

Aktív csomagolóeszközök

A csomagolásnak már nemcsak sérüléstől kell védenie az árut, hanem aktívan hozzá kell járulnia annak hosszabb élettartamához. Ezt különösen az élelmiszerek csomagolására szolgáló eszközöktől várják el. Erre szolgálnak az oxigénelnyelő, nedvességet felszívó vagy éppen szabályozó és a mikroorganizmusok szaporodását gátló csomagolóeszközök.

Tárgyszavak: aktív csomagolóanyag; palack; tálca; fólia; oxigénabszorpció; vízgőzelnyelés; antimikrobiális hatás.

Az 1970-es évek óta a csomagolóanyagoknak és -eszközöknek szokásos feladataik – szállítás, elosztás, védelem, tájékoztatás – mellett további funkcióik is lehetnek, pl. meg kell akadályozniuk, esetleg szabályozniuk kell az oxigén, a vízgőz, a széndioxid jelenlétét a becsomagolt áru közvetlen környezetében, és meg kell gátolniuk a mikroorganizmusok megjelenését és szaporodását a csomagoláson belül. Az ilyen „aktív csomagolás” tartósan és pozitívan befolyásolja a becsomagolt áru, elsősorban az élelmiszerek tulajdonságait és meghosszabbítja eltarthatóságukat. A tervezőasztalokon és a laboratóriumokban vannak olyan aktív csomagolóeszközök is, amelyek belső vagy külső indikátorként tájékoztatnak az áru minőségéről vagy „élettörténetéről”, jelzik, ha az árut a kelleténél régebben csomagolták be, ha a megengedettnél nagyobb hőhatás érte, ha a csomagban az oxigén-, a vízgőz- vagy a széndioxid-koncentráció nem felel meg az előírtaknak.

Az aktív csomagolást a kereskedelemben ma elsősorban az oxigénabszorbensek, a vízgőzabszorbensek, ill. a vízgőz jelenlétét szabályozó csomagolások, kisebb mértékben a mikroorganizmusok szaporodását gátló csomagolóeszközök képviselik.

Oxigénabszorbensek a csomagolástechnikában

Az első aktív csomagolóeszközöket Japánban alkalmazták 1977-ben, ahol oxigént elnyelő anyagot tettek az oxigénre érzékeny élelmiszerek csomagolásába. Hogy a vegyi anyag ne érintkezessen közvetlenül az élelmiszerekkel, *azt oxigént áteresztő fóliából készített kis tasakokba zárták*. A gyakorlatban alkalmazott néhány oxigénelnyelő anyag és ezek reakciómechanizmusa az *1. táblázatban* látható.

A tasakokban mellékelt oxigénabszorberek hatásos, nagy kapacitású oxigénelnyelők, de hátrányuk, hogy folyadékokkal közvetlenül nem érintkezhetnek, ezért Európában nem terjedtek el. Itt a *csomagolóanyag polimerjébe igyekeznek a hatóanyagot bekeverni*. A polimermátrixba beépült abszorbens általában lassabban fejti ki hatását,

mint a tasakba zárt anyag, és ha élelmiszerrel közvetlenül érintkeznek, számos további követelményt is ki kell elégítenie: nem lehet egészségre ártalmas, nem adhat át az élelmiszernek kellemetlen ízt vagy szagot. Elvárják, hogy könnyen lehessen kezelni, ne legyen drága, legyen elég nagy oxigénelnyelő kapacitása és nagy reakciósebessége. A sokféle elvárás miatt viszonylag kicsi a megfelelő anyagok választéka.

1. táblázat

A csomagolótechnikában alkalmazott oxigénelnyelő anyagok és ezek reakciómechanizmusa

Reakció	Enzim/katalizátor	Reakciótermék
$4 \text{Fe(OH)}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	\longrightarrow	4Fe(OH)_3
$2 \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{O}_2$	\longrightarrow	$2 \text{Na}_2\text{SO}_4$
Glükóz + O_2	$\xrightarrow{\text{glükóz-oxidáz}}$	glükonolakton + H_2O_2
H_2O_2	$\xleftarrow{\text{kataláz}}$ \longrightarrow	$\text{H}_2\text{O} + \frac{1}{2} \text{O}_2$
Poliamid + O_2	$\xrightarrow{\text{kobalt}}$	oxidált polimer
Színezék	$\xrightarrow{\text{fény}}$	színezék ⁺ (aktivált)
Színezék ⁺ (aktivált) + O_2	\longrightarrow	színezék + O_2^+ (aktivált)
O_2^+ (aktivált) + akceptor	\longrightarrow	akceptor-oxid

