

A csomagolóanyagok jelentősége az élelmiszerek mikrobiológiai minőségének megőrzésében

A csomagolóanyagok mikrobiológiai kockázata

Az előállított élelmiszerek jó minőségben, egyre hosszabb ideig való megőrzésében fontos szerepe van a csomagolásnak. A modern élelmiszer csomagolóanyagokkal szemben egyre fokozódnak az igények.

Védelmet kell nyújtson a kémiai, fizikai, mikrobiológiai romlás ellen, meg kell feleljen a higiéniai követelményeknek, ellenállónak kell lennie a tartósító eljárásoknak, a tárolási körülményeknek, az anyagmozgatás igénybevételének és a korróziós folyamatoknak. Fontos szempont, hogy esztétikailag kifogástalan legyen, egyre bővülő információkról hitelesen tájékoztasson, marketing elemeket tartalmazzon és végül de nem utolsó sorban legyen újra hasznosítható, vagy biológiailag lebomló legyen, illetve ártalmatlanítása esetén környezeti szennyező hatása a lehető legkisebbnek legyen.

A csomagolás hatására megváltozik az élelmiszer mikroökológiai környezete, amely jelentős mértékben befolyásolja az élelmiszer mikrobátársulását, ennek megfelelően mind a minőségi, mind az élelmiszerbiztonsági paramétereket azaz befolyásolják a minőségmegőrzési időtartamot. A csomagolás és csomagolóanyagok mikrobiológiai hatásaira kívánom felhívni a figyelmet ezzel a cikkel.

1. A csomagolás és csomagolóanyagok mikrobiológiai megítélése

Mikrobiológiai eredetű romlásokat, egészségügyi kockázatot az élelmiszerekben lévő, vagy odakerülő káros mikroorganizmusok elszaporodása okozza. Élettevékenységük során az élelmiszerekben lévő fehérjék, szénhidrátok, zsírok lebomlanak, miközben kellemetlen íz, aroma, esetleg toxikus anyagok keletkeznek.

A csomagolóanyagok mikrobiológiai megítélésénél ezért fontos, hogy azok az élelmiszer káros mikroorganizmusokkal történő utószennyeződését megakadályozzák, de legalább annyira fontos, hogy maga a csomagolóanyag ne legyen romlást okozó mikroorganizmus hordozója. Biztosítaniuk kell a helyes páratartalmat és /vagy gázösszetételt (áteresztőképességet), a mikrobiológiai **korrózió megelőzését, tartósító eljárásoknak és az anyagmozgatásnak való ellenállást, és lehetőség szerint a termékben lévő mikroorganizmusok szaporodásának gátlását. A csomagolóanyagokon kötelező jelölések között szereplő minőségmegőrzési időtartam megállapítása is a legtöbb élelmiszer esetén mikrobiológiai módszerekkel történik. Környezetvédelmi szempont továbbá, hogy az újra nem hasznosítható csomagolóanyagok biológiailag lebomlóak legyenek, amelyben szintén jelentős szerep jut a mikroorganizmusoknak.**

1.1. Az utószennyeződés megakadályozása

Az utószennyeződés megakadályozása olyan mikrostruktúrával rendelkező csomagolóanyaggal érhető el, amely a mikroorganizmusok behatolását, mint mikrobaszűrő lehetetlenné teszi, másrészt maga a csomagolóanyag nem szennyeződik a felhasználás előtt (pl. szállítás, raktározás során).

A csomagolóanyagok zömét kitevő műanyagok technológiája következtében a spórák kivételével a mikroorganizmusok elpusztulnak. A szennyeződés a csomagolóanyag kikészítése során jöhet létre, mikor levegővel, vízzel festékkel stb. érintkezik. Elősegítik a mikroorganizmusok megtelepedését a zsíros, piszkos kéz, maga a csomagolási művelet, de szennyezhetik raktári kártevők, általában a nem megfelelő tárolási körülmények, amely során sokszor éppen az „helyi mikrobiota” telepszik meg a felületen, amely a termék romlását eredményezheti. A csomagolóanyagok utólagos mikrobiológiai szennyeződése bizonyos mértékben csaknem elkerülhetetlen, de a szennyező mikrobiota összetétele és száma mind minőségi, mind élelmezés-egészségügyi szempontból nagyon lényeges.

Az élelmiszerek és a velük érintkező anyagok és tárgyak szükségszerűen kölcsönhatásba lépnek egymással, és bizonyos komponenseiket átadják, átadhatják egymásnak.

A higiéniai szempontból való alkalmasság megítélésének a célja annak megállapítása, hogy a kérdéses csomagolóanyagból milyen anyag milyen mennyiségben kerülhet be az élelmiszerbe. Minősítés a vonatkozó jogszabályok alapján történik.

A csomagolóanyagokat szennyező mikrobiota összetétele és száma meg kell feleljen a 4/1998 EüM rendeletben előírt határértékeknek. A termék minőségi kockázata szempontjából természetesen az is nagyon fontos, hogy romlást okozó mikroorganizmusok se kerüljenek a csomagolóanyaggal az élelmiszerekbe. Mikrobiológiai hibák/okozat elemzéskor, üzemellenőrző fázisvizsgálatok végzésekor, HACCP rendszerek validálásakor e szempontokat is figyelembe kell venni. Higiéniai mikrobiológiai szempontból kifogásolható csomagolóanyagok esetében a mikrobacsökkentés módszereit is igénybe kell venni (pl. sugárkezelés).

Higiéniai toxikológiai problémát a csomagolóanyagokból az élelmiszerekbe kerülő nem kívánt komponensek a műanyagok monomerjei, foto-stabilizátorok, csúszást segítő anyagok, lágyítók, nyomdafestékek és azok iniciátorai, fémek stb migrációja jelenthet, amely a mikrobák élettevékenységére is hatással lehet. E tekintetben a csomagolóanyag meg kell feleljen a 10/2011/EK rendeletben előírt határértékeknek.

1.2 A helyes páratartalom és/vagy gázösszetétel biztosítása (megfelelő áteresztőképesség)

Mikroorganizmusok szaporodási feltételei 0,65 vízakaktivitási érték alatt megszűnnek. A csomagolóanyagnak meg kell akadályoznia áteresztőképessége révén, hogy a termék vízakaktivitása úgy változzék meg, hogy lehetővé váljék mikroorganizmusok (romlást okozó és/vagy patogén) szaporodása.

