

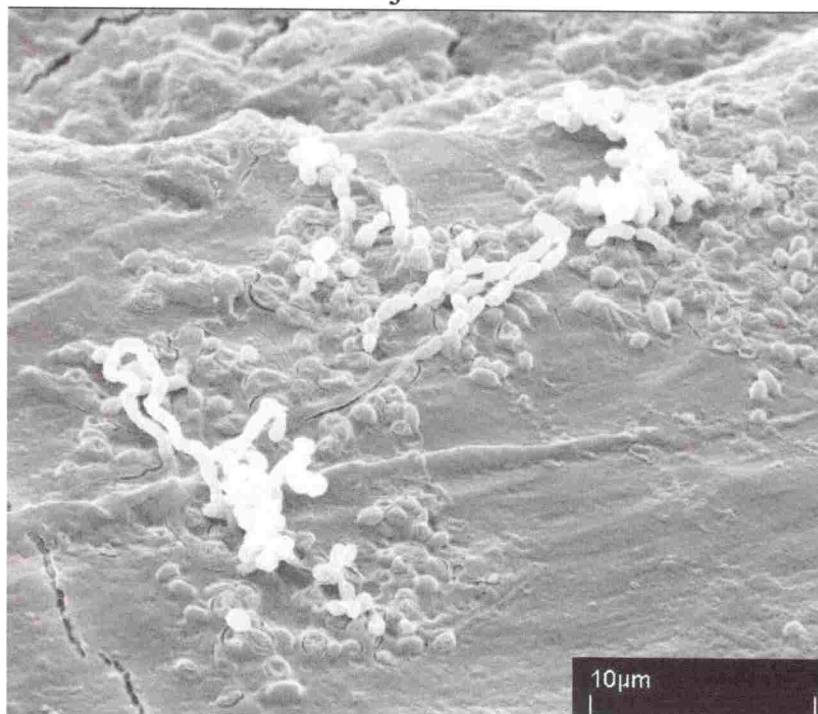


Pyxis csb
Connecting Science to Business

**Mikroorganizmusok fejlődése lebomló fólián
meghatározott környezeti feltételek mellett,
különös tekintettel a Symphony
Environmental d₂wTM technológiával készülő
termékére.**

Mikroszerkezeti vizsgálati jelentés

Készült Michael Stephens műszaki igazgató részére
Symphony Environmental Limited
2005. július 30.



**Mikroorganizmusok fejlődése lebomló fólián
meghatározott környezeti feltételek mellett,
különös tekintettel a Symphony
Environmental d₂wtm technológiával készülő
termékére.**

Tartalom

1.	Összefoglalás	3
2.	Célkitűzés	3
3.	Bevezetés	3
4.	Anyagok és módszerek	4
5.	Vizsgálati eredmények	5
6.	Eredmények értékelése	9
7.	Következtetések	9

*Roger Angold PhD, MA (Cantab), BSc, CBiol, MIBiol
2005. július 30.*

*Pyxis CSB Ltd., Parkers Hill,
Tetsworth, Thame, Oxfordshire OX9 7AQ*

1. Összefoglalás

A vizsgálat célja annak kiderítése volt, hogy a Symphony Environmental d₂wTM technológiával készült lebomló polietilén fóliatermékének felületén kimutatható-e a mikroorganizmusok kolonizációja. A kolonizáció kimutatása mellett a vizsgálat másik célja annak megállapítása volt, hogy a fólia széntartalma tápanyagforrásként szolgál-e a mikroorganizmusok számára, ami azt bizonyítaná, hogy az anyag biológiai úton lebomlik. Az anyagmintákat a vizsgálat során komposztkörülményeknek, illetve folyóvíz hatásának tettük ki, majd 30 nap elteltével elektronmikroszkópos vizsgálatnak vetettük alá. Az eredmények szerint a mikroorganizmusok kolonizálták a műanyag felületét, és az is bebizonyosodott, hogy a megjelenő mikroorganizmusok a vizsgálat időtartama alatt csökkentették az anyag tömegét. Ennek alapján levonható a következtetés, hogy az adott környezetben az anyag hosszabb idő elteltével biológiai úton teljesen lebomlana. A mikroorganizmusok fejlődését nyilvánvalóan nem gátolta az anyagban alkalmazott átmeneti fém alapú katalizátor. A kontrollmintán a mikroorganizmusok korlátozott mértékű megjelenését figyeltük meg, az anyagminta nem mutatta a biodegradáció jeleit.