Az oxigénabszorbens lehet valamilyen polimer vagy polimerben oldható, ill. diszpergálható reagens. Ilyenek bizonyos fém-szulfidok, az aszkorbinsav és egyes vasvegyületek, továbbá a glükóz-oxidáz és a kataláz enzim. Oxigénelnyelő anyagokat jelenleg elsősorban az italok csomagolóeszközeiben (a kupakokban és a műanyag palackok anyagában), a készételek műanyag edényzetében és a többrétegű fóliákban alkalmaznak.

Oxigénabszorbensek az italok csomagolóeszközeiben

A kupakgyártók a palackok lezárásához alkalmazott sokféle koronás és csavaros kupakban alkalmaznak oxigénabszorbenst. A követelmény ezekkel szemben az, hogy alkalmazhatók legyenek a lezárást végző szokásos berendezéseken, és hogy ne legyenek nagyon drágák. Emiatt az abszorbenst (általában valamilyen szulfidot) legtöbbször a kupak belsejébe helyezett tömítés tartalmazza. Az alkalmazott anyagtól és a kupak kiképzésétől függően egy csavaros kupak oxigénáteresztő képessége az abszorbenst nem tartalmazó kupakra jellemző $0,01\text{--}0,05 \text{ cm}^3/\text{nap.bar}$ -ról $<0,001\text{--}0,01 \text{ cm}^3/\text{nap.bar}$ -ra csökkenthető. (A gáztérfogat minden esetben szobahőmérsékletre és atmoszferikus nyomásra értendő.)

Mivel egyre több oxigénre érzékeny sört és gyümölcslevet is műanyag palackban hoznak forgalomba, a palacktest oxigénáteresztését is minimálisra kell csökkenteni. Az egyrétegű PET palackok erre a célra alkalmatlanok. Egy szokásos 35–45 g-os 1-literes üdítőitalos PET palack falán naponta 0,3–0,4 cm³ oxigén hatol át, ami a szokásos 3/4 éves lejáratú idő alatt összesen 24–32 mg oxigén behatolását teszi lehetővé. Aktív vagy passzív védelemmel (2. táblázat) az áteresztőképesség nagyságrenddel csökkenthető.

2. táblázat

35–45 g tömegű csavaros kupakkal lezárt 1-literes műanyag palackba bejutó oxigén különböző passzív vagy aktív védelem mellett

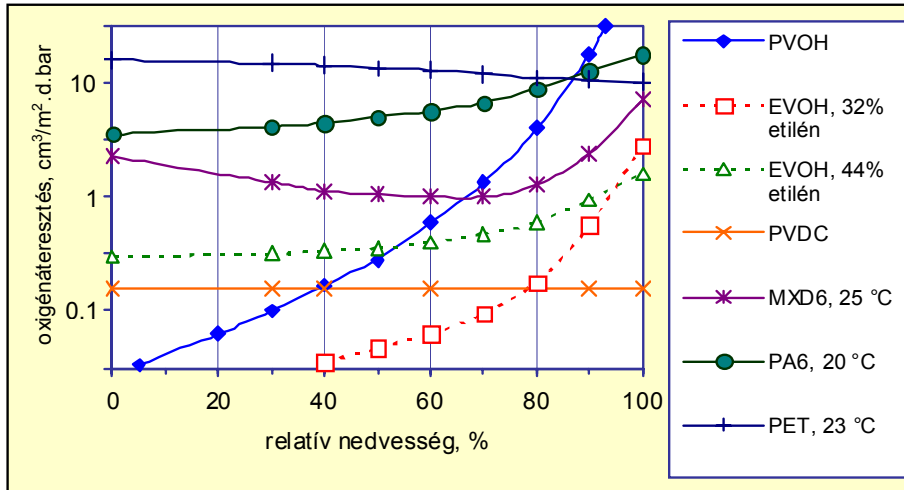
Kupak vagy palacktípus + védelem	Oxigénáthatolás falon keresztül	
	cm ³ O ₂ /palack.nap.bar	mg O ₂ /palack.3/4 év
Kupak passzív védelemmel	0,01–0,05	0,8–4
Kupak aktív védelemmel	<0,01–0,01	<1–0,8
Egyrétegű PET palack záróhatású védelem nélkül	0,3–0,4	24–32
Egyrétegű PET palack passzív záróhatású keverékből	0,05–0,3	4–24
Egyrétegű PET palack aktív záróhatású keverékből	0,02–0,2	1,6–16
Egyrétegű PET palack belső védőréteggel	0,015–0,05	1,2–4
Egyrétegű PEN palack	0,04–0,08	3,2–6,4
Többrétegű PET palack passzív védelemmel	0,03–0,2	2,4–16
Többrétegű PET palack aktív védelemmel	0,01–0,1	0,8–8

