

Élelmiszeripari csomagolóanyagok biodegradálhatóságának vizsgálata laboratóriumi respirométerrel

Pintér Szilvia, Petrik Mária és Beczner Judit

Központi Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet, Mikrobiológiai Osztály

Érkezett: 2012. március 21.

Kapcsolat: szilvi@family-business.hu

1. Irodalmi áttekintés

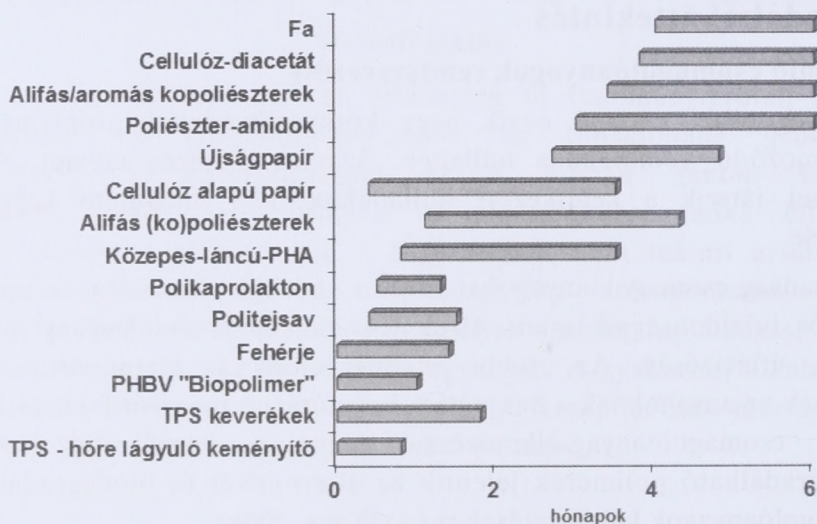
Lebomló csomagolóanyagok rendszerezése

A legutóbbi évtized egyik nagy környezetvédelmi problémája a felhalmozódó kommunális hulladék. Számos elemzés szerint ebben szerepet játszik a keletkezett hulladékok nem megfelelő kezelése, gyűjtése.

Műanyag-csomagolóanyagokat széles körben használunk számos előnyös tulajdonságaik miatt. Ezek többek között az alacsony ár, kis tömeg, átlátszóság. Az utóbbi jelentős előny az élelmiszeriparban. Ezeknek az anyagoknak a használata hosszútávon mégsem fenntartható. Olyan csomagolóanyag-alkotórészek mint a természetes rostok, biodegradálható polimerek jelentik az alternatívát új biodegradálható csomagolóanyagok kifejlesztéséhez (Avérous, 2006).

Környezetvédelmi szempontból jelentőségük vitathatatlan, egyrészt megújuló nyersanyagforrásokat hasznosítanak és nem kell fosszilis nyersanyagokra támaszkodni, másrészt a megújuló nyersanyagok előállítás a mezőgazdaságnak állandó bevételi forrást és munkahelyteremtést jelent (Kiss, 2007). Ezek a biopolimer alapú (növényi és/vagy állati eredetű anyagok) csomagolóanyagok használat után a talajban és vízben élő mikrobák által elvégzett lebontást követően visszatérhetnek a természetes anyag körforgásba (Mayer, 2004). A bio-alapú polimerekből számtalan formájú (csésze, üveg, film, tálca) csomagolás állítható elő a hagyományos csomagolóanyagokhoz használt technikával is. Összehasonlítva a hagyományos petróleumalapú polimerekkel a legfőbb előnye a biopolimereknek, hogy jól alkalmazhatóak élelmiszerek csomagolására mindamellett, hogy biológiailag lebomlóak (Claus, 2000).

A leggyakrabban alkalmazott biopolimereket három nagy csoportra bonthatjuk (1. ábra) attól függően, hogy miből állították őket elő (Claus, 2000). Minél nagyobb a biodegradálható polimerek részaránya az adott filmben, annál gyengébbek a belőlük előállított csomagolóanyagok funkcionális tulajdonságai (Szárász, 2003). A poliszacharid- és fehérjetartalmú filmek általános mechanikai és optikai tulajdonságai általában megfelelőek, de igen érzékenyek a nedvességre és rossz a vízgőzáteresztő-képességük. Ezzel szemben a poliésztertartalmú anyagok vízgőzzáró képessége kielégítő, nedvességre nem érzékenyek, bár viszonylag törékenyek és opálosak (Beczner és Vásárhelyiné, 1998).



1. ábra: Komposztáláshoz szükséges idő az egyes biopolimer és szintetikus alapú csomagolóanyagok esetében

A vizsgált minták irodalmi vonatkozásai

A mikrokristályos cellulózt kedvező tulajdonságai miatt – ezek közül egyik a biodegradálhatóság – a gyógyszeripar használja. Mikrokristályos szerkezete és hidrogénkötésben való részvétele miatt kedvező fizikai és kémiai tulajdonságokkal rendelkezik (Kennedy, 1995). A kereskedelmi forgalomban is kapható cellulóz egy nedves granulálású, amelyet részlegesen polimerizált-hidrolízis útján hidroklorid savból állítottak elő. Az előállítási folyamat során eltávoznak a rendezetlen régiók a cellulózláncban (Podczek et al. 2008).