Az alacsony víztartalmú élelmiszerek esetében a helytelen tárolás és csomagolás eredményeként jelentős víztartalom növekedés következhet be, amely kedvez a romlást okozó mikrobák elszaporodásának. Az alacsony víztartalmú élelmiszerek esetén a vízakaktivitás növekedhet vízáteresztő csomagolás esetén a környezetből bejutó víz hatására éppen úgy, mint hőmérsékletingadozás hatására bekövetkező belső páralecsapódás következtében egy vízgőzt át nem eresztő csomagolás esetén.

Magas vízakaktivitású termékek MAP csomagolása esetén a megfelelő gázösszetétel megőrzése a cél, alkalmas fólia kiválasztásával. A csomagolásnak célszerűen olyannak kell lenni, hogy az áruk

gépesített mozgatását, rakodását, és az automatizált, számítógéppel irányított tárolást is lehetővé tegye. Különös figyelmet igényel ilyen szempontból a MAP. mivel ez a csomagolási mód nagy térfogatú gáz csomagolásával is együttjár.

1.3. Korrózió megelőzése

E témában csak a mikrobiológiai korrózióra térek ki. A műanyagok egy része mikrobák által támadható. Ennek eredményeként azonkívül, hogy élelmezés-egészségügyi, minőségi problémát okozhat, a különböző műanyagok károsodhatnak is, mechanikai, fizikai kémiai paraméterei megváltozhatnak. A lágyítók és stabilizátorok biológiai hidrolízise következtében a csomagolóanyag rideggé válhat, a mikroorganizmusok enzimeji megtámadják a lágyító anyagot, így tömegcsökkenés állhat elő (*P.aeruginosa* hatására a lágyító veszteség akár 90 %), a kiválasztott anyagcseretermékek elszíneződést okozhatnak és megváltozhat az áteresztőképesség is. Ezeket a tulajdonságokat különösen a hosszú minőségmegőrzési időtartammal rendelkező termékek esetében kell figyelembe venni.

A biológiai korrózió gyakori okozói a penészgombák, melyek közül soknak táptalajként már a szerves anyag nyomai is elegendőek, így a műanyagokon is meg tudnak telepedni. Megtelepedésükben jelentős szerep jut a felhasznált lágyítóknak. A zsírsav származékok pl. jó táptalajul szolgálnak, míg a ftálsavszármazékok ellenállnak. A baktériumok közül a *Pseudomonas aeruginosa* képes lágyítóvesztést okozni pl. dioktil sebacát (DOS) esetében. A műanyagok támadhatóságát vizsgálva nem elég csak a lágyítókat vizsgálni, mivel a stabilizátorok (fémkarboxilátok, organikus ólomszulfát származékok, szerves ónvegyületek) hatására alapvetően megváltozhat a műanyagok stabilitása. Mindezek alapján kiterjedten ajánlanak műanyagok biológiai stabilitásának növelésére biocideket. A mikroorganizmusokkal szemben ellenálló műanyag csak a lágyító, stabilizátor és biocid gondos kiválasztásával állítható elő. Fontos szempont a felhasznált anyag élelmiszerrel való összeférhetősége, íztelen, szagtalan volta.

1.4. Tartósító eljárásnak való ellenállás

A mikroorganizmusok élettevékenységének megakadályozására, vagy gátlására kifejlesztett tartósító eljárások jelentős igénybevételt jelentenek a csomagolóanyagra. Kémiai eljárással tartósított (pácolt, füstölt, savanyított, vegyszeresen kezelt) termékek esetében azok fizikai kémiai tulajdonságait kell figyelembe venni, a csomagolóanyagnak a termék kémiai agresszivitásának kell ellenállni, továbbá olyan záróképességgel kell rendelkeznie, amely a tartósítószer koncentrációját a tárolás során biztosítja, különös tekintettel MAP csomagolás esetén.

Hőelvonásos és hőközléses tartósítás esetén a csomagolóanyag mechanikai és kémiai szilárdságának el kell bírnia a mikrobapusztuláshoz szükséges hőterhelést, továbbá a hőmérsékletváltozás hatására a csomagolóanyagból az élelmiszerbe egészségre ártalmas anyag nem diffundálhat.

Sugárzás illetve kombinált tartósítás esetén csomagolástechnikai szempontból fontos, hogy a közölt energia (sugárdózis) ne okozzon szerkezeti változást. Ezek egyrészt az anyag keményedéséhez, ridegedéséhez vezethetnek, másrészt olyan molekulacsoportok leválása (degradáció) következhet be, amelyek befolyásolhatják az élelmiszer élvezeti értékét.

1.5. Tájékoztató

A csomagolás hordozza az esztétikai megjelenítésen túl az élelmiszerek kötelező jelölési adatait, a marketing célú üzeneteket, amelyekből mikrobiológiai szempontból fontos a termék minőségmegőrzési időtartamának a megjelölése, amely annak mikrobiológiai validálásával állapítható meg a legtöbb fogyasztásra kész élelmiszer esetén. (EU guidance 2008)

1.6. Környezetvédelem

A felhasznált hagyományos csomagolóanyagok a kommunális hulladék egyre nagyobb részét, kb. 30 %-át képezik. Ebből nemzetközi adatok szerint kb. 13 % le nem bomló műanyag.

A korszerű csomagolóanyag újra hasznosítható, ehető vagy biológiailag lebomló illetve ártalmatlanítása esetén környezeti szennyező hatása a lehető legkisebb.

A lebontásban szintén jelentős szerep jut a mikroorganizmusoknak.