2. Célkitűzés

A vizsgálat célja annak megállapítása volt, hogy a Symphony Environmental komposztkörülményeknek vagy folyóvíz hatásának kitett, d₂wTM technológiával készült polietilén fóliáján kimutatható-e a mikroorganizmusok kolonizációja, valamint az, hogy az anyag a mikroorganizmusok számára tápanyagforrásként szolgál-e.

3. Bevezetés

A fólia biológiai úton történő lebomlásának vizsgálatára egy olyan anyagmintát alkalmaztunk, amelyben már megindult az oxidatív lebomlás, melynek eredményeképpen az anyag felülete enyhén morzsalékosná vált.

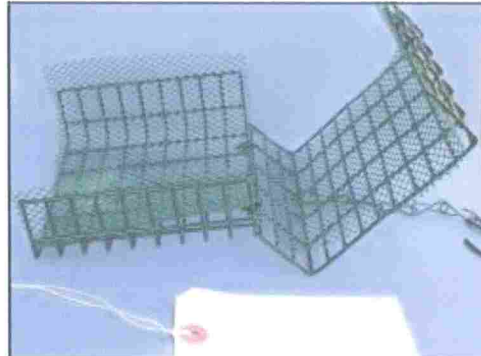
Az anyagminta fizikai lebomlását eredményező körülmények megteremtése sok munkát igényelt, de alapvető jelentőségű volt a lebomlást előidéző mikroorganizmusok kolonizációjának kimutatása. A Symphony Environmental weboldalán (<http://www.degradable.net>) szerepel a következő megjegyzés: „túl nehéznek bizonyult annak pontos meghatározása, hogy milyen molekulatömegnél válik a lebomló polietilén „fogyaszthatóvá” a mikroorganizmusok számára, de a jelenleg elérhető adatok alapján nagyságrendileg 40 000 körül a mikroorganizmusok elkezdik lebontani az anyagot”. A kolonizáció és a tömegcsökkenés megerősítenék ezt a becslést.

A morzsalékos anyag komposztal való keverése nagymértékben megnehezíti a tömegvesztés pontos mérését. Ezért a vizsgálat vezetői úgy döntöttek, hogy a kolonizáció és a lebomlás ellenőrzésének leghatékonyabb módja az anyagminta és a felületén megjelenő mikroorganizmusok elektronmikroszkópos vizsgálata.

4. Anyagok és módszerek

A már bomlási fázisban lévő d_2w^{TM} fóliadarabok zárt polietilén tasakban kerültek leszállításra a Fritwell Laboratory vizsgálati laborjába. A fóliaminta erősen morzsalékos volt.

A bomló anyagdarabokat fémkosárba helyeztük, amely lehetővé tette a minták folyóvízbe merítését. A fémkosárban sűrű szövésű háló akadályozta meg a leváló darabok távozását (1. kép). A kosarakat megcímkeztük, majd egy kis halastóba süllyesztettük, egy vízesés alá (2. kép). A merítés időpontjában a víz hőmérséklete 8°C volt. A komposztba szánt minták túl kicsik voltak ahhoz, hogy egy komposzthalomba helyezzük őket, ezért egy hétköznapi kerti komposztot – levágott fűvet és a kertgondozás során képződő egyéb természetes hulladékot – tartalmazó dobozba kerültek. A komposzt a halomban 45 °C-os hőmérsékletre melegedett fel. A komposzt ezután a fóliamintával és a nem lebomló kontrollmintával összekeverve egy 45°C-os inkubátorba került.