A keményítő a különböző gabonafélék tartaléktápanyaga, mely széles körben felhasználható megújuló nyersanyagforrás a különböző iparágakban. Élelmiszeripari csomagolóanyagként előkezelés szükséges

a film-formátum kialakításához. Felveszi a versenyt a petróleumalapú csomagolóanyagokkal hiszen hosszútávon és környezetvédelmi megfontolások miatt is gazdaságosabb.

A keményítő extrudálása történhet hővel vagy mechanikai eszközökkel. A végeredmény egy hőre lágyuló, de jól kezelhető élelmiszeripari csomagolóanyag. Az elmúlt években egyre több ilyen csomagolóanyag került kereskedelmi forgalomban és ez a tendencia továbbra is folytatódik erősítve a biokomposztálható csomagolóanyagok piacát (Claus, 2000). A keményítő alapú csomagolóanyagok legelőnyösebb tulajdonságai az alacsony ára mellett a megújuló tulajdonság és a biokomposztálhatóság. Legfőbb hátránya a nedvesség-érzékenység és a gyengébb mechanikai jellemzők (Avérous et al. 2001).

Komposztálhatóság és laboratóriumi standard tesztek

A csomagolóanyagok komposztálhatóságát a 94/62/EK rendelet definiálja, mely szerint a komposztálás az újrahasznosítás egy formája, melynek során a csomagolóanyag egy új terméké, komposztá alakul át (Claus, 2000). A biokompozitok (biodegradálható anyagok, melyek komposztá alakulnak) a csomagolóanyagok egy speciális csoportját alkotják. Jellemzőik, hogy biodegradálható növényi rostokat például lignocellulóz rostokat tartalmaznak. Mivel fő alkotórészeik nagy százalékban lebomlanak, maga az egész csomagolóanyag is lebomlónak tekinthető (Avérous et al. 2007). Néhány kereskedelmi forgalomban is elérhető csomagolóanyag komposztálási ideje az 1. táblázatban található (Claus, 2000).

1. táblázat: Biopolimerek csoportosítása előállításuk eredete szerint

Biopolimerek								
Biomasszából előállított						Hagyományos módon előállított	Élő szervezetekből előállított	
Poliszacharid alapú			Poliszacharidok	Fehérjék		Lipidek	Politejsav (PLA)	Poli-hidroxi-alkanoát (PHA)
Cellulóz	Gumi	Kitosan/Kittin	Keményítő	Állati	Növényi	Trigliceridek	Egyéb poliészterek	Bakteriális cellulóz
Pamut	Guar		Krumpli	Kazein	Zein			Xanthan
Fa	Szentjános kenyérmag		Kukorica	Savó	Soya			Curdlan (β-glükán)
Egyéb	Karragén		Búza	Kollagén/Zyelin	Glutein			Pullulán
	Pektin		Rizs					
	Egyéb							

Nagyszámú laboratóriumi biodegradálhatóságot kimutató teszt létezik (2. táblázat). A fő osztályozás aszerint történik, hogy szilárd vagy folyékony közegű a teszt. A vizes közegű tesztek nem mindig képesek pontosan modellezni a folyamatokat a meglévő mikrobióta hiánya miatt. A legtöbb szilárd közegű teszt ugyanazon a módszeren alapul, különbség csak az alkalmazott komposztálási hőmérsékletben jelenik meg (Száráz et al. 2003).

2. táblázat: Szilárd- és vizes közegű biodegradációs tesztek

Közeg	Szabványosító szervezet	Száma	Módszer címe	Meghatározható paraméter	Irodalom
Folyadék	ISO	9408	Szerves alkotórészek vizes közegben végzett teljes aerob biodegradálhatóságának kiértékelése oxigénfelhasználás meghatározásával zárt rendszerű respirométerben	O ₂	PAGGA et al. 2001
	ISO	14851	Műanyagok végső aerob biodegradációjának meghatározása folyadék közegben, respirométerrel	O ₂	PAGGA et al. 2001
	ISO	14852	Műanyagok végső aerob biodegradációjának meghatározása folyadék közegben, respirométerrel	CO ₂	PAGGA et al. 2001
Szilárd	ASTM	5338	Műanyagok aerob biodegradációjának meghatározása kontrollált komposztálási körülmények között	CO ₂	DEGLI-INNOCENTI et al. 1998
	ISO	14855	Műanyagok végső aerob biodegradációjának és szétesésének meghatározása kontrollált komposztálási körülmények között	CO ₂	DEGLI-INNOCENTI et al. 1998
	DIN	54900	A műanyagok teljes mértékű biológiai lebomlásának vizsgálata laboratóriumi kontrollált komposztálási körülmények között, respirométerrel	O ₂ , CO ₂	WITT et al. 2001