A táblázatban látható, hogy mind a passzív, mind az aktív védelemmel ellátott palackok oxigénáteresztése az azonos kategórián belül is széles tartományban változhat. Ha a PET-hez 10% PEN-t keverték, a keverékből fűjt palack oxigénáteresztése csak 5–10%-kal csökkent. 6% MXD6 (amorf poliamid) hatására 50%-kal, 12% hozzákeverése után csak 25–30%-kal mérséklődött az oxigénbehatolás. Aktív védelem esetén a hatásfok még összetettebb, függ a reakció kinetikájától, az anyag kapacitásától, az aktivitás időtartamától. Ezzel magyarázható a kategórián belüli akár nagyságrendű szórás. Az aktív rendszer teljesítőképességét esetről-esetre felül kell vizsgálni.

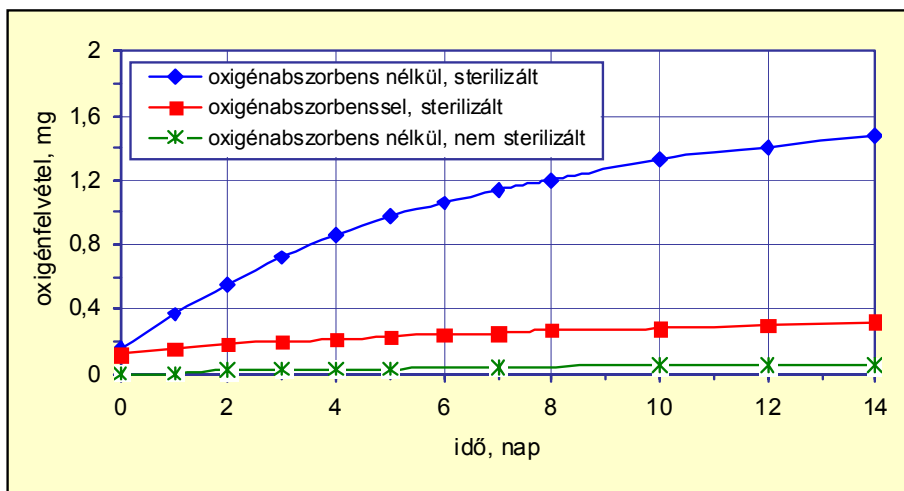
Zárórétegek a készételek menütálcáiban

Ha a készételek csomagolására használt menütálcákban etilén/vinil-alkohol záróréteg (EVOH) van, azoknak a 121 °C-on végzett néhány perces csírátlanításakor gyengül az oxigénzáró képessége. Ez a „retortasokk”-nak nevezett jelenség megrövidítheti az ételek eltarthatóságának idejét. A hosszú ideig eltartandó élelmiszereket általában többrétegű, hőformázott edényekbe töltik, oxigénzáró réteggel leggyakrabban EVOH-t alkalmaznak. Kitűnő oxigénzáró réteg a SiO_x is, ezt a retortasokk nem érinti, de az ilyen réteget tartalmazó fólia nem hőformázható.

Az EVOH oxigénzáró képessége a nedvesség hatására is romlik. Egy 100 μm vastag 32% etilént tartalmazó EVOH fólia oxigénáteresztése 50% relatív nedvesség mellett $0,05 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{nap} \cdot \text{bar}$, 90%-os relatív nedvesség mellett ennek a húszszorosa (1. ábra). Hasonló a romlás a sterilizáláskor is.