2. kép – a minták merítésére szolgáló kosár

A minták 30 napig maradtak a vizsgálati környezetben, ezután kezdődött az édesvízbe merített és az inkubátorba helyezett minták laboratóriumi vizsgálata.



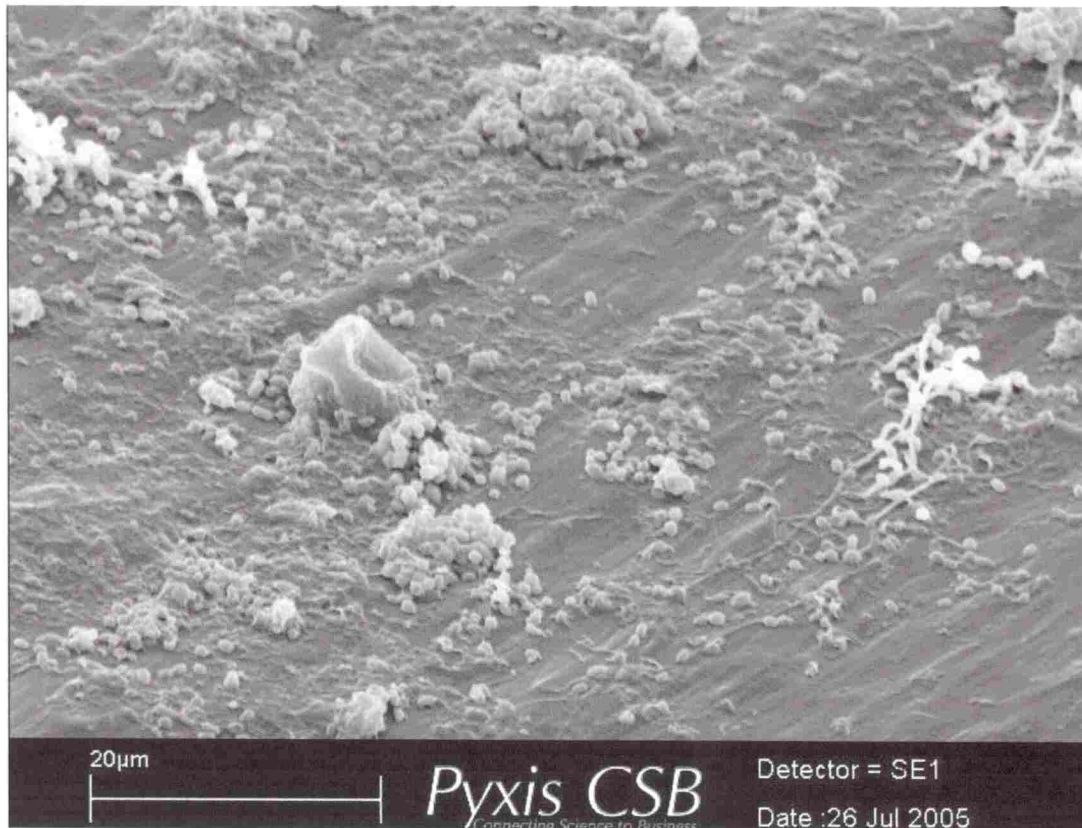
3. kép – vízesés alá függesztett kosarak

A fémkosarakból és a komposztdobozból kivett mintákat desztillált vízzel leöblítettük, hogy a leváló kisebb anyagdarabokat eltávolítsuk, majd a mintákat előkészítettük a másnap reggel végzendő elektronmikroszkópos vizsgálatra. Az előkészítés során egyértelműen kiderült, hogy a minták, különösen a komposztból kivett anyag, jelentős mértékben morzsalékosá vált.

A minták vizsgálata Leo 435VP változtatható nyomású pásztázó elektronmikroszkóppal, nagynyomású vákuum, 20 kV gyorsító feszültség és 200 pikoamper sugáráram alkalmazása mellett került sor. Az anyag feltöltődését elkerülendő a mintákat katódporlasztóval 5 nanométer vastagságban arannyal vontuk be. Hogy az anyag felszíne minél részletgazdagabban jelenjen meg a képeken, a felvételekhez a mintákat 45°-os szögben megdöntöttük.