2. Felhasznált anyagok és módszerek

Kísérleti programunkban 6 különböző élelmiszeripari csomagolóanyagot vizsgáltunk meg. A minták kiválasztásánál elsődleges szempont volt a biodegradálhatóság. Vizsgált anyagok: DW 1 papíralapú kísérleti csomagolóanyag; DW 2 kétrétegű papír és műanyag-alapú

csomagolóanyag, valamint egy speciális keményítőalapú csomagolóanyag, mely a KÉKI Élelmiszer technológiai Osztályának saját fejlesztése volt. Kereskedelmi forgalomban egy környezetbarát jelzéssel ellátott csomagolóanyag is kapható melynek általunk két hétig UV fénnel kezelt változatát természetes viszonyok mellett modelleztük. Pozitív referenciaanyag az Avicel® mikrokristályos cellulóz (Fluka, Buchs, Switzerland) volt, melynek széntartalma 42,50% (Szár az et al. 2003). Ez az anyag kedvező biodegradálhatósága miatt – mint referencia anyag – jól használható laboratóriumi szilárd és vizes közegű teszteknél, jó (Szár az et al. 2003). A minták 7×7 mm-es darabokra aprítva kerültek vizsgálatra, kivételt képez az Avicel. Az Avicel® megfelelő mennyisége a kísérleti elrendezésben Szár az et al. (2003) kísérletei alapján 2 g volt 80 g komposzthoz. A használt talaj kiindulási paraméterei a 3. táblázatban találhatók, melyek megfelelőek a vizsgálatához.

3. táblázat: Talaj kiindulási paraméterei

Kezdeti mikrobaszám (TKE logN)	összes aerob élőcsíraszám	8,2
	élesztőszám	2,0
	penészszám	5,0
	keményítóbontó mikrobaszám	6,9
pH	6,98	
Vízaktivitás (a_w)	0,993	
Víztartalom (%)	54,83	

Mikrobiológiai vizsgálat

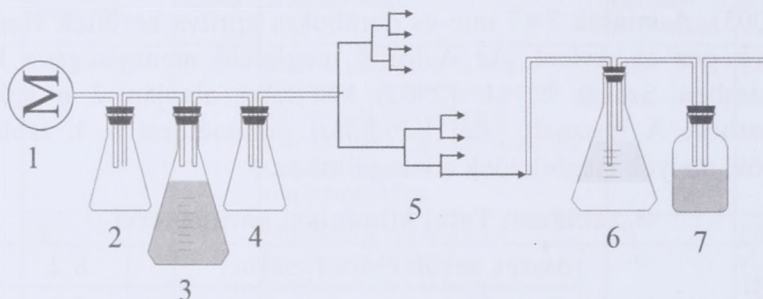
A kísérleti közeg (föld) mikrobiológiai állapotát a kísérlet kezdetekor és a kísérlet végén minden egyes mintaedényben vizsgáltuk. Az élelmiszer-mikrobiológiában általánosan alkalmazott standard módszerekkel (4. táblázat) az összes aerob élőcsíraszámot, a penész és élesztőszámot határoztuk meg. A kísérleti közeg tizedelő hígítása után lemezöntéses módszert alkalmaztunk. A megfelelő inkubációs időt követően és az előírt inkubációs hőmérsékletet betartva határoztuk meg a különböző mikróbak számát.

4. táblázat: Alkalmazott standard mikrobiológiai módszerek

Vizsgálat	Alkalmazott standard módszer
Mintaelőkészítés és hígítások	MSZ EN ISO 6887-1
Összes élesztő- és penészszám (TYMC)	MSZ ISO 7954:1999
Összes élő csíraszám (TAMC)	MSZ 3640/3-86

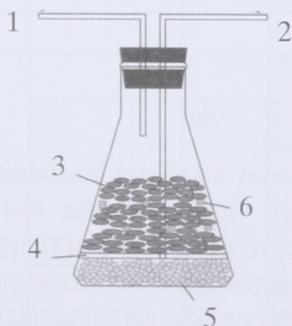
A bomlás során felszabadult szén-dioxid mennyiségének indirekt meghatározása respirometriás rendszerrel

A termelt CO_2 mennyiségét egy összeállított respirométer rendszer segítségével követtük nyomon (2. ábra). A rendszer levegőellátását akvárium pumpa biztosította. Az akvárium pumpából a levegőt – CO_2 mentesítés céljából – egy 2N lúggal teli (150 ml) gázmosóba vezettük, ahonnan a CO_2 mentes levegő biztosította a levegőztetést a mintaedényekben (3. ábra).