2. Új irányok a csomagolástechnikában és azok mikrobiológiai vonatkozásai

A fentiek alapján a csomagolóanyagoknak terméktípustól, technológiától, tárolástól függően igen sokféle követelménynek kell megfelelnie. Tulajdonságaikat igény szerint módosítani kell részben szerkezeti mikrostruktúrájuk megváltoztatásával, részben különböző tulajdonságú anyagok társításával (bevonás, kasírozás, rétegelés), papír-, alumínium-, műanyag fóliakombinációk létrehozásával. Az utóbbi években a csomagolóanyagokat olyan fóliákkal és bevonatokkal látják el, amelyek a becsomagolt termékkel kölcsönhatásban elősegítik annak védelmét, eltarthatóságát. Ezek a csomagolóanyagok a termék felhasználásáig aktívan közreműködnek a termék minőségének megőrzésében, így az ilyen csomagolást interaktív csomagolásnak is nevezik. „Ezek sajátossága, hogy a „hagyományos” védő feladaton túl, adalékanyaggal és/vagy aktívan működő polimerekkel kölcsönhatást hoznak létre az élelmiszer, a csomagolóanyag és a csomag belső gáztere között úgy, hogy a termék minőségét hosszabb ideig biztonságosan megőrizze. A „hagyományos” csomagolás alapvetően passzív védőfal a termék és a környezete között, az interaktív csomagolás „működik”, kiterjesztve a csomagolás hagyományos funkcióit, így pl. megelőzi a becsomagolt élelmiszer romlását mikrobagátló anyagokkal (pl. O₂ lekötés, vízgőzabszorpció, etilén-lekötés), érzékeli a csomagolt terméket érő hatásokat (UV sugárzás, hőmérséklet, mechanikai behatások, szivárgás, romlásból eredő folyamatok) és ezekről információt nyújt különböző indikátorok, hangjelzők, adatrögzítők, stb. segítségével.” Az aktív csomagolás hozzájárul a romlás megelőzéséhez, ezen keresztül a minőségmegőrzési időtartam meghosszabbításához, javítja az egyes tulajdonságokat (pl. szín, íz, aroma, küllem), aktív választ ad a termék egyes tulajdonságaiban vagy a környezetben végbement változásokra, informál a termék „előéletéről”, jelzi a zárás sértetlenségét, bizonyítja a termék eredeti állapotát.

Természetesen a már hagyományosnak számító csomagolási módszerek között is vannak a fenti értelmezés szerinti interaktív csomagolások, ilyenek pl. a páralekötő, -mentesítő anyaggal végzett vagy a módosított légterű csomagolások.

Az etilalkoholt fejlesztő tasakos rendszer jó példája a mikrobagátló gázrendszereknek. A csomagolt pékáru légterébe kerülő etilalkohol gátolja a penész kifejlődését a termékben. Az oxigén-lekötő rendszerek az oxigén abszorbeálása révén egyrészt megvédik a becsomagolt terméket az aerob baktériumok (főleg a penészek) növekedésétől, másrészt az élelmiszer alkotórészeinek nem kívánatos oxidációjától.

A mikrobagátló tartósítószeret tartalmazó és ezt az élelmiszernek „átadó” polietilén fóliák működésének két formája van. Az egyik amikor a csomagolóanyag szorosan érintkezik a termékkel, azt szinte teljesen körülveszi (pl. a sajt csomagolása vagy az aseptikus italcsomagolás, a másik amikor a csomagolóanyag és a termék között kitöltetlen tér (fejtérfogat) van (pl. a poharas termékek).

Az első esetben a mikrobagátló, nem illékony adalékanyag diffúzióval jut át a fóliából az élelmiszerbe, ott szétosztódik, kémiaiilag megkötődik. A másik esetben az egyensúlyi állapot elérésekor, az aktív, illékony adalékanyag széteszik a fólia, a fejtérfogat és a termék között.

A hatásmechanizmusukat minden esetben (más-más élelmi-szer, csomagoló- vagy adalékanyag) pontosan ki kell vizsgálni, mert csak így lehet pontosan meghatározni a csomagolóanyagba beépített és azt szabályozottan kibocsátó aktív adalékanyag-mennyiségeket.

Újabban ezeket az anyagokat, módszereket az ehető, biológiailag lebomló csomagolóanyagoknál is alkalmazzák, beépítve ezekbe az aktív alkotórészeket, anyagokat, mint pl. antioxidánsok, színezőanyagok, ízesítőanyagok, tápérték-fokozók és fűszerek.

A nem ehető csomagolóanyagok tulajdonképpen bármilyen egészségre nem ártalmas (adalék-) anyagot tartalmazhatnak, mint pl. oxigén- és vízgőz abszorberek, szerves savak és sóik, alkoholok, antioxidánsok, stb. Ehető fóliák és bevonatok esetén azonban ezen adalékanyagok felhasználható mennyisége korlátozott, mert ezeket egyrészt be kell dolgozni a fólia alapanyagába (kompaundálás) másrészt, mivel az élelmiszerrel együtt megesszük, ez hatással van az adalékanyag mértékére.
<http://www.agraroldal.hu/polimer-2.htm>

Ehető csomagolás új perspektíva az élelmiszeriparban, mely mikrobiológiai védelmet, így hosszabb eltarthatóságot biztosít. A különféle bevonatok megakadályozzák a CO₂, H₂O, aromakomponensek kiáramlását és az O₂ beáramlását, továbbá mechanikai szilárdságot biztosítanak. Fontos, hogy a bevonat ne ragadjon az egyéb csomagolóanyaghoz, kézhez, továbbá, hogy a szájjában oldódjon fel, ne a kézben.

Ehető bevonatok lehetnek:

Poliszacharidok, (Cellulóz, keményítő, karragenát, pektin, alginátok, természetes gumifélék)
fehérjék, (zselatin, kazein, albumin+zselatin, szója fehérje, savófehérje)
lipidek, (Felületaktív lipoprotein, lecitin, Viaszok (méhviasz, paraffin, karnauba)
gyanták, (fenyőbalzsam, gyümölcsfa gyanta, mézga) és különféle
kompozitok

Az ehető bevonatok „adalékanyagai” a megfogalmazott célnak megfelelően:

Antimikrobás anyagok, antioxidánsok (E-vitamin, C-vitamin), íz, illat-és aroma anyagok, pigmentek, szíanyagok, tartósítószeresek, vitaminok, probiotikumok (*Bifidobacterium lactis*), és ásványi anyagok lehetnek.