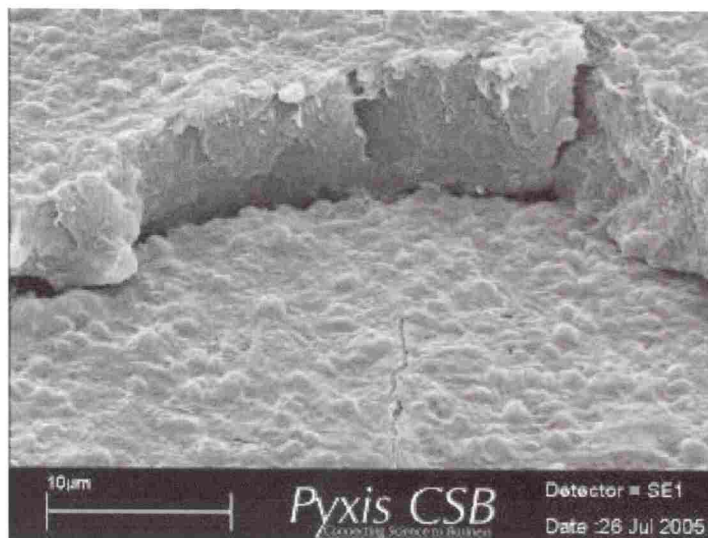
5. Vizsgálati eredmények

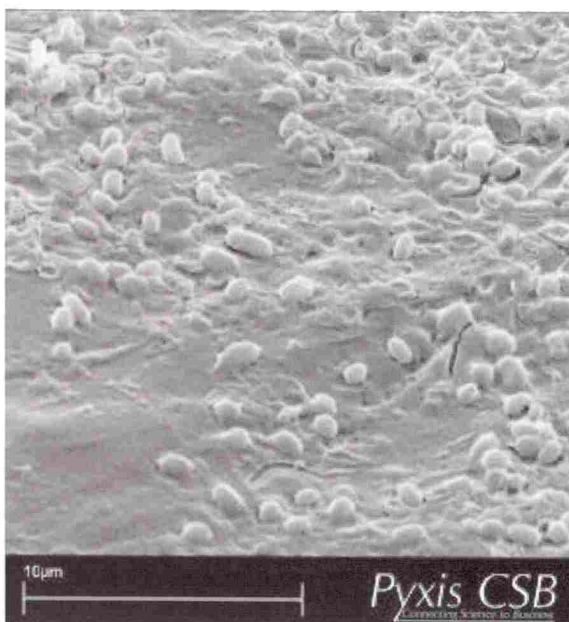
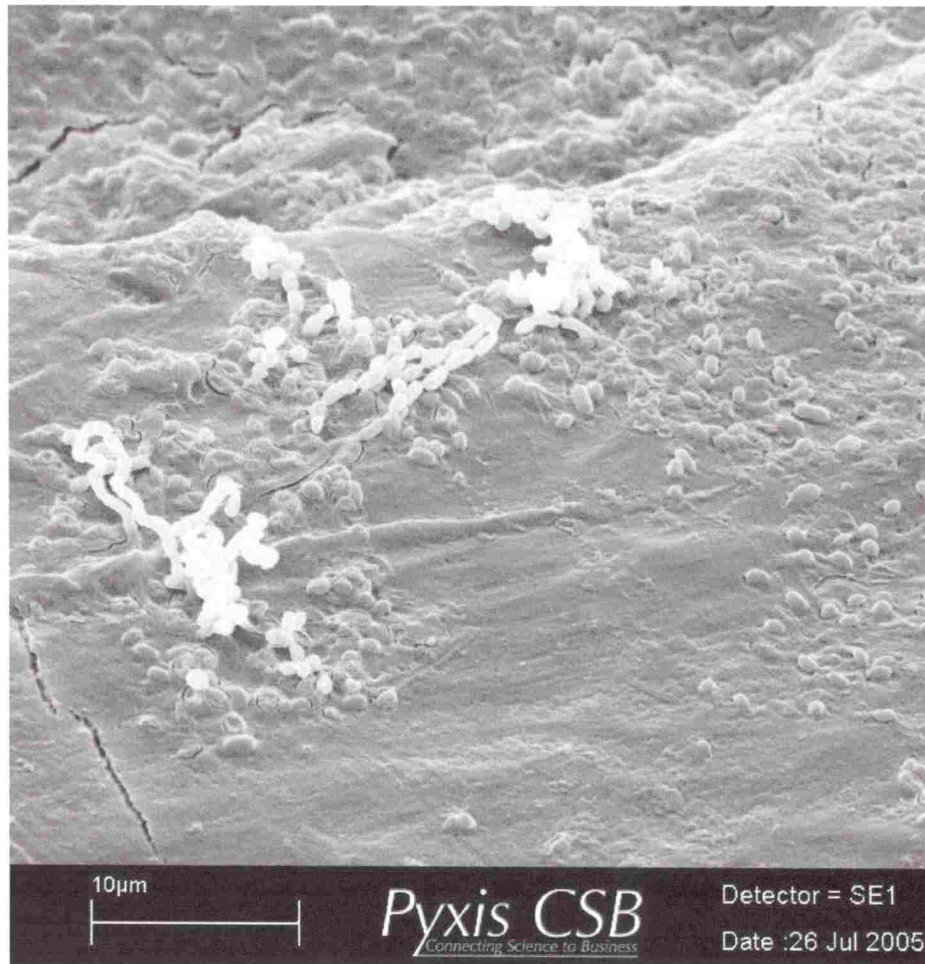
Az alábbi felvételek a vizsgálati minta felszínét mutatják.