2. ábra: Laboratóriumi respirométer felépítése

1. levegő pumpa, 2. puffer palack, 3. gázmosó palack 2N nátrium-hidroxiddal,
4. puffer palack, 5. levegőztető csövek az egyes mintaedényekhez,
6. minta lombik, 7. szén-dioxid csapda 0,5N nátrium-hidroxiddal



3. ábra: Mintát tartalmazó lombik felépítése

1. oxigénnel teli bemenő levegő,
2. palackból távozó levegő,
3. komposzt,
4. műanyag-háló,
5. üveggyöngy,
6. mintadarabok (7×7 mm)

A gázmosók elé és mögé az esetleges nyomásingadozás miatt puffer edényeket kellett bekötni. A minta edények, illetve 300 ml-es Erlenmeyer lombikok aljára kb. 1 cm rétegvastagságban üveggyöngyöket öntöttünk, melyek biztosították a jobb levegőztetést. Ezen egy védő réteg található. Erre a rétegre ráér a levegőt bevezető üvegcső (a végén műanyag-hálóval) éppen olyan mélyen, hogy ne tömődjön el a cső földdel. Az üveggyöngy réteg felett a föld és a belekevert 7×7 mm-es darabolt csomagolóanyag minta található, illetve a kontrol esetében csak

üres föld. A föld mennyisége minden esetben 80 g. A minta/föld arányt (2 g/80 g) egy korábbi kísérlet során határozták meg (Szár az et al. 2003). A mintaedényekből kivezető cső ezután egyenként 40 ml-es 20-20 ml 0,5 N lúgot tartalmazó gázmosókba áramlott (CO₂ csapdák). Mivel a rendszer elején a nagyobb gázmosók biztosították, hogy a rendszerbe CO₂ mentes levegő áramoljon, így feltételezhetően a mintaedényeket elhagyó levegő CO₂ tartalma kizárólag a csomagolóanyag-minta bomlása során felszabadult CO₂ termelésből származott. A rendszerben összesen 12 mintaedény volt, amiket a jobb levegőztetés érdekében 2 akváriumpumpa levegőztetett. A bomlást 48 napig követtük nyomon. Minden minta esetében párhuzamos méréseket hajtottunk végre. A mérés elve két végpontos titráláson alapult, melyet automata titrátorral végeztünk. A készülék a kötött CO₂ tartalmat úgy határozza meg, hogy ismert faktorú és koncentrációjú sósav adagolásával az oldatot az előre megadott inflexiós pontig titrálja és kiírja a titrálás során fogyott sósav mennyiségét. Az elsőttől a második végpontig fogyott sósav mennyiségéből lehet kiszámolni a keletkezett CO₂-t.

Beágyazásos vizsgálat

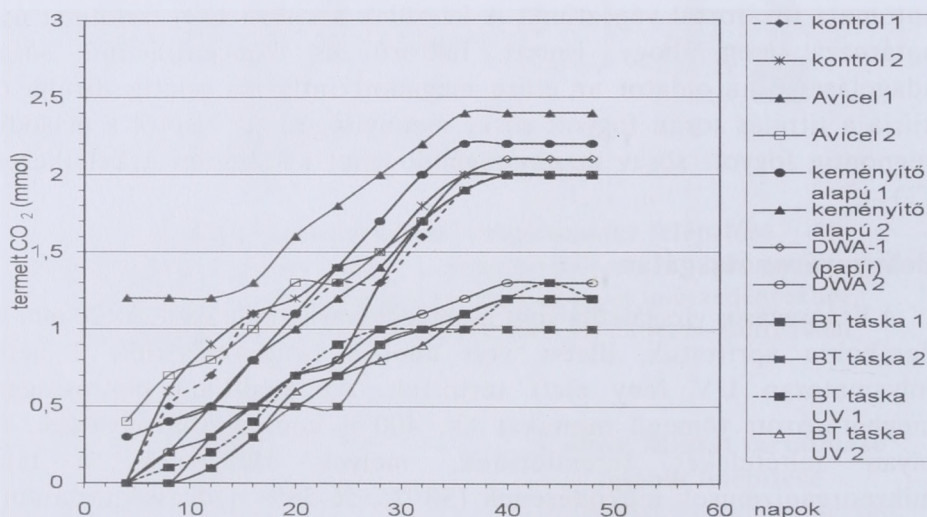
A beágyazásos vizsgálatba vont csomagolóanyag-mintákat 20×20 mm-es darabokra aprítottuk, illetve volt ahol a beágyazás előtt 2 hétig folyamatosan UV fény alatt tartottuk. Az analitikai pontossággal meghatározott tömegű mintákat kb. 400 g komposztba ágyasztuk, és olyan feltételeket teremtettünk, melyek kedveznek a talaj mikroorganizmusok működésének (30 °C, 56-58% nedvességtartalom). Minden esetben 3 párhuzamos mintával dolgoztunk. A vizsgálatot 6 hétig végeztük. A keményítőalapú mintánál a vizsgálat ideje alatt desztillált vizes áztatást is alkalmaztunk azért, hogy kimutatható legyen a mikrobiális tevékenységből származó tényleges tömegcsökkenés.