Néhány új elképzelés az élelmiszer csomagolás területén:

Wikicell: „futurisztikus” csomagolás

A WikiCell valójában két rétegű csomagolást jelent. Az elsődleges csomagolás ehető, többnyire természetes élelmiszer-részecskék: csokoládé, dió, gyümölcs és magvak (ilyen lehet például a csokis fagyi süti tésztával bevonva, vagy joghurt áfonya bevonattal). A szőlő héjához hasonlóan mosni lehet, mint egy darab gyümölcsöt. A másodlagos kemény csomagolás, lehet ehető, vagy nem ehető. A nem ehető külső csomagolás is teljesen lebontható, így kevésbé szennyezi a környezetet. A WikiCell csomagolást professzor David Edwards találta fel, hogy kétrétegű védelemmel lássák el a folyadék, hab, vagy szilárd élelmiszer részeket.

Az első réteg három fő részből áll: apró élelmiszer-részecskék, mint a csokoládé, gyümölcs, dió vagy mag; a tápláló ion-, mint a kalcium, és egy természetes molekula, mint a kitozán (ami a szervezetben megtalálható) vagy alginát (ami az algából származik). E három részből álló gél a vizet az étel, vagy az ital belsejében tartja.

A második réteg, a védő réteg, mint a tojás karton csomagolása. Ez lehet teljesen ehető izomaltit (egyfajta édesítőszer), valamint a biológiailag lebomló réteg, ami készülhet baggase-ból (mi marad, ha cukrot cukornádból) vagy a tápiókából.

A közeljövő termékei a WikiCell jégkrém, joghurt és gyümölcslé.

A nanotechnológia alkalmazása az élelmiszerek csomagolóanyagainak kialakításában:

- nanokapszulák kialakítása funkcionális élelmiszer-összetevők szállítása, védelme érdekében pl étrend-kiegészítők kapszulákban micellákba zárt Q10 koenzimmel
- nanoborítások nanoszerkezetű többrétegű emulziókkal pl. antimikrobiális filmréteg létrehozása
- biopolimer nanorészecskékkel funkcionális anyagok bevitele
- nanokompozíciók bevitele a termékek nyomonkövetése, azonosítása, hamisítás elleni védekezés és pl. műanyag palackok erősítése érdekében
- nanoszenzorok beépítése patogének és egyéb szennyeződések érzékelésére

Magyarországon is folyik kutatás nanotechnológiával módosított csomagolóanyagok fejlesztésére, a biopolimerek tulajdonságainak nanotechnológiai módszerekkel történő javítására..

Mind nagyobb igény mutatkozik például arra, hogy a csomagolóanyag antibakteriális tulajdonságú legyen. Elvileg arra is lehetőség van, hogy a csomagolóanyagba ültetett érzékelők segítségével azt is ellenőrizni lehet, hogy a terméket szállítás közben nem nyitották-e ki, illetve, hogy nem romlott-e az áru.

A csomagolóiparban a másik nanotechnológiás irány a biológiai úton lebomló természetes alapanyagú polimerek, azaz biopolimerek hátrányos tulajdonságainak a javítása nanoméretű adalékanyagokkal.

Ha biopolimerről beszélünk, akkor elsősorban a politejsavra (PLA) kell gondolni, amely a tejsav polimerizációjával keletkező, biológiai úton lebomló anyag. A PLA-ból készült csomagolóanyagoknak ugyanis rossz az aroma- és gázzáró képessége, nem megfelelő a szilárdsága és rideg. Nanoméretű anyagokkal – agyagásvány-őrleménnyel vagy nanokristályos cellulózzal – azonban kiküszöbölhetjük ezeket a hátrányos tulajdonságokat.

Különböző miniatürizált szenzorokat készítenek, hogy minél több információt nyerhessünk az adott termék állapotáról. Minél többet tud egy csomagolás, annál könnyebben eladható a benne rejlő termék is.

Egyes szerzők azonban felhívják a figyelmet, hogy jobban oda kellene figyelni a nano titán-dioxid élelmiszeripari felhasználása és annak központi idegrendszerre gyakorolt hosszútávú hatására.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24658543>

Az új csomagolástechnikai irányok mikrobiológiai vonatkozásai

GONDOLATOK

Az új csomagolási módszerek egyre jobban terjednek mindennapjainkban. A JWTIntelligence elemző stratégiái szerint 2014 évre vonatkozóan a várható trendek hetedik helyén az ehető csomagolások fejlesztése áll. A gyors technikai fejlesztések mellett azonban kevesebb tanulmány jelenik meg a következő tartalmakkal:

- az ökológiai lábnyom kisebb, de a mikrobiológiai környezet hogyan változik, mit szól hozzá a bennünk élő, egy asztalnál falatozó 1,5 kg baktérium (150 faj), hogyan kommunikálják le az új anyagok érkezését, azaz milyen ezen termékek mikrobiomra való hatása
- **Nem csak a makro, a mikroökológia is fontos, a környezetvédelem mellett a közvetlen ember védelem is fontos, hiszen** Szent-Györgyi Albert szerint
 - „A levegő tisztasága, nedvességtartalma és hőmérséklete, a zaj és az izgalom, a fizikai munka mennyisége mind igen fontosak. De környezetünkkel való kapcsolatunkban az egyik legalapvetőbb tényező az étel, mivel környezetünk az ételek formájában hatol be szervezetünkbe a legközvetlenebbül”
- a csomagolás megváltoztatja a mikroökológiai környezetet, más mikrobiota alakul ki az élelmiszer tárolása során, így más romlási/élelmiszerbiztonsági kockázatokkal lehet számolni
- hiányoznak a folyamatos monitorozás eredményei, pedig a mikrobák változékonysága határtalan. Az új technológiai környezethez előbb utóbb hozzászokhatnak olyan mikrobák, amelyek un. szálláscsinálók, akik a végső romlást okozóknak megteremtik a feltételeket
- optimális tartósítószer bevitelhez nemcsak a mikrobatársulást kell ismerni, hanem a mikrobiomra való hatást is,
- A mikrobagátló tartósítószeret tartalmazó és ezt az élelmiszernek „átadó” polietilén fóliák működésének hatásmechanizmusát minden esetben (más-más élelmi-szer, csomagoló-

vagy adalékanyag) pontosan ki kell vizsgálni, mert csak így lehet pontosan meghatározni a csomagolóanyagba beépített és azt szabályozottan kibocsátó aktív adalékanyag-mennyiségeket