A fenti felvételen a komposztból kivett minta felszínén megtapadt baktériumok és gombák láthatók. A baktériumok láncokban és halmazokban vannak jelen, ami arra utal, hogy már a felületen szaporodtak. A gombafonalak szorosan a fólia felületéhez tapadnak.

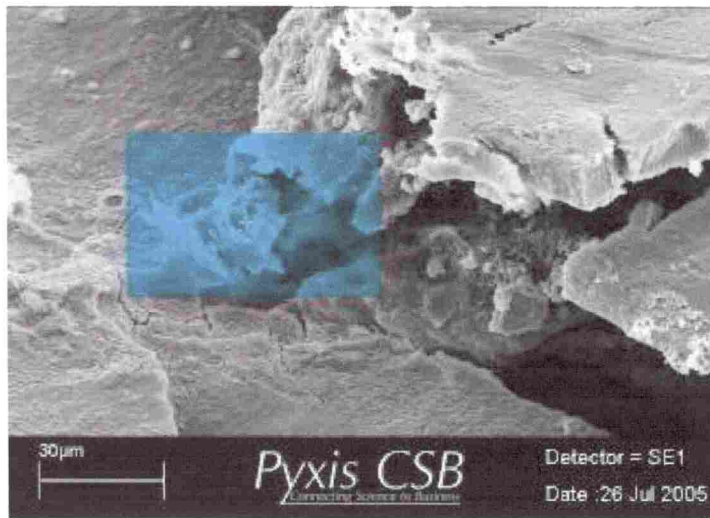
A műanyag bomlása láthatóan megindult. A jobb oldali felvételen egy mély repedés és az előtérben egy friss repedés figyelhető meg.