1. ábra
Különböző poli-
merekből készített
100 μm vastag fólia
oxigénáteresztése a
relatív nedvesség
függvényében



2. ábra
Különböző módon
kezelt menütálcák
oxigénfelvétele

A csírátlanításkor fellépő nedvesség és hő hatására a PP vízgőzáteresztése 3–4 nagyságrenddel nő. A 0,5 órás sterilizálás alatt a PP rétegek között lévő EVOH réteg jelentős mennyiségű nedvességet vesz fel, ezáltal erősen romlik oxigénzáró képessége. A tálca lehűlésekor a PP vízgőzáteresztése eredeti értékére esik vissza, a nedvesség bezáródik az EVOH rétegbe, ahonnan csak hosszú hetek után diffundál ki. Ebben az időszakban a menütálca úgy ereszti át az oxigént, mintha az EVOH védőréteg ott sem volna. A 2. ábrán látható, hogy a menütálca sterilizálás nélkül 14 nap alatt 0,015 mg, sterilizálás után 1,5 mg, azaz százszor annyi oxigént vesz fel. Ha a tálca anyagába megfelelő oxigénelnyelőt (legtöbbször vasvegyületet) kevernek, az a sterilizálás nedves meleg környezetének hatására aktiválódik, és éppen abban az időszakban működik, amikor az EVOH hatástalan. Ennek következtében a sterilizálás utáni 14. napon az oxigénfelvétel mindössze 0,25 mg (az 1,5 mg hatoda).

Oxigén kizárása a hajlékony fóliás csomagolásból

A fóliás csomagolásban – pl. felvágottak, diófélék, ropogtatnivalók („rágcsák”) fóliáiban – ma még ritkábban alkalmaznak oxigénabszorbenseket, mint az indokolt volna.

Az átlátszó fóliába csomagolt felvágottakban a fény oxidációs folyamatokat indíthat el, ezek hatására a húsfélék elszürkülnek. Ezt csak fény- és oxigénzáró csomagolóeszközzel lehetne meggátolni. A vásárlók viszont látni akarják, hogy mi van a csomagban, ezért nem szívesen veszik meg az árut átlátszatlan csomagolásban. A fóliák anyagába keverhető, rövid időn belül nagy hatásfokot elérő oxigénabszorbens jelenleg még nincs a piacon, de a fejlesztők dolgoznak ilyen termék előállításán.

A hosszú és nagyon hosszú ideig eltartandó élelmiszerek csomagolásában is szerepet kaphatnak az oxigénabszorbensek. A passzív záróréteg különösen az átcsomagolásakor sérülhet, és hibahelyek képződhetnek a hegesztési varratoknál is. Az oxigénelnyelő adalék ilyenkor ellensúlyozni tudja az apró szivárgásokat, de nagyobb tömítetlenségeket nem védhet ki. Az egyik Fraunhofer Intézetben (**Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV, Freising**) abszorpciós kinetika alapján vizsgálják, hogy mekkora hibát lehet oxigénelnyelő adalékkal ellensúlyozni, és milyen körülmények között gazdaságos egy ilyen adalék alkalmazása.

Az oxigénabszorbensek alkalmazása az élelmiszerek csomagolása mellett műszaki feladatok megoldásában is hasznos lehet. Gazdaságosan felhasználni akkor lehet őket, ha hatásfokuk megfelel a mindenkori célnak. Ehhez ismerni kell az oxigénfelvevő kapacitásukat, kinetikájukat, aktiválásuk módját és időtartamát. Ezeket a jellemzőket a fenti Fraunhofer Intézetben létesített „*Aktív és intelligens csomagolások*” elnevezésű kompetenciacentrum részét képező **Vizsgálati és Fejlesztő Központban (Test und Entwicklungszentrum)** igyekeznek meghatározni. Ugyanitt dolgoznak az aktív csomagolófóliák kifejlesztésén is.