- védekezés a mikrobiológiai veszélyek ellen---kémiai veszély –kényes egyensúly meghatározása nagyon fontos, különösen az ehető csomagolás esetén
- ami az ember számára táplálék az a mikrobák számára is az lehet (biopolimerek)
- nemcsak allergén!! mikroökológiai környezet komplex hatása –mikrobiomra gyakorolt hatás

Ma már kezdenek megjelenni az alábbi közleményekhez hasonló figyelmeztetések:

Felismerve bizonyos nanoanyagok toxicitását, az ANSES szigorúbb szabályozási háttérrel tart szükségesnek

Miután a nanoanyagok egyre jobban terjednek mindennapjainkban (elelmiszerek, kozmetikumok, textiliák,

festékek, orvosi alkalmazások stb.) es szamos kerdes fogalmazodik meg veluk kapcsolatosan, a francia

elelmiszerbiztonsági hatóság (ANSES) attekintette a nanoanyagok egeszseguyi es környezetvedelmi kockazataival kapcsolatos rendelkezésre allo szakirodalmat, a szakertői programok eredményeit. E tanulmány segít tudományos alapon tisztázni es bemutatni a nanoanyagok elő szervezetekre es környezetre gyakorolt toxikus hatását. A tema osszetettsége miatt nehéz a nanoanyagokkal osszefuggő sajátos kockazatok értékelese.

A hatóság szuksegesnek látja a kockázatkezeles mielőbbi javítást, egy europai szintű szabalyozasi hatter kialakítást.

Nano-ezüstöt tartalmazó műanyag tárolódobozt vettek le a polcokról

Az Egyesült Államokban levetettek a polcra egy nano-ezüstöt tartalmazó műanyag tárolódobozt, mivel nem regisztrált peszticidet tartalmazott. A vállalat állítja, hogy a nano-ezüst segíti a penész, gomba es bakterium novekedesenek gatlását. Allitasok azonban csak ugy tehetők, ha a termeket megfelelően vizsgáltak es regisztráltak az EPA-nal, ami nem törtent meg. Ez az első alkalom, hogy elelmiszerral kapcsolatban használt, nanotechnológiával készült termeket kivonnak a forgalomból.

<http://www.foodsafetynews.com/2014/04/epa-stops-sale-of-food-containers-made-with-nano-silver/#>.

Az élelmiszeradalék minőségű titán-dioxid rombolja a vékonybél mikrobolyhait in vitro kísérletekben

A titán-dioxid élelmiszeradalékokat széleskörűen alkalmazzák az élelmiszerekben színezékként. Korábban már kimutatták, hogy bizonyos élelmiszeradalékként forgalmazott titán-dioxidok jelentős mennyiségben tartalmaznak nano méretű részecskéket. A nano méretű titán-dioxid kis méretüknek köszönhetően elfogyasztás után kölcsönhatásba léphet a bélrendszer nyálkahártyájával. A vékonybél nyálkahártyája felelős a tápanyagok felszívódásáért. A bélbolyhok felszínét alkotó sejtek mikrobolyhokat tartalmaznak a felület megnövelése érdekében. Amerikai kutatók a *Cell Biology and Toxicology* című tudományos folyóirat júniusi számában titán-dioxid élelmiszeradalék bélhámsejtekre gyakorolt hatását vizsgálták sejtvonalas kísérletekben. A vizsgált élelmiszeradalékként forgalmazott valamint a rágógumi cukorbevonatából kinyert titán-dioxid elektronmikroszkópos vizsgálata szerint a részecskék mintegy 25%-a nano méretű volt. Korábbi sejtvonalas kísérletek márutáltak arra, hogy a titán-dioxid rombolja a mikrobolyhokat, azonban az in vitro kísérletek eredményeit többen a kísérleti elrendezés miatt bekövetkező esetleges ülepedésnek tulajdonítják. A szerzők ezért kétféle elrendezésben is elvégezték a sejtvonalas kísérleteket, és mindkét esetben a mikrobolyhok sérülését tapasztalták, azaz az észlelt hatás független volt az esetleges ülepedéstől. Az eredmények tehát azt mutatták, hogy a bélhám sejtvonalaksejtjei élelmiszer minőségű titán-dioxid hatására elveszítik mikrobolyhaikat, amely valódi biológiai hatást jelent, nem pedig a kísérleti elrendezésből eredő műtermék.

3. Az élelmiszer csomagolóanyagok mikrobiológiai vizsgálata

3.1 Élelmezésegészségügyi alkalmasság megítélése

élelmezésegészségügy szempontból nagyon lényeges a csomagoló anyagok mikrobiológiai tisztasága, felületi mikrobiológiai szennyezettsége meg kell feleljen a 4/1998. (XI.11.) EüM rendeletben előírt határértékeknek. A termék minőségi kockázata szempontjából természetesen az is nagyon fontos, hogy romlást okozó mikroorganizmusok se kerüljenek a csomagolóanyaggal az élelmiszerekbe.

3.2. Védőképesség megítélése

3.2.1. vízgőz, gáz, aroma, fény átteresztőképesség jelentősen befolyásolja az élelmiszerek fizikai, kémiai, mikrobiológiai állapotát. Ennek optimális kiválasztása a termékek minőségmegőrzési időtartamának növelését eredményezheti. Egyszerű fizikai módszerekkel ellenőrizhető.

3.2.2. mikrobiológiai záróképessége abból a szempontból jelentős, hogy a csomagolóanyagon kívül lévő mikroorganizmusok átnövése lehetséges-e, mert átnövés, vagy átjutás során közvetlenül veszélyeztethetik a termék minőségét és biztonságát.

3.3. Ellenállóképesség megítélése

3.3.1. Baktérium és penészállóság megítélése

Annak a megítélését jelenti, hogy a mikroorganizmusok képesek-e asszimilálni a műanyag csomagolóanyag valamelyik alkotóját. Ehhez az elemzéshez a szénforrás szempontjából legigénytelenebb baktériumot (*Pseudomonas aeruginosa*) és penészgombát (*Aspergillus niger*) alkalmaznak. Baktérium- ill. penészálló a műanyag, ha 28-30 napos szénforrást nem tartalmazó minimál tápoldatban szaporodás nem tapasztalható.

