



EXTRAHÁLT GYÓGNÖVÉNYEK KOMPOSZTÁLÁSI LEHETŐSÉGEINEK VIZSGÁLATA

GREFF BABETT-HANCZNÉ LAKATOS ERIKA-SZIGETI JENŐ

Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar

Élelmiszertudományi Tanszék

Mosonmagyaróvár

ÖSSZEFOGLALÁS

Vizsgálataim során, a Kisalföldi Mezőgazdasági ZRt. közreműködésével, gyógynövény extrakciós hulladékokat komposztáltam félüzemi körülmények között 2 hónapig. A kontroll csak szarvasmarha trágyával és szalmával, míg a másik depó komposztálást gyorsító, mikrobiológiai készítménnyel került bekeverésre. A komposztálási kísérletek során vizsgáltam a depók hőmérsékletét, nedvességtartalmát és meghatároztam az összes aerob, fakultatív anaerob mezofil cellulózbontó mikroorganizmusok számát is. A kísérletek eredményeként megállapítható, hogy a megfelelő arányú makrokomponens adagolás lényegében kiküszöböli a visszamaradó drogok mikrobagátló hatását, valamint az alkalmazott komposztálást segítő készítmény nem gyakorolt jelentős hatást a komposztálás menetére. Jövőbeni komposztálást gyorsító mikrobiológiai adalékanyag kialakítása céljából vizsgáltam különböző cellulózbontásra alkalmas, komposztokból is kimutatható baktériumok szaporodási kinetikáját és cellulózbontó képességét is.

Jelen közlemény az Emberi Erőforrások Minisztériuma **ÚNKP-18-4-3-SZE-9** kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült, „*Extrahált gyógynövények komposztálási lehetőségeinek vizsgálata*” c. tanulmány átdolgozott verziója. Az eredeti tanulmány Vizsgálataim során, a Kisalföldi Mezőgazdasági ZRt. közreműködésével, gyógynövény extrakciós hulladékokat komposztáltam félüzemi körülmények között 2 hónapig. A kontroll csak szarvasmarha trágyával és szalmával,

míg a másik depó komposztálást gyorsító, mikrobiológiai készítménnyel került bekeverésre. A komposztálási kísérletek során vizsgáltam a depók hőmérsékletét, nedvességtartalmát és meghatároztam az összes aerob, fakultatív anaerob mezofil cellulózbontó mikroorganizmusok számát is. A kísérletek eredményeként megállapítható, hogy a megfelelő arányú makrokomponens adagolás lényegében kiküszöböli a visszamaradó drogok mikrobagátló hatását, valamint az alkalmazott komposztálást segítő készítmény nem gyakorolt jelentős hatást a komposztálás menetére. Jövőbeni komposztálást gyorsító mikrobiológiai adalékanyag kialakítása megjelenésének helye: Új Nemzeti Kiválóság Program 2018/2019 Tanulmánykötet. Széchenyi István Egyetem, Győr, 2019.

Kulcsszavak: gyógynövény, cellulózbontó baktériumok, extrakciós maradvány, komposztálás

BEVEZETÉS

A mezőgazdasági melléktermékekre magas lignocellulóz tartalom jellemző, aminek biotranszformációja egy időigényes és bonyolult procedúra (*Jurado et al., 2014*). Éppen ezért ezen, nagy mennyiségben előforduló, a talaj számára is fontos tápanyagot tartalmazó hulladékok kezelése mára már társadalmi kihívássá vált (*Singh és Suthar, 2012*), mivel kezeletlenül alkalmatlanok a közvetlen felhasználásra. Jelenleg a komposztálás tekinthető az egyik legjobb opciónak a szerves, szilárd hulladékok mezőgazdaságban történő alkalmazására (*Ahmad et al., 2007*).

A komposztálandó nyersanyagokban is nagy mennyiségben előforduló cellulóz egy biológiailag megújuló energiaforrás (*Islam és Roy, 2018*), ami sokféle cellulózbontó mikroorganizmus (gombák, baktériumok) számára szolgál szénforrásként. Cellulózbontó gombák közé tartozik többek között a *Trichoderma*, a *Fusarium*, a *Penicillium* és az *Aspergillus* törzsek, míg a főbb cellulózbontó baktérium nemzetségek a *Cellvibrio*, a *Cellfalcicula*, a *Cellulomonas*, a *Cytophaga*, a *Pseudomonas* és a *Bacillus*. Anaerob körülmények között a *Clostridium* genusz fajai képesek a cellulóz bontására (*Krishna és Mohan, 2017*).