3. Eredmények

Respirométerrel követett bomlási folyamatok értékelése a szén-dioxid termelés függvényében

A 4. ábrán látható a szén-dioxid termelés az idő függvényében. A minták közül a kereskedelmi forgalomban kapható bevásárló tasak és annak még az UV fénnel kezelt változata sem mutatott lebomlást a szén-dioxid termelés és felületi vizsgálatok alapján. Meglepő módon a

papíralapú, de műanyag fóliával bevont csomagolóanyagnál sem lehetett jelentős szén-dioxid termelést kimutatni annak ellenére, hogy a papíralap nagy része lebomlott. A kétrétegű csomagolóanyagban a műanyag valószínűleg nem igazán lebomló. A többi vizsgálati anyagnál a szén-dioxid termelés arányos volt a lebomlás mértékével. A referencia anyagként használt Avicel® megfelelt az eredmények alapján (4. ábra). A keményítőalapú csomagolóanyag a szén-dioxid termelés és kinézet alapján lebomlónak mondható, a papírral együtt megközelíti a referencia anyag szén-dioxid termelését. A csak földet tartalmazó vak mintákra, mint heterogén mátrixra az intenzív mikrobiális tevékenység miatt van szükség a kísérleti rendszerben.

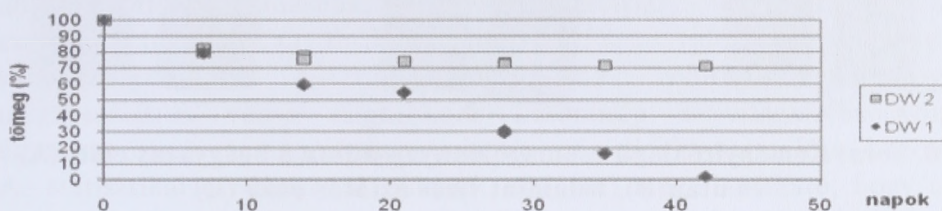


4. ábra: Összesített szén-dioxid termelés (mmol) az idő függvényében

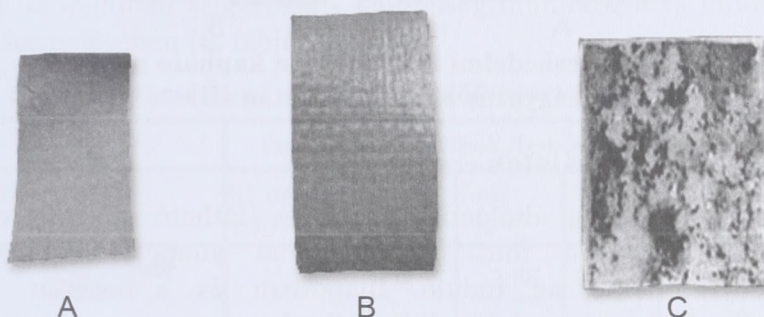
Beágyazásos vizsgálatok értékelése

A vizsgálatba vont csomagolóanyagok közül (keményítőalapú csomagolóanyag; kereskedelmi forgalomból származó biodegradálhatónak mondott műanyag-tasak és UV fénnel kezelt változata; papír és műanyag csomagolóanyag) a papíralapú csomagolóanyag (5. és 6. ábra) bizonyult a leginkább lebomlónak. Az utóbbi a 42. napon teljesen elbomlott. A keményítőalapú csomagolóanyag (7. és 8. ábra) lebomlása alapján biodegradálhatónak mondható. Ez 6 hét alatt 61,3%-os tömegcsökkenést jelentett, míg a papír- és műanyagalapú (5. és 6. ábra) mintánál 27,7%-os tömegcsökkenést, ami leginkább a papír-rész

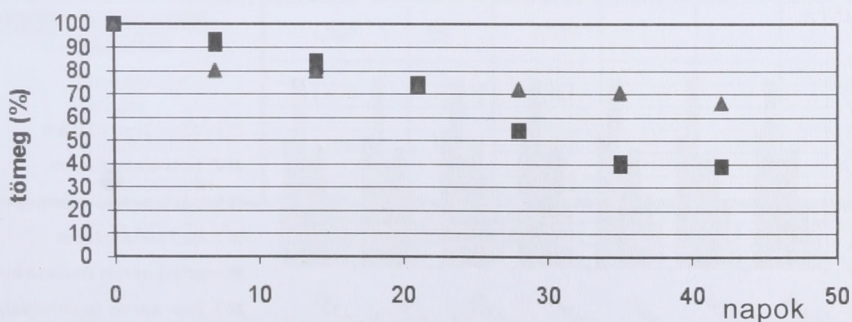
lebomlásának volt köszönhető. A biodegradálhatónak mondott tasak és UV-val kezelt változatának tömege 6 hét alatt nem változott a beágyazás hatására, és szabad szemmel sem volt megfigyelhető semmilyen változás (9. ábra).