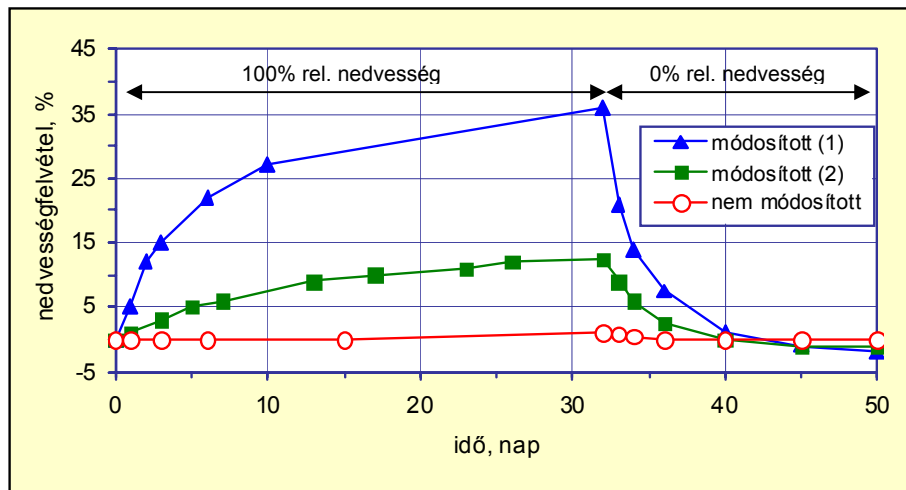
Vízgőzelnyelő csomagolások

A becsomagolt árut meg kell védeni a behatoló vízgőztől. Ennek egyik módja, hogy nedvszívó anyagokat helyeznek a becsomagolt áru mellé, általában ugyanolyan áteresztő falú kis tasakokban, mint amilyeneket az oxigénabszorbensekhez alkalmaznak. Másik módja, hogy a fröccsöntött termék vagy ritkábban a fólia anyagába keverik be a vízgőzabszorbenst, pl. molekulaszitát, kalcium-oxidot vagy szilikagélt. Vannak olyan adalékok, elsősorban sók, amelyek nemcsak elnyelik, hanem szabályozzák a csomagban belüli nedvességtartalmat.

Vízgőzelnyelő adalékok

Vízgőzelnyelő anyagokat elsősorban a gyógyszeripari készítmények, pl. a pezsgőtabletták, az inhalációs porok csomagolásában alkalmaznak.

dul be: a só nedvességet ad le. Ilyen módon a csomagon belül szabályozható a páratartalom és megelőzhető a kondenzvíz kicsapódása a fólia belső falán a becsomagolt áru kiszáradásának veszélye nélkül. A 3. ábrán két különböző sóval tartalmozó és egy sóval nem tartalmozó fólia vízfelvétele látható a környezet nedvességtartalmának és az időnek a függvényében. Az 1. számú módosított mintából készített 10 g-os menütálca 3,5 g vizet vett fel 32 nap alatt a 100% nedvességet tartalmazó térből. Jól látható, hogy a 0% nedvességet tartalmazó térben a fólia víztartalmát egy héten belül elveszti.



3. ábra
Sóval módosított fóliák nedvességfelvétele és leadása 23 °C-on 100% és 0% rel. nedvességű térben

Ilyen fóliákat friss zöldségek vagy készételek csomagolására célszerű alkalmazni, mert meggátolják a kondenzvíz képződését, ami meggyorsítja a mikroorganizmusok elszaporodását, az áru megromlását, és a vásárlókra taszítólag hat.

Antimikrobiális aktív csomagolások

Japánban az 1980-as években vezették be az antimikrobiális csomagolást, amelyben a hatóanyag legtöbbször ezüst volt. Az ilyen hatóanyagok meggátolják a baktériumok vagy a gombák elszaporodását, ezáltal megnövelik az élelmiszerek eltarthatóságát és meggátolják a fertőzéseket. Ma már sokféle antimikrobiális hatóanyagot ismernek (3. táblázat), amelyek hatásfoka, feldolgozhatósága, érzékszervi tulajdonságai erősen eltérőek lehetnek.

A mikrobák ellen védő aktív csomagolások kialakításában kétféle elvet követnek. Az egyikben kémiai eljárással rögzítik a hatóanyagot a csomagolóanyag felületén, amely az élelmiszerral közvetlenül érintkezve annak felületén gátolja meg a mikroorganizmusok elszaporodását. A védelem ilyenkor az élelmiszer belső rétegeire nem terjed ki. Gyakrabban alkalmaznak azonban *vándorlásra képes hatóanyagot*, amely a felületen keresztül be tud hatolni a felső rétegekbe és azokat is megvédi a fertőzéstől. Az illékony anyagokat kivéve ez esetben is közvetlenül kell érintkeznie a csomagolófóliának az élelmiszerral (vákuumcsomagolást vagy rázsugorított fóliát kell alkalmaz-

ni), hogy a hatóanyag a csomagolt áruba migrálhasson. A mikroorganizmusok általában az élelmiszer felületét támadják meg először, ezért ez fokozott védelmet igényel.