3.4. Gázösszetétel hatása a mikrobiota összetételére

3.5. Minőségmegőrzési időtartam meghatározása

4. A csomagolási technológia hatása a mikroorganizmusokra

A csomagolási technológia hatását az élelmiszerekben jelen lévő mikroorganizmusokra a húsipari termékek példáján mutatom be. Ennek alapján fel kívánom hívni a figyelmet a mikrobiológiai fázisvizsgálatok és a mikrobiota feltérképezés fontosságára, amely ajlapján a csomagolásfejlesztés optimalizálása végezhető.

4.1. A nyers hús, mint mikroökológiai környezet

Az egészséges vágóállatok húsipari célra felhasznált izomzata baktérium-, vírus- és gomba- mentes. A hús az állatok testfelületéről és az eszközökről, berendezésekről fertőződhet, hiszen az egészséges állatok is mikroorganizmusok millióit hordozzák a bélrendszerükben és a testük felületén.

Ez a kezdeti fertőzés azért jelentős, mert a későbbi folyamatok közben kenődéssel a többi húst is szennyezheti és mind a hús, mind a belőle készített termékek eltarthatóságát hátrányosan befolyásolja.

A húson és húskészítményeken a legkülönbözőbb mikrobák fordulhatnak elő, hiszen a nyers hús tökéletes táptalaj a mikroorganizmusok, leginkább a baktériumok számára. A nyers húsok szabad víztartalma magas, a könnyen hozzáférhető glükóz, peptidok, aminosavak, fém ionok, oldható foszforvegyületek mind hozzájárulnak és alkalmassá teszik a húst a mikrobák szaporodásához. Azok a mikrobák, amelyek proteolitikus és lipolitikus aktivitással rendelkeznek, előnybe kerülnek a többi mikroorganizmussal szemben, mert számukra felhasználhatóvá válik a hús fehérje- és zsírtartalma a proteáz és lipáz enzimeiknek köszönhetően. Elszaporodásuk esetén különböző romlási jelenségek fordulhatnak elő (nyálkásodás, rothadt szag, savanykás szag).

A húsok és húskészítmények romlási jelenségei függenek az aerob vagy anaerob viszonyoktól, másrészt a hőmérsékleti viszonyoktól. A nyers húsok romlásában szerepet játszó tényezők a hús szerkezeti állapota (féltest, felvágott hús, darált hús), a pH, a húsfelület vízáktivitása, az oxigén viszonyok és a tárolási hőmérséklet.

Nyers húsok domináns mikroflóráját a Flavobactérium, Pseudomonas, Moraxella, Micrococcus, Lactobacillus, Enterococcus nemzetség, valamint a higiéniai körülményektől függően az Enterobacteriaceae család tagjai alkotják. A nyers húsok 5 %-ában *Brochothrix thermosphacta*t is kimutattak.

25 °C felett gyorsan megindul a baktériumos romlás, elsősorban a Streptococcusok, a Clostridium perfringens, majd a fehérjebontó Clostridiumok szaporodása következtében.

Közepes (15-25°C) hőmérsékleten (pl. ha az előhűtés vágás után nem elég gyors) a Clostridiumok és a Bacillusok váltják ki a csont környéki romlást, a felületi elváltozásokat a bélbaktériumok és a Pseudomonasok okozzák.

Alacsony (<5°C) hőmérsékleten az egészségügyi veszélyt okozó baktériumok nem szaporodnak el, kivétel a *L.monocytogenes* és a *C.botulinum* E-típus. A hűtőtárolás természetesen nem akadályozza meg az

összes baktérium szaporodását, mivel egyesek minimális szaporodási hőmérséklete akár -2°C alatt is lehet.

Aerob körülmények között a tárolt húson a *Pseudomonas*ok igen gyorsan uralomra jutnak, különösen alacsony hőmérsékleten a nagy vízaktivitás miatt a nyers hús felületén a nyálkásodást a fehérjebontó *Pseudomonas*ok okozzák, kísérőflóraként *Aeromonas*ok, *Flavobacterium*ok, *Micrococcus*ok, *Lactobacillus*ok és *Enterobacteriaceae* tagjai is megjelenhetnek. Ezek egymás növekedését nem befolyásolják, amíg a maximális sejtszámot el nem érik.

Amikor a baktériumok szaporodásuk közben a $10^7/\text{g}/\text{cm}^2$ körüli sejtszámot elérik, megjelenik a jellegzetes tapadó, nyálkás felület, és a jellegzetes mellékszag (ez nem azonos a fehérje rothadási szaggal, amit *Clostridium*ok okoznak). Aerob körülmények között egyértelműen a *Pseudomonas*okat teszik felelőssé a hús romlásáért, mivel a H_2S termelésük miatt szulfomioglobulin alakul ki, amely a *zöldülés*ért felelős, proteolitikus és lipolitikus fermentációjuk miatt pedig íz és szagelváltozásokat idéznek elő.

Anaerob viszonyok között a *Lactobacillus*ok antimikrobás hatású anyagcseretermékeket állítanak elő, amely gátolja a többi faj szaporodását. A tejsavbaktériumok generációs ideje a hűtőtárolás hőfokán (4°C) 25 óra, így 8-9 nap alatt elérheti a $10^8/\text{g}$ értéket. A *Lactobacillus*ok H_2O_2 -t termelnek, melyből a peroxidáz enzim oxigént szabadít fel, mely katalizálja a miogloblin oxidálását és a *zöld színű* choleglobin keletkezik.

A vágás után a hús pH-ja 7,0 körüli, de a glikolízis eredményeképpen ez a normális húspanban 5,5-5,7-re csökken, ami még nem akadályozza meg a legtöbb romlást okozó mikroba szaporodását.

2.3.2. A csomagolt nyers hús, mint mikroökológiai környezet

A csomagolás egyik legfontosabb feladata a termék mennyiségének és minőségének, táplálkozásbiológiai és élvezeti értékének a megőrzése. A csomagolással a termék minőségét javítani nem, csak megőrizni lehet, és a megjelenést javíthatjuk. Húsok esetén a táplálkozásbiológiai és élvezeti érték szorosan összefügg a mikrobiológiai állapottal. A mikrobák elszaporodását (romlás) a csomagolás nem akadályozza meg, de a csomagolási körülmények függvényében eltolódást okoz a mikrobiota összetételében.