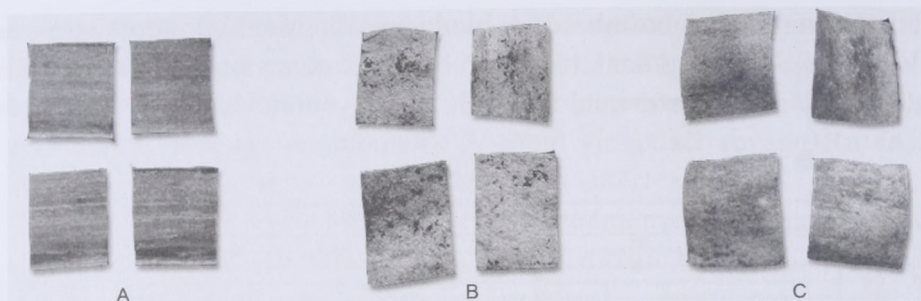
5. ábra: A papíralapú (DW 1) és a papír-műanyag (DW 2) minta tömegcsökkenése az idő függvényében a vizsgálat ideje alatt



6. ábra: Papír és műanyag csomagolóanyag-minta a beágyazás előtt (A és B) és után (C)



7. ábra: A keményítőalapú minta tömegcsökkenése ▲, valamint ugyanaz vizes közegben ■ az idő függvényében a vizsgálat ideje alatt



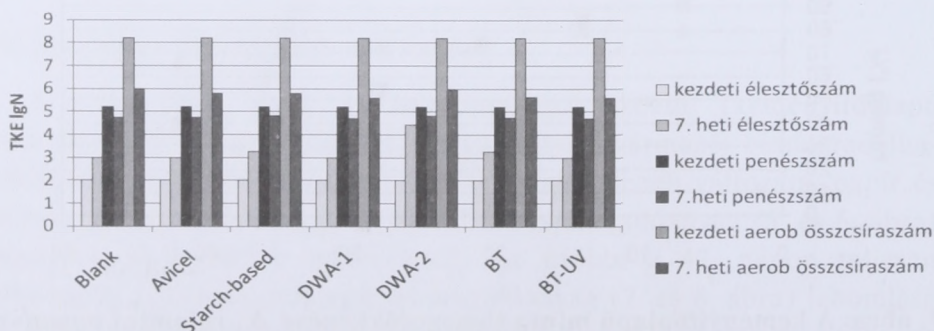
8. ábra: Keményítőalapú csomagolóanyag-minta a beágyazás előtt (A) és után (B), valamint vizes áztatás után (C)



9. ábra: Kereskedelmi forgalomban kapható minta a beágyazás előtt (A) és után (B)

Mikrobiológiai vizsgálatok eredményei

A 10. ábrán egy általános áttekintés látható a respirométer mintaedényeiben lévő föld mikrobiológiai állapotáról mindegyik mintaedényre nézve az induló állapotban és a kísérlet végén. Megfigyelhető, hogy a talaj induló mikrobaszáma magasabb, mint a vizsgálat 7. hetében, melynek lehetséges oka a virágföld eredeti környezeti tényezőinek megváltozása, illetve a talajban lévő mintamennyiség elenyésző tápanyag-felhasználhatósága a mikrobák számára.



10. ábra: Kísérleti közeg mikrobiológiai vizsgálata kiindulási állapotban és a vizsgálat végén (7. hét)

Az eredmények statisztikai értékelése

A kísérletek eredményeinek értékelésére az SPSS 16.0 program segítségével került sor. A respirometriás mérés eredményeinek statisztikai elemzésére az ismételt mérések varianciaanalízise mutatkozott alkalmasnak. A respirometriás vizsgálatba vont csomagolóanyagok CO₂ termelési adatait 95%-os valószínűségi szinten vettük figyelembe. A statisztikai módszer célja az volt, hogy meghatározzuk van-e szignifikáns különbség a vizsgálatba vont élelmiszeripari csomagolóanyag-minták szén-dioxid termelése között. Az statisztikai eredmény alapján (5. táblázat) megállapítható, hogy az egyes minták szén-dioxid termelése között szignifikáns különbség van figyelembe véve az időfaktort is (12 mintavétel a vizsgálat 48 napja alatt). A statisztikai elemzés után egy ún. post hoc teszt készült. Ez egy párosított t-próba, mely szerint a mintavétel 4. és 8. napját leszámítva minden időpontban szignifikáns különbség mutatkozott a minták szén-dioxid termelésében (6. táblázat).

