytatnak, hogy csökkentsék a termékek NaCl-koncentrációját. A konyhasó nagymértékű csökkentése jelentős érzékszervi romlással jár és komoly bakteriológiai veszélyt hordoz magában. A megoldást valamilyen kompromisszum útján lehet megvalósítani, vagyis a NaCl-csökkentést egyidejűleg valamilyen egyéb tartósító hatással kell kombinálni. Ilyen módszer pl. más, kis molekulájú só hozzáadása (KCl, MgCl₂, laktátok) és ezzel a vízaktivitás-értéket az eredeti termékéhez közel azonosra beállítani.

A vízaktivitás csökkentésének hatása a mikrobákra

A mikrobák a csökkent vízaktivitást különböző mértékben tűrik. Az élesztő- és penészgombák a legkevésbé, egyes baktériumok, pl. a pszeudomonaszok a leginkább érzékenyek a vízaktivitás-csökkentésre. Az igen kis vízaktivitást tűrő penészek (*Monascus*) 0,62-es vízaktivitásnál is képesek növekedni, ami kb. 800 atmoszféra ozmotikus nyomásnak (80 MPa) felel meg.

Érdekes megjegyezni, hogy a különböző kis molekulatömegű vegyületek a mikrobák növekedését eltérő mértékben befolyásolják: általában a NaCl, KCl erősebben gátolja a vízaktivásra érzékeny mikrobákat, mint a glicerin, de a fordítottja igaz a *Staphylococcus aureus*-ra, amely jellegzetesen kisvízaktivitás-tűrő baktérium. Ez világossá teszi, hogy kevert mikrobapopulációnál a gátlás mértékét nem mindig lehet előre jelezni. Ez különösen igaz akkor, ha a csökkentett vízaktivitást egyéb gátló tényezőkkel együttesen alkalmazzuk. Ennélfogva egy „előre tervezett” tartósítási módszert a gyakorlatban is ki kell próbálni; a kizárólag számításon alapuló tervezés nem elegendő.

Laktátok alkalmazása

A laktátok a tejsavnak nátriummal, kalciummal vagy káliummal alkotott sói, kémhatásuk gyengén savas (pH~6,5), ezért nem csökkentik, de nem is növelik a hústermékek pH-értékét. A laktátok húsipari felhasználásának különösen a szeletelve vákuumcsomagolt termékeknél van jelentősége, ahol a szeleteléskor a termékek könnyen utószennyeződhetnek. Természetesen más jellegű termékek eltarthatóságának növelésére is alkalmas, önmagában vagy más tartósítási eljárással kombinálva (pl. alacsony hőmérsékletű tárolás, csomagolás, utólagos hőkezelés) új, hosszabb eltarthatóságú terméket eredményezve. Mivel a hőkezelés elpusztította a termék eredeti mikroflóráját, a szeletelésnél, csomagolásnál rákerülő szennyező mikrobák versengő flóra hiányában akadálytalanul szaporodhatnak. A laktátok mikrobagátló hatását részben a vízaktivitás csökkentésével, de főleg speciális mikrobaellenes tulajdonságával magyarázzák. A laktátok gátolják a különböző, romlást okozó tejsavbaktériumok, mikrokokkuszok, és több patogén mikroorganizmus: *Staphylococcus*, *Clostridium*, *Listeria* szaporodását. A laktátok mikrobagátló hatása függ a termék típusától, a mikrobafajtól, a tárolás hőmérsékletétől és az alkalmazott laktátkoncentrációtól. A laktátok mikrobagátló hatása 1%-nál kisebb koncentrációban nem érvényesül, legjobb eredmény 2–3% alkalmazásával érhető el.

Új eljárások és technológiák kockázata

Genetikailag módosított szervezetek

Az ún. korszerű mezőgazdasági és a fermentációs ipari gyakorlat – a GMO-szervezetek alkalmazása révén – potenciális egészségügyi és környezetvédelmi kockázat előidézője lehet. A transzgenitikus növények termesztése forrásává válhat az idegen gének horizontális és vertikális átadásának (géntranszfer) a természetes, illetve a vadon élő növények esetében.

Új, káros tulajdonságú kártevő: baktériumok, mikroszkópikus gombák, vírusok, plazmidok keletkezése, virulancia/rezisztencia-tényezők alakulhatnak ki.

Új típusú, illetve módosult, a hasznos rovarokra, madarakra, emlősökre, a talajban élő szervezetekre káros hatású toxikus anyagok rendellenes képződése és feldúsulása következhet be.

Felvetődik a kérdés, hogy a GMO hozzájárulhat-e új típusú és hatású kórokozó tényezők kialakulásához, mint

- patogenitás_fellépte és fokozódása,
- a GMO-szervezetek esetében alkalmazott antibiotikum-rezisztencia genetikai markerek terjedése és hatásuk megítélése,
- a toxikus hatású anyagok (mérgek) termelésének a transzferje,
- allergiát kiváltó fehérjék termelése; ez átlépi-e a hagyományos faji korlátokat (glutén, szója-, diófehérje).