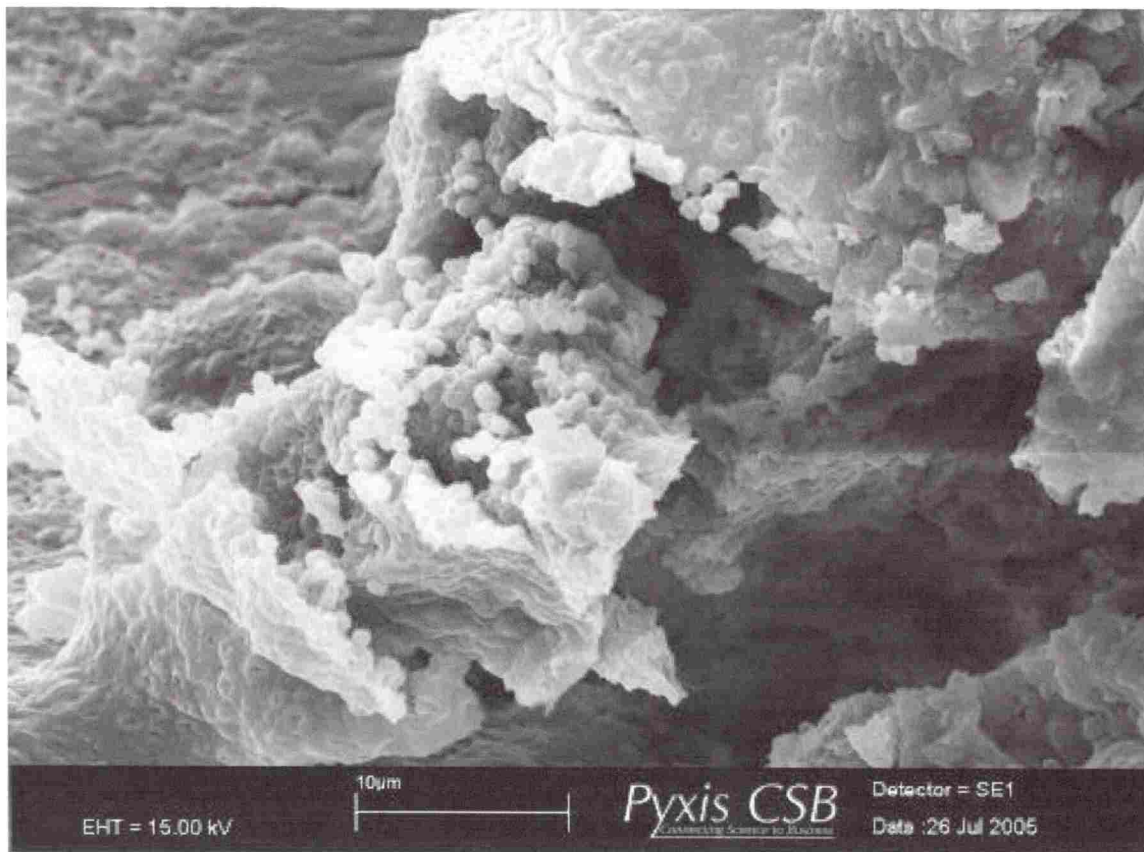


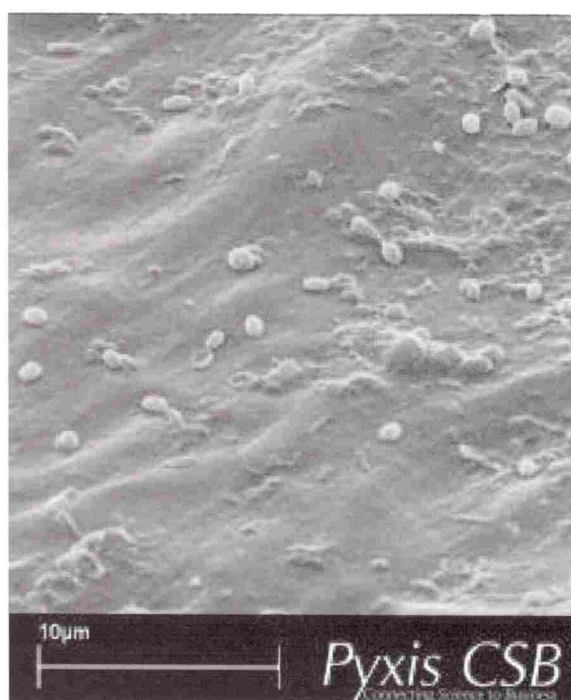
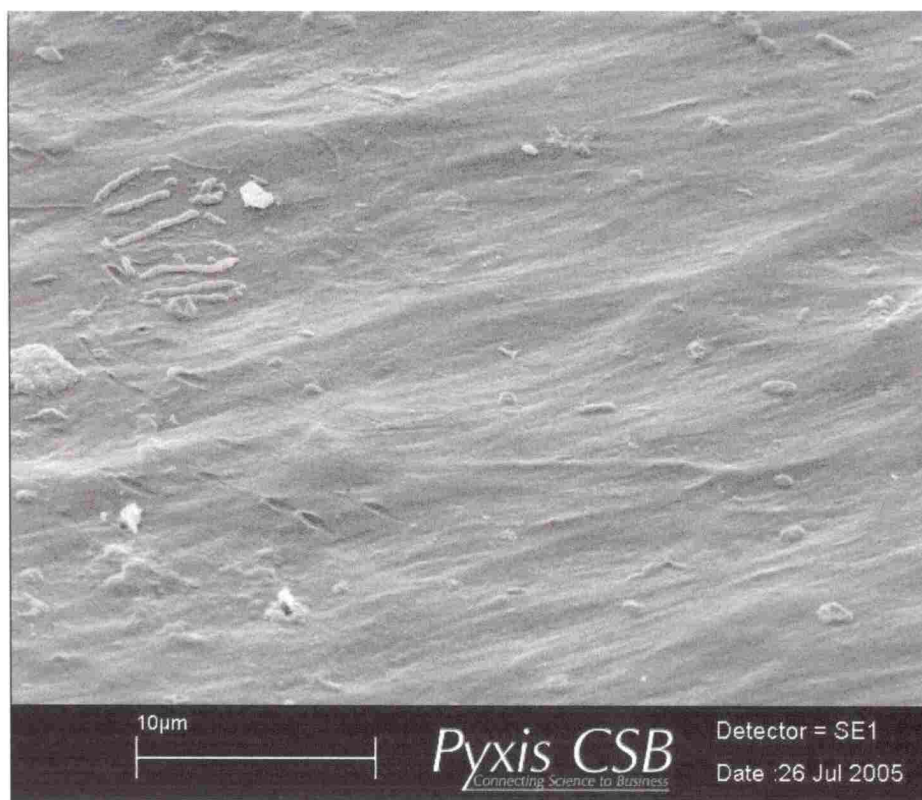
A fólia felszínén kialakult biofilmben nagyszámú baktérium figyelhető meg. A következő felvétel (fent) gombaspórákat mutat, valamint egy újabb felszíni repedést. A gombafonalak és a baktériumok fogyasztják az anyagot, és abba részben belesüllyednek. A gombafonalak mentén a műanyag gyengébb részein megjelennek a repedések.

A 4. felvételen (balra) szintén a fólia felszínét borító baktériumsejtek figyelhetők meg. A kisebb-nagyobb bemélyedések és gödrök azokat a helyeket jelölik, ahol a baktériumok által termelt enzimek megkezdtek az anyag lebontását.



Ahol a fólia bomlásnak indul, megindul a kolonizáció. Az 5. felvétel (balra) egy repedésekkel sűrűn átszőtt területet mutat. A 6. felvétel (lent) az 5. felvétel kézzel kiemelt részének nagyítása. A repedésekkel borított részen a baktériumsejtek és a gombaspórák kolonizációja figyelhető meg, és a repedések falán is intenzív a mikroorganizmusok jelenléte.





A vízbe helyezett minták felszínét algákból és baktériumokból álló biofilm borítja. A tó viszonylag alacsony hőmérséklete miatt (8-10°C) azonban a mikroorganizmusok lényegesen lassabban fejlődtek, mint a komposztban elhelyezett mintán. A 7. felvétel (fent) szaporodó baktériumláncokat mutat a lebomló anyag felületén.

A katalizátort nem tartalmazó kontrollmintáról is készültek elektronmikroszkópos felvételek (8. felvétel, balra). A komposztban érlelt mintán csak kisszámú mikroorganizmus figyelhető meg, és nincsenek a felszínen gombafonalak sem. A felületen csak kisszámú baktériumot láthatunk, és ezek nem képeznek kolóniákat.