5. táblázat: Ismétléses ANOVA az időfaktort is figyelembe véve

		Csoporton belüli hatások (Tests of Within-Subjects Effects)					
Statisztika: MÉRÉS_1 Tényező		III. típusú négyzetösszeg	df	Átlag négyzet	F	Sig.	Részleges Eta négyzet
Idő	Feltételezhető szfericitás	25,376	11	2,307	78,069	0,000	0,929
	Greenhouse- Geisser	25,376	2,013	12,605	78,069	0,000	0,929
	Huynh-Feldt	25,376	3,033	8,366	78,069	0,000	0,929
	Lower-bound	25,376	1,000	25,376	78,069	0,000	0,929
Hiba (Idő)	Feltételezhető szfericitás	1,950	66	0,030			
	Greenhouse- Geisser	1,950	12,079	0,161			
	Huynh-Feldt	1,950	18,199	0,107			
	Lower-bound	1,950	6,000	0,325			

[F 11,66]=78,069; 0,000 (p-érték) < 0,05 (α)

4. Következtetések, összefoglalás

A növekvő hulladékmennyiség elhelyezése világszerte problémákat okoz, mivel a szemét szakszerű feldolgozása a legtöbb országban nem megoldott. Az élelmiszeripar jelentős felhasználó csomagolóanyag

szempontjából, ezért a felhasznált anyagok kiválasztásánál előtérbe kell helyezni a környezetvédelmi szempontokat.

Kísérletünk célja volt, hogy különböző biodegradálhatónak mondott csomagolóanyag-minták bomlási folyamatát modellezzük és különböző módszerekkel kövessük végig. Az időközben bekövetkező mikrobiológiai változásokat is vizsgáltuk. A vizsgálat tárgyát keményítőalapú, papírműanyag kettős rétegű fólia, valamint kereskedelmi forgalomban kapható műanyag-tasak és egy referencia csomagolóanyag-por képezte. A bomlást egy összeállított respirométer-rendszerben követtük nyomon, melyben közel 50 napig figyeltük a bomlási folyamat során keletkezett szén-dioxid mennyiségét, és következtettünk a lebomlás mértékére. Az alkalmazott referenciaanyag Avicel® megfelelt a kísérlethez.

Az eredmények alapján a leginkább lebomló csomagolóanyagnak a papír- és a keményítőalapú bizonyult. A kereskedelmi forgalomban kapható műanyag, biológiai úton lebomlóként jelzett tasak a kísérlet ideje alatt kis mértékben sem bomlott le, még az UV fénnel 2 hétig előkezelt változata sem. Előfordulhat, hogy ezeknek a tasakoknak a lebomlása hosszabb időt vesz igénybe, mint a komposztképződés ciklusa, így nem biztos hogy megoldást jelentenek a környezetvédelmi problémákra. A beágyazásos vizsgálatok eredményei szintén ezzel vannak összhangban. A mikrobiológiai vizsgálatok azt mutatták, hogy az egyes minták mikrobiológiai szempontból nem megfelelő támadhatósága miatt néhány hét alatt csökkent a felhasznált földben lévő összcsíraszám.

A statisztikai elemzés célja az volt, hogy megállapítsuk a vizsgált csomagolóanyag-minták szén-dioxid termelése szignifikánsan eltér-e egymástól. Ennek alapján megállapítható, hogy van különbség biodegradálhatóságukban, és a respirometriás módszer alkalmas ennek kimutatására.

6. táblázat: Párosított t-próba a kísérleti mintavételek időpontjaira

	Párok közötti különbségek					t	df	Sig. (2-szélű)
	Átlag	Std. Eltérés	Std. Hiba Átlag	95% a különbség konfidencia intervalluma				
				Alsó	Felső			
Pár 1 nap4 - nap8	-0,1429	0,21492	0,08123	-0,34162	0,05591	-1,759	6	0,129

0,129 (p-érték) > 0,05 (α)