Csomagolt termék esetén (O_2 -t át nem eresztő fóliában) a baktériumok tevékenységének hatására a felhalmozódó CO_2 hatására anaerob viszonyok alakulnak ki, így a kisebb oxigén igényű *Enterobacteriaceae*, *Lactobacillus*ok és a *B. thermosphacta* növekedésének kedvez. Ekkor nem jelentkeznek a romlott húsról jellemző „*pseudomonaszos*” szagok, illetve a kellemetlen szaganyagok csak jóval nagyobb mikrobaszámnál képződnek. A keletkező CO_2 hatására a fogyaszthatósági idő növekszik.

Vákuum- és védőgázos csomagolások lehetőséget nyújtanak az élelmiszerek minőségmegőrzési időtartamának jelentős növelésére azáltal, hogy a romlást vagy minőségcsökkenést okozó kémiai és biológiai folyamatokat gátolja illetve késlelteti..

A *vákuumcsomagolás* fejlesztése annak a felismerésnek köszönhető, hogy az élelmiszerek romlása szorosan összefügg az oxigén jelenlétével. A minőségromlás jelentősen lassítható az oxigén mennyiségének csökkentésével, egyrészt az oxidációs folyamatok csökkenésével, másrészt az aerob mikroorganizmusok szaporodásának gátlásával. *Vákuumcsomagolás*nál a terméket gázzáró burkolatba helyezik, a csomagolóeszközben légritkított teret hoznak létre, majd a burkolatot légmentesen lezárják.

Vákuumcsomagolás gátolja a Gram-negatív aerob baktériumok szaporodását, így a *Lactobacillus*ok, *B. thermosphacta* és az *Enterobacteriaceae* tagjai szaporodnak el. Nem jelent tehát mikrobiológiai biztonságot, csak az aerob típusú romláshoz képest más jellegű romlást.

Az eltarthatóság a csomagolt termék esetében is a kezdeti mikrobaszámoktól és a tárolási hőmérséklettől függ.

Módosított mikroklímájú (védőgázos, inert gázos) csomagolás esetén a levegőt eltávolítják és a csomagolást a termék tulajdonságainak legmegfelelőbb gázzal, illetve gázkeverékkel töltik fel. A védőgázos lényege, hogy a mikrobiológiai szempontból a levegő megfelelő összetételű védőgázzal való helyettesítésével mind az aerob, mint az anaerob baktériumok tevékenysége megszüntethető. Fizikai hatása, hogy ha száraz védőgázt alkalmaznak, akkor a termék felületének csökkent nedvességtartalma. A védőgáz kémiai hatást is kifejt, mivel az oxigén kiszorításával lassul a vitaminok, az aroma- és színezőanyagok bomlásának valamint a zsírok avasodásának folyamata.

Védőgázként széndioxidot, nitrogént illetve gázkeverékeket használnak. A széndioxid megfelelő koncentrációban az aerob és az anaerob mikroorganizmusok szaporodását is gátolja. Nitrogént abban az esetben célszerű használni, ha kifejezetten aerob mikroorganizmusokról van szó. Valamennyi oxigén jelenléte a termékek vöröses hússzínének megtartása miatt szükséges.

A CO_2 a baktériumok egy részét gátolja, míg a N_2 -nek csak a csomag formatartásában van szerepe (CO_2 beoldódik a termék vizébe).

CO_2 -os közegben a mikrobiota szelektálódása során a *Lactobacillus*ok kerülnek előtérbe, különösen alacsony (5°C alatti) hőmérsékleten. Tehát CO_2 -os tárolás esetén a szokásos Gram-negatív romlást okozó mikrobák helyét a CO_2 rezisztens Gram+ baktériumok, a tejsavbaktériumok és a *Brochothrix thermosphacta* veszi át.

A normál levegő 21%-os oxigén tartalmánál magasabb oxigén koncentráció gyakran még azokra a szervezetekre is toxikus, melyek obligát aerobok. Az oxigén toxicitása azzal kapcsolatos, hogy könnyen képződnek belőle szuperoxid gyökök, melyek mutagének, illetve hidrogénperoxid (H_2O_2), mely erős oxidáló ágens.

80% O_2 és 20% CO_2 gátolja a *Pseudomonas*okat, és a *Brochothrix thermosphacta* válik uralkodóvá.

2.3.3. Húskészítmények mikroflórája

A húskészítmények hőkezelése mindig 100°C alatt történik, ezért mindig számolni kell az aerob (*Bacillus cereus* és egyéb fajok) és anaerob (*Clostridium botulinum* C. *perfringens*) spórás baktériumok jelenlétével. A szennyezés forrásai fűszerek, a vágóállatok bélsára és köztakarója, valamint az adalékanyagok szennyezettsége.

Kórokozók közül a *Salmonella* vagy elégtelen hőkezelés, vagy utófertőzés következménye. 65°C 10 perc feletti maghőmérséklet már elegendő az elpusztításukhoz.

*Staphylococcus*ok hő- és só tűrése miatt ellenállóbbak, különös veszélyt jelent a hőkezelés előtti elszaporodásuk, amely során hőrezisztens enterotoxint termelnek.

Enterococcusok a hőkezelt húskészítmények mikroflórájának állandó és jellemző alkotói hő túrésük következtében, savanykás szagot, íz elváltozást és zöldülést okozhatnak.

Kizárólag pácolt húskészítményekben (nitrittel, vagy nitráttal készült főtt húskészítmények) között fordul elő zöldülés, amely a túlélő Lactobacillusok, Enterococcusok okoznak aerob körülmények közötti H₂O₂ termelésük révén, amely a hús-pigmenttel reagál.

Bélbe töltött húskészítmények legáltalánosabb romlási formája a felületi nyálkásodás, mely az utófertőzőként felületre jutó Micrococcus, Lactobacillus, Leuconostoc, Proteus fajok elszaporodásának a következménye (füstölés ezt a folyamatot gátolja)

Az eltarthatóság a csomagolt termék esetében is a kezdeti mikrobaszámoktól és a tárolási hőmérséklettől függ. Hőkezelés után kicsi a mikrobaszám, de a csomagolásig (hűtés, hűtve tárolás, kézzel rakodás) újra szennyeződhet, főleg ha még szeletelés is van a folyamatban.