6. Az eredmények értékelése

A vizsgálatokból egyértelműen kiderül, hogy a vizsgálat időtartama alatt a lebomló műanyag felületét a komposztban található baktériumok és gombák kolonizálták. A nem lebomló minta felszínén nem alakult ki jelentős mikroorganizmus-aktivitás.

A d_2w^{TM} termék egyértelműen tápanyagforrásként szolgál a mikroorganizmusok számára. Nem biztos, hogy ez minden mikroorganizmus esetében igaz, de a vízbe és komposztba helyezett vizsgálati minták felszínén megjelenő baktériumok és gombák gyorsan szaporodtak. A felületen megtelepedett fajok növekedését nem gátolták a polimerben alkalmazott átmeneti fém katalizátor maradványai vagy a lebomlás során képződő anyagok.

Azokon a részeken, ahol a mikroorganizmusok megjelentek, egyértelműen megindult a műanyag fólia feldolgozása. A minták felületén gödröcskék jelentek meg, ahol pedig gombafonalak tapadtak a felülethez, barázdák jelentek meg az anyagon. Az ilyen barázdák nyomán kialakuló repedések növelik az anyag morzsalékosságát. Valószínű, hogy komposztban, magasabb hőmérsékleten, jóval több repedés keletkezik az anyag felszínén.

A 30 nap, amit a minták 45°C-os vizsgálati környezetben eltöltöttek, nyilvánvalóan nem elég hosszú idő ahhoz, hogy egyértelműen kijelentsük, a műanyag az adott környezeti feltételek mellett teljesen lebomlik, és a bomlás végterméke víz és széndioxid. A mikroorganizmusok kolonizációjának sebessége és kiterjedése alapján azonban feltételezhetjük, hogy egy hasonló környezeti feltételek mellett folytatott hosszabb, a műanyag teljes élettartamára kiterjedő vizsgálat igazolná ezt a kijelentést.

A vizsgálat azt is igazolta, hogy az anyag összetevői és a lebomlás során képződő melléktermékek nem toxikusak a természetes környezetre nézve. Ebből a szempontból a kolonizáció sebessége és a vizsgálat rövid időtartama alatt kialakult viszonylag gazdag mikroba flóra mindenképpen biztató, de az eredmények megerősítéséhez feltétlenül szükség van egy az anyag teljes élettartamára kiterjedő, meghatározott mikroorganizmus fajokkal végzett vizsgálatra is.

7. Következtetés

A vizsgálat célja annak igazolása volt, hogy a d_2w^{TM} termék tápanyagforrásként szolgál a mikroorganizmusok számára, ezen keresztül pedig annak bizonyítása, hogy a vizsgált anyag komposztban és édesvízi környezetben biológiai úton lebomlik. Az elektronmikroszkópos felvételek igazolták, hogy a vizsgált anyag biológiai lebomlása az adott körülmények között megindul. A vizsgált műanyagot komposztban baktériumok és gombák, vízben pedig algák és baktériumok kolonizálták, bár az utóbbi esetben a folyamat – az alacsonyabb hőmérséklet miatt – lényegesen lassabban zajlott. Az organizmusok fejlődését az anyagban alkalmazott átmeneti fém alapú katalizátor nem gátolta, következésképpen semmi nem utalt arra, hogy a katalizátor toxikus hatással lenne a természetes környezetre.

A vizsgálati eredmények alapján levonhatjuk a következtetést, hogy az adott katalizátort tartalmazó termékek biológiai úton lebomlanak. A lebomlás időtartama a környezeti hőmérséklettől, a páratartalomtól és az UV sugárzás szintjétől függ.

Egy hosszabb kísérlet feltehetően igazolná, hogy a vizsgált anyag teljesen lebomlik, a bomlás melléktermékeként pedig víz és széndioxid keletkezik, valamint a depolimerizációt katalizáló, a természetes só kationjaként jelen lévő fém maradványai.

Roger Angold, PhD, MA, BSc, CBiol, MIBiol