5. Irodalom

- Avérous, L., Digabel, F. (2006): Properties of biocomposites based on lignocellulosic fillers. *Carbohydrate Polymers*. Vol. 66, pp. 480-493
- Avérous, L. (2007): Cellulose-based biocomposites: comparison of different multiphasic systems. *Composite Interfaces*, pp. 1-19
- Avérous, L., Fringant, C., Moro, L. (2001): Starch-based biodegradable materials suitable for thermoforming Packaging. *Starch*, 53, pp. 368-371
- Beczner J., Vásárhelyiné P. K. (1998): Biodegradálható csomagolóanyagok. *Anyag + csomagolás*. (43) 3, pp. 2-4
- Claus, J. W. (2000): Biobased Packaging Materials for the Food Industry. Report of The Royal Veterinary and Agricultural University
- Degli-Innocenti F., Tosin M., Bastioli, C. (1998): Evaluation of the biodegradation of starch and cellulose under controlled composting conditions. *Journal of Enviromental Polymer Degradation*, 6, (4) pp. 197-202
- ISO 14851 (1998): Plastics. Evaluation of the ultimate aerobic biodegradability of plastics materials in an aqueous medium. Method by determing the oxygen demand in a closed respirometer
- ISO 14852 (1998): Plastics. Evaluation of the ultimate aerobic biodegradability of plastics materials in an aqueous medium. Method by analysis of released carbon-dioxide
- ISO 14855 (1998): Plastics. Evaluation of the ultimate aerobic biodegradability and disintegration of plastics under controlled composting conditions. Method by measurement of the biogas production
- ISO 9408 (1999): Water quality – Evaluation of ultimate aerobic biodegradability of organic compounds in an aqueous medium by determination of oxygen demand in a closed respirometer
- Kennedy, J. F. (1995): Cellulose and Cellulose Derivates, Physical Chemical Aspects and Industrial Applications, Woodhead Publishing, ISBN: 10:1855732122
- Kiss, R. (2007): Biopolimerek egy tisztább jövőért. *Transpack*, december
- Mayer, M., Bakos, P., Varga, R. (2004): A biológiailag lebomló csomagolóanyagok fogyasztói megítélése. *Fiatalki műszaki tudományos ülés* szaka konferenciakiadvány, Kolozsvár, pp. 133-136
- Pagga U., Schafer A., Müller R. J., Pantke, M. (2001): Determination of the aerobic biodegradability of polymeric material in aquatic batch tests. *Chemosphere*, 42, pp. 319-331

- Podczeczek, F., Knight, P.E., Newton, J. M. (2008): The evaluation of modified microcrystalline cellulose for the preparation of pellets with high drug loading by extrusion/spheronization, *International Journal of Pharmaceutics*, 350, pp. 145-154
- Szárász, L., Beczner, J. (2003): Optimalization of a CO₂ measurement set up for assessing biodegradability of polymers. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 52, pp. 93-95
- Szárász, L., Beczner, J., Gernot, K. (2003): Investigation of the biodegradability of water-insoluble materials in a solid test based on the adaptation of a biological oxygen demand measuring system. *Polymer Degradation and Stability* 81, pp. 477-482
- Witt U., Einig T., Yamamoto M., Kleeberg I., Deckwer W. D., Müller R. J. (2001): Biodegradation of aliphatic-aromatic copolyester: evaluation of the final biodegradability and ecotoxicological impact of degradation intermediates. *Chemosphere*, 44, pp. 289-299

Élelmiszeripari csomagolóanyagok biodegradálhatóságának vizsgálata laboratóriumi respirométerrel

Összefoglalás

A fosszilis energiaforrások kimerülése, a növekvő energiaköltségek és az egyre kiterjedtebbé váló környezetszennyezés új kihívásokat támaszt a csomagolóanyagok előállítása során. A környezetvédelem szempontjából fontosak a biodegradálható csomagolóanyagok. Ezért már számos mérési módszer létezik a biodegradációs folyamat nyomon követésére szilárd és vizes közegben egyaránt. A vizsgálatban is alkalmazott respirometriás módszerrel indirekt és direkt módon is meghatározhatjuk a biodegradációs folyamat során a mikróbák által elfogyasztott oxigént egy zárt mintát tartalmazó lombikban. Jelen dolgozat témája a különböző élelmiszeriparban használatos csomagolóanyagok biodegradálhatóság vizsgálatának és összehasonlításának bemutatása. Laboratóriumi respirometriás rendszer segítségével, indirekt módon határoztuk meg a minták szén-dioxid termelését, majd biodegradálhatóságát. Talajba beágyazásos módszerrel

egészítettük ki a vizsgálatokat. A 2 módszer során kapott eredmények egymással összhangban voltak. A kísérlet során alkalmazott közeg mikrobiológiai vizsgálatát elvégeztük kiindulási és végső állapotban. A statisztikai elemzés alapján szignifikáns különbség van a vizsgált csomagolóanyag-minták szén-dioxid termelésében, illetve biodegradálhatóságában. A leginkább lebomló a papír- és a keményítőalapú csomagolóanyag.

Assay of the Biodegradability of Food Packaging Materials with Laboratory Respirometer

Abstract

Due to the depletion of fossil raw materials, rising energy costs and the increasing environment pollution new requirements have appeared over the packaging materials. These new demands are forcing new biodegradable packaging materials to protect the environment. Therefore there are several different measure methods or tests which modelling the biodegradation process of organic compounds in aquatic-and soil media. Respirometric methods provide direct or indirect measurement of oxygen consuming by microbas in an air or oxygen-enriched environment in a closed vessel. The aim of this work to examine and compare different kind of biodegradable food packaging materials concerning the real biodegradable features. Manometric respirometric method was applied which can measure the biodegradation rate in indirect way. Soil embedded trial was also applied. This two methods were in harmonisation regarding the results. The microbial investigation of the applied media was examined in the initial phase and after the trial period. According to the statistical analyzis significant difference was determined between the examined materials regarding the biodegradability. The most biodegradable materials are the paper based and starch based food packaging materials.