Hűtve tárolt pácolt termékek mikroflórája Micrococcusokból, Gram-negatív pálcákból és néha tejsavbaktériumokból áll.

Hőkezelt burokba töltött, valamint szeletelt csomagolt (vákuum, vagy CO₂) készítményeknél legfontosabb szerepe a tejsavbaktériumoknak, az Enterococcusoknak valamint Brochothrix thermosphacta-nak van. A Brochothrix thermosphacta általában nagyszámú Lactobacillus és Enterococcus társaságában fordul elő. Tárolási vizsgálatok során vákuumcsomagolt húskészítmények 38%-ában Brochothrix thermosphacta-t mutattak ki 10²-10⁷ mennyiségben. A Brochothrix thermosphacta sokkal gyorsabb romlást idéz elő, mint a Lactobacillusok, az általa okozott romlás esetén 14-féle illóanyag keletkezik, tehát brochothrix-os romlás esetén a szagelváltozások dominálnak. Megjelenése időszakos.

2.3.4. Csomagolt húskészítmények mikroflórája:

A baktériumok tevékenységének hatására a CO₂ feldúsul, ezért az obligát aerob baktériumok helyét a fakultatív anaerobok, mikroaerofilek veszik át.

Először a Micrococcusok szaporodnak el, amelyek viszonylag sótűrőek, majd később az Enterococcusok, végül a tejsavbaktériumok hódítanak teret.

Alacsonyabb hőmérsékleten a Micrococcusok szaporodnak, magasabb hőmérsékleten a Staphylococcusok. A Lactobacillusok mindkét hőmérsékleten jól növekednek, a Micrococcusok csak akkor nőnek túl őket, ha a só koncentráció 7% fölé emelkedik.

Néha előfordul, hogy élesztőgombák is elszaporodnak, és talán ennek is köszönhető a nitrit koncentráció csökkenés (kémiai reakción túl).

Húsárak vákuum és védőgázos csomagolása

A húsipari termékek fogyasztói csomagolásának fejlesztése során egyre növekszik a vákuumcsomagolás jelentősége, nagyfokú elterjedésének oka a megnövelt tárolási idő és az oxigén kizárásából eredő kiváló

színtabilitás. Az alkalmazott más összetételű belső légtér (vákuum vagy inert gáz) azonban az élelmiszerek mikroflórájában okozhat eltolódást. Az aerob (csak oxigén jelenlétében növekedő) baktériumok helyett az anaerob (oxigén hiányban növekedni képes) mikroorganizmusok szaporodhatnak el, ami a termék aerob típusú romlásához vezet, ezért húsok csomagolásánál különösen oda kell figyelni a mikrobiológiai tisztaságra.

A csomagolóanyag kellő gázzáró tulajdonságának tehát több szempontból is nagy jelentősége van: mikrobiológiai hatás (aerob mikrobák gátlása mellett) fontos a szerepe a húskészítmények színének megőrzésében is. A hosszú ideig eltartható termékek (pl. fóliás sonka vagy szárazáru) eltarthatóságának korlátait nem elsősorban mikrobiológiai eredetű romlások jelentik, hanem az oxigén hatására bekövetkező kémiai változások, amelyeknek negatív érzékszervi következményei vannak. Ilyen lehet az elszíneződés és az avasodás.

A nem kellő oxigénzárású fóliák használatakor, hosszabb tárolási időt feltételezve, a húskészítmények kellemes rózsaszín színe elszürkül, illetve barnul, viszonylag nagy oxigénáteresztő tulajdonságú fóliában ez már néhány hét tárolás alatt is bekövetkezhet, sőt az egyébként kizárólag oxigén jelenlétében növekedni tudó penészgombák is megjelenhetnek a nem jól záró fóliatasakban lévő hústermék felületén. A vákuum és védőgázos csomagolás esetében tehát fokozott figyelemmel kell kiválasztani a megfelelő gázzáró fóliákat, és a fóliák rétegvastagságára is ügyelni kell.

A húskészítmények vákuumcsomagolása csak annyiban jelent eltarthatóság növelést, hogy az utófertőzést meggátolja.

A csomagolt termékben csak nagyobb mikrobaszám esetén jelentkeznek a kellemetlen szagok, de az egészségügyi veszélyt jelentő baktériumok elszaporodásához a vákuumcsomagolás körülményei kedvezőbbek. A termék előbb válik egészségügyi okok miatt veszélyessé, mint érzékszervi okok miatt elfogadhatatlanná. Ez a veszély csak hűtött tárolással küszöbölhető ki. (A hűtőlánc megszakadása nélkül).

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy alacsony hőmérsékleten, aerob viszonyok között a húsok romlását leginkább a gyorsan szaporodó *Pseudomonas* fajok okozzák. A romlás sebességét befolyásolja a romlást okozó mikrobák kezdeti mikrobaszáma, a pH, a terméket körülvevő gázelegy összetétele és a tárolási hőmérséklet. A vákuumcsomagolás a *Pseudomonas*okat háttérbe szorítja, és a tejsvbaktériumok szerepe növekszik.

A vákuumcsomagolásnál is hosszabb eltarthatósági idő érhető el módosított légtérű csomagolással. Ebben elsősorban CO₂ játszik szerepet, a nitrogén adagolással csak az a cél, hogy ne essen össze a csomag, mivel a hús elnyeli a CO₂ jelentős részét.

Leghosszabb eltarthatóság 1°C körüli hűtőtárolás esetén érhető el védőgázos csomagolással kombinálva. A széndioxidos csomagolásnak a vákuumcsomagolt húsok eltarthatóságához viszonyított előnyös hatása csak alacsony hőmérsékleten érvényesül, 10°C felett eltűnik.

A *Pseudomonas*ok és *Brochothrix thermosphacta* az alacsony hőmérsékletű, módosított légtérű csomagolásban visszaszorul, a csomagok kinyitáskor azonban hirtelen szaporodásnak indulhat.