3. táblázat

Antimikrobiális anyagok választéka

Osztályozás	Anyagok, példák, tulajdonságok
Fémek	ezüst (sók, nanorészecskék, zeolitkomplexek), réz
Enzimek	lizozim, glukózoxidáz, peroxidáz
Szerves savak és sóik	szorbinsav (E200), benzoésav (E210), savanyú élelmiszerekben hatásosak; természetes előfordulásuk: vörös áfonya, kék áfonya, méz
Baktericid szerek/ antibiotikumok	nizin (Lactococcus lactis tejsavbaktériumból), pediocin, natamicin (Streptomyces natalensis-ből)
Gömbaölő szerek (fungicidek)	imazalil, benomil
További természetes anyagok	tormaextraktum, rozmarin, bors, tioszulfínát, izotiocianát, flavonoidok, kitozán (páncélos állatokból); többnyire erős illatú és ízű, ill. keserűanyagok
Illékony anyagok	etanol (kis tasakban), CO ₂ (CO ₂ -t emittáló anyagból), SO ₂ (CaSO ₃ és sav reakciójából), hinokitiol (fakéregből)

A freisingi Fraunhofer Intézetben szorbinsavat tartalmazó antimikrobiális fóliát fejlesztettek ki. Ezzel egyszerre akarják az élelmiszer csomagolását és konzerválását megoldani. Az ún „kibocsátó mechanizmus” (Release mechanism) révén a hatóanyag a fertőzésnek leginkább kitett helyeken van jelen, nem kell tehát a termék teljes tömegét konzerválni, ami által konzerváló anyagot lehet megtakarítani.

Az aktív és intelligens anyagokkal és eszközökkel a 2009. május 29-én kibocsátott *450/2009-es EG rendelet* foglalkozik, amelyeket egyebek mellett úgy határoz meg, hogy azok az élelmiszerekkel közvetlenül érintkeznek. Mivel ezáltal hatóanyagot adnak át az élelmiszereknek, vonatkozik rájuk az élelmiszerekkel közvetlenül érintkező anyagokra érvényes *1935/2004. sz. EG rendelet 4. fejezete* is, ahol az a követelmény, hogy az átadott anyag csak szokásos élelmiszeradalék lehet.

Az élelmiszerekre és az egészségügyi előírásokra vonatkozó előírások betartása mellett az aktív csomagolófóliának könnyen feldolgozhatónak, az érzékszervek számára semlegesnek kell lennie. Követelmény a hegeszthetőség, az átlátszóság, a hajlékonyság. A Fraunhofer Intézet fóliája mindezeknek eleget tesz.

Az új csomagolóanyagot úgy állítják elő, hogy az alapfóliára lakkozó- és kasírozóberendezésen poli(vinil-acetát) lakkréteget visznek fel, amelyben előzőleg feloldották a szorbinsavat. Szárítás után vékony, átlátszó, hajlékony lakkréteg képződik a hordozófólián. Ez a lakkréteg érintkezik közvetlenül az élelmiszerral, és egyúttal ez szolgál hegesztőréteggént is. A szorbinav szokásos konzerválószer, amely nem mérgező és allergén hatása sincs. Íztelen és szagtalan, és műanyagokban, továbbá sokféle élelmiszerben engedélyezték alkalmazását. A csomagolófóliából migráló

szorbinsav mennyiségét modellkísérletben vizsgálták, ahol az élelmiszert víz helyettesítette. A kioldódott szorbinsav többszörösen kevesebb volt a megengedettnél.

A fólia antimikrobiális hatását egy *japán ipari szabvány (JIS Z 2801:2000)* alapján vizsgálták. Mikroorganizmusként az élelmiszereket, elsősorban a fehérjében gazdag hús- és halféléket gyakran megfertőző *Staphylococcus aureus*, *E. coli* és *Pseudomonas fluorescens* törzseket alkalmaztak. Antimikrobiálisan aktívnak és hatásosnak akkor tekintették a fóliát, ha a hatóanyagot nem tartalmazó fóliával összehasonlítva rajtuk legalább 10^6 volt a csíracsökkenés. A mikroorganizmussal fertőzött fóliák inkubációs ideje 24 óra volt.

A fóliát jó antimikrobiális teljesítménye mellett könnyen lehetett hegeszteni, és kipróbálása valódi élelmiszerekkel ugyancsak sikeresnek bizonyult.

Összeállította: Pál Károlyné

Müller, K.: Aktive Verpackungsfunktionen = Kunststoffe, 100. k. 1. sz. 2010. p. 56–59.

Sängerlaub, S.: Aktive Verpackungsfunktionen = Kunststoffe, 100. k. 2. sz. 2010. p. 46–49.