Mivel a komposztálási eljárásokat egyre növekvő érdeklődés övezi, az alkalmazott technológiák folyamatosan fejlődnek. Habár a komposztálás egy munka- és időigényes műveletnek számít, ma már számos technológia áll rendelkezésünkre, amik elősegítik a

komposztálási folyamatok gyorsabb lefolyását (*Gabhane et al., 2012*). Ilyen lehetőség a komposztálást gyorsító, segítő mikrobiológiai készítmények alkalmazása is, melyek jelentős mértékben hozzájárulhatnak a komposztálási folyamat gyorsításához illetve a lebomlás mértékének növeléséhez. Ezért kulcsfontosságú jelentőséggel bír a megfelelő és hatékony, komposztálást segítő mikrobatorzsek kiválasztása.

Az extrakciós eljárásokból visszamaradó gyógynövényi hulladékok, különböző bioaktív komponensek potenciális forrásaként, nehezen komposztálható anyagnak számítanak, ugyanis a illóolajkinyerés során a nem illékony összetevők (polifenolok, poliszacharidok, alkaloidok) (*Celano et al., 2017; Slavov et al., 2016*) és az illóolaj komponensek jelentős része, körülbelül 50%-a is visszamarad a desztillált biomasszában (*Vasileva et al., 2018, Zhou et al., 2016*). Éppen ezért vizsgálataim során célom volt annak a meghatározása, hogy nagy tömegű, hagyományosan komposztálható adalékokkal (szarvasmarhatrágya, szalma) eliminálható-e a gyógynövényekből visszamaradó drogok cellulózbontó mikroorganizmusok szaporodására és anyagcseréjére gyakorolt gátló hatása. Mivel a komposztálás normál körülmények között egy igen időigényes folyamat, célom volt még annak a meghatározása is, hogy egy, a forgalomban kapható komposztálást gyorsító, mikrobiológiai készítmény hatással van-e a komposztálás idejére. Az elért kísérleti eredmények, illetve a rendelkezésre álló irodalmi adatok alapján további célul tűztem ki egy saját komposztálást gyorsító mikrobiológiai készítmény kialakítását is, ami hatékonyan alkalmazható magas cellulóztartalmú hulladékok esetében, azonban ehhez elengedhetetlen az adott törzsek (*Cellulomonas*) szaporodási kinetikájának az ismerete.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Komposztálás során felhasznált nyersanyagok

A komposztálandó anyagkeverék extrakcióból visszamaradó növényi maradékokból (60%), szarvasmarhatrágyából (30%) és őszi árpa szalmából (10%) állt. Minden alapanyagot a Kisalföldi Mezőgazdasági ZRt. szolgáltatott. Az EM 1 jelű depóban lévő kísérleti komposzthoz az elővizsgálatok során legjobban teljesítő, komposztálást segítő mikrobiológiai adalékanyagot, az EM 1 mikrobiológiai törzssoldatot kevertem hozzá az *1. táblázatban* megadott mennyiségben.

1.táblázat: Kialakított depók jelölése, összetétele és az alkalmazott adalék neve
Table 1: The sign and the composition of the composting bins and the name of the used
microbiological inoculant

Depó jelölése ⁽¹⁾	Depókba kerülő anyag összetétele ⁽²⁾	Hozzáadott adalék ⁽³⁾
K (kontroll)	Növényi présmaradvány (360 kg), szarvasmarhatrágya (180 kg), őszi árpa szalma (60 kg) +20 l víz	-
EM 1		EM 1 (0,4 l)

⁽¹⁾ Sign of the composting bins

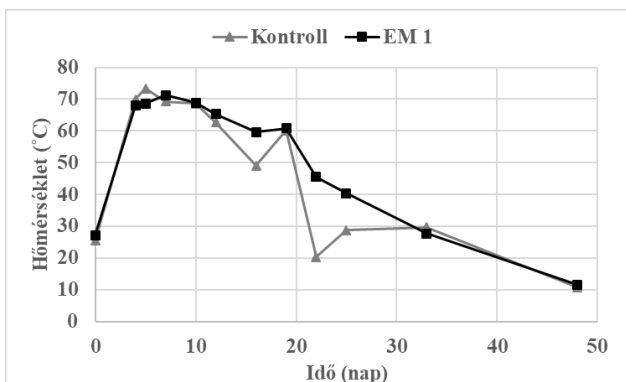
⁽²⁾ Composition of composting bins

⁽³⁾ The used microbiological inoculant

A kísérletek beállítása és mintavételi eljárás

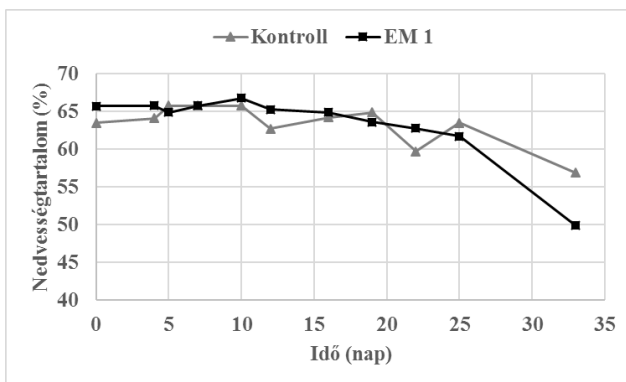
A félüzemi komposztálási kísérletek lebonyolítása a Kisalföldi Mezőgazdasági ZRt. munkatársainak közreműködésével történt Nagyszentjánoson. A komposzt befogadásra kialakított depók oldalpajai raklapokból készültek, magasságuk és hosszúságuk is 1-1 m volt. Alulról és felülről vastag fólia határolta a komposztot, míg oldalról légáteresztő háló burkolatot kaptak a depók. Egy-egy depóba körülbelül 300 kg előre bekevert komposztálandó anyag került. A kontroll depó összetétele makrokomponensek vonatkozásában ugyanaz volt, mint a EM-1 jelűé, de nem tartalmazott komposztálást segítő mikrobiológiai készítményt (*1. táblázat*). A bekevert kiindulási anyag hőmérséklete 34,3-36,5 °C, nedvességtartalma pedig 63,5-65,7 % körüli volt.

2018. október 4. és 2018. november 20. között összesen öt mintavétel történt. Az elvégzendő mikrobiológiai vizsgálatokhoz mintavételi pontokat jelöltem ki a depókban. A 0. napon, az 1., 2. 4. és 7. héten a két komposztból reprezentatív mintákat vettem három mélységből. A mintavétellel egyidőben a komposzthalmok hőmérsékletének és nedvességtartalmának meghatározása is megtörtént, egy pontban, a komposzthalmok középpontjában mérve (*1. és 2. ábra*).



1.ábra: A depók középpontjában mért hőmérséklet változása a vizsgálati időszak alatt

Figure 1: Temperature changes in the centre of the composting material



2.ábra: A depók középpontjában mért nedvességtartalom alakulása a vizsgálati időszak alatt

Figure 2: Moisture content changes in the centre of the composting material

Mikrobiológiai vizsgálatok

A vett mintákból 10 g-ot Stomacher tasakba bemeétem és 90 ml 0,85%(w/v) steril NaCl oldatot hozzáadva BagMixer 400 (Interscience, Franciaország) típusú laboratóriumi homogenizálóval egyenmősítettem, majd a kívánt mértékig tízszeres hígítási sorozatot készítettem. Az aerob és fakultatív anaerob cellulózbontó mikroorganizmusok számának meghatározása 10 g/L karboxi-metil-cellulózzal (CMC) kiegészített Dubos salts táptalajon (Rajoka és Malik, 1997) történt, lemezöntéses módszerrel, három párhuzamos vizsgálatával. Az inkubáció 30 °C -on 120 óra volt.

Cellulóz bontó baktériumok szaporodásának vizsgálata

A további komposztálási kísérletek elvégzéséhez, előzetes irodalmi adatok alapján, komposztokban is előforduló cellulóz bontó baktériumokat választottam ki, melyek a *Cellulomonas* genuszba tartoztak. A kiválasztott törzsek a *C. biazotea* NCAIM B.01385, a *C. fimi* NCAIM B.01386, *C. phragmiteti* NCAIM B.02303 és a *C. flavigena* NCAIM B.01383 voltak. Kísérleteim során a szaporodási kinetika meghatározásához 10 g/L karboxi-metil-cellulózzal kiegészített Dubos salts tápoldatot használtam. A cellulóz bontó törzseket tartalmazó folyékony tápközegeket (150 mL) rázófürdőben (Model 676D, New Brunswick Scientific) tenyésztettem (30°C, 120 rpm). A rázatott kultúrából rendszeres időközönként mintát vettem és lemezöntéses módszerrel meghatároztam a minták élősejtszámát, valamint Spectroquant Pharo 100 spektrofotométer segítségével megmértem a minták optikai denzitását 600 nm-es hullámhosszon. Az élősejtszám meghatározásához szükséges lemezeket WTC-Binder típusú termosztátban 30°C-on inkubáltam, 120 óráig.

Cellulóz bontó aktivitás vizsgálata

Cellulóz bontó képesség igazolásának céljából az adott törzseket CMC-t tartalmazó Dubos salts agaron szélesztettem. Az inkubálás 30 °C –on 72 óra volt. Inkubálás után a lemezeket 1%-os (w/v) Kongóvíz oldattal festettem 15 percig, majd a felesleges festék eltávolítását 1 M NaCl oldattal 15 perces átmosással végeztem el (*Liang et al., 2014*). Az elszíneződést mutató törzsek cellulóz bontó potenciálját a cellulóz bontási koefficiens (CDC) meghatározásával adtam meg, ami a bontási zóna és a telep átmérőjének a hányadosa (*Coniglio et al., 2017*).

Statisztikai értékelés

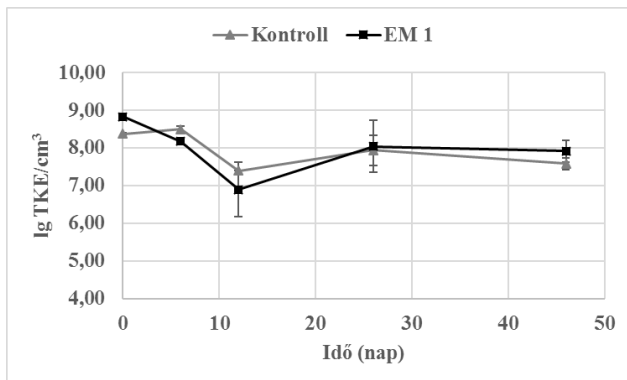
Méréseimet 1 ismétlésben, 3 mintavétellel végeztem el. Az ábrák elkészítéséhez Microsoft Excel 2016-os programot használtam.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Mikrobiológiai vizsgálatok eredményei

Az aerob és fakultatív anaerob cellulózbontó mikroorganizmusok számának alakulását a komposztálási kísérlet ideje alatt a 3. ábra szemlélteti. Ez alapján elmondható, hogy a mezofil cellulózbontó mikroorganizmusok döntő szerepet játszottak a gyógynövényhulladékot tartalmazó komposztálandó anyag átalakítása során, mivel csíraszámuk átlagosan 10^8 telepkepző egység szám körül alakult. Aktivitásuk a komposztálás végéig viszonylag egyenletes volt mindkét kísérleti depóban, csak a komposztálás kezdeti időszakában (1-2. hét) volt érzékelhető jelentősebb aktivitás csökkenés, ami a hirtelen hőmérséklet emelkedésnek és a hosszabb termofil szakasznak tudható be (3. ábra).

A legmagasabb cellulózbontó számot az EM 1 jelű depóban mértem a 0- napon, azonban ez a szám az első két hét során közel két nagyságrendnyit csökkent a magas hőmérsékletnek köszönhetően. A 7. héten mindkét komposztminta már csökkenő cellulózbontó aktivitást mutatott, ami arra is utalhat, hogy a komposztálandó anyagban lecsökkent ezen mikroorganizmusok által hasznosítható, szerves komponensek mennyisége. A kapott eredmények alapján, a kontroll és a beoltott komposzt mezofil cellulózbontószámának alakulását nézve, jelentős eltérésről nem számolhatok be.



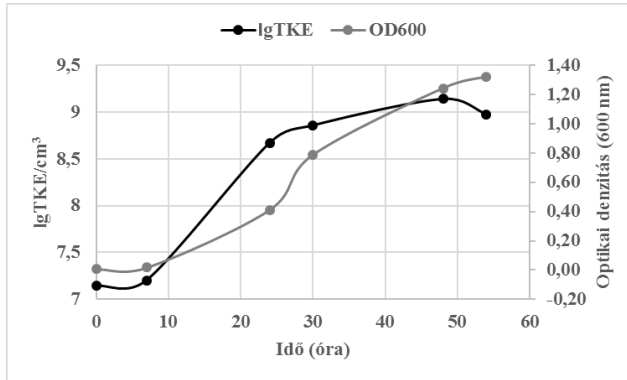
3.ábra: A kísérleti komposztok aerob és fakultatív anaerob cellulózbontó számának változása

Figure 3: Evolution of total numbers of aerobic cellulolytic microorganisms during the composting of herbal residues

Cellulóz-bontó baktériumok szaporodásának vizsgálata

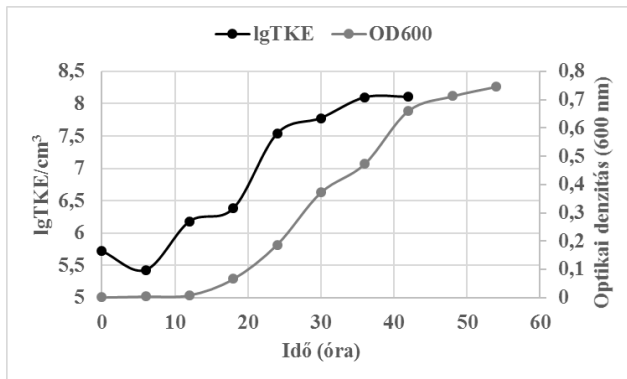
Mivel az előzetes komposztálási kísérleteim során a kereskedelmi forgalomban is kapható, komposzthoz adagolt, komposztálást gyorsító mikrobiológiai készítmény nem gyakorolt jelentős hatást a komposztálási folyamatokra, ezért a kísérletek meggyorsításának érdekében kiválasztottam több cellulóz-bontó mikroorganizmust, melyek részt vehetnek lebontó és komposztálási folyamatokban (*Qian et al., 2016; Wei et al., 2018; de Gannes et al., 2013*), illetve bizonyos törzsek megtalálhatók más komposztálást gyorsító készítményben is. A tenyésztési vizsgálatok során ezen baktériumok szaporodási kinetikáját vizsgáltam, hogy megállapítsam, a jövőbeni, tervezett gyógynövény-komposztálási kísérletek során mely *Cellulomonas* törzsek gyakorolhatnának pozitív hatást a komposztálás közbeni lebontás dinamikájára és a végtermék minőségére. A vizsgálatok során a szaporodás intenzitását előzetes kalibráció elkészítése után optikai denzitás mérésével is meghatároztam, mivel a sejtszuszpenzió zavarossága vagy optikai denzitása közvetlenül összefügg a sejttömeggel/sejtszámmal. E módszer előnye, hogy könnyen elvégezhető, nem igényel vegyszer és egyéb segédanyag felhasználást, valamint gyors és olcsó, azonban nem tesz különbséget élő és holt sejtek között (*Jarvis et al., 2016*), kevésbé érzékeny, és csak bizonyos koncentráció intervallumban használható (*Gabrielson et al., 2002*). Mindazonáltal a hagyományos telepszámláló módszerhez képest a vizsgálati időt jelentősen lecsökkenté, így a kalibrálás elvégzése után, későbbi mérések során az adott *Cellulomonas* törzseket tartalmazó tápoldatok sejtszáma közvetlenül meghatározható lesz.

A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy a legtöbb vizsgált cellulóz-bontó törzs szakaszos szaporodási görbét mutatott. Ahogy a 4-7. ábrán is látható, a görbe kezdeti lappangó fázisainak hossza között azonban eltérések tapasztalhatók, ugyanis a *Cellulomonas phragmiteti* NCAIM B.02303 törzs egyáltalán nem mutatott lag fázist. A leghosszabb lappangási fázist a *Cellulomonas flavigena* NCAIM B.01383 törzs esetében mértem. A maximális telepképző egységszámot (TKE) *Cellulomonas biazotea*, *Cellulomonas fimi* és *Cellulomonas phragmiteti* törzsek a vizsgálat 42., *Cellulomonas flavigena* pedig 48. órában érte el. A legnagyobb telepképző egységszámot a *Cellulomonas flavigena* esetében mértem a 48. órában (10^9 TKE/cm³), azonban a másik három törzs maximális telepképző egység száma is 10^8 TKE körül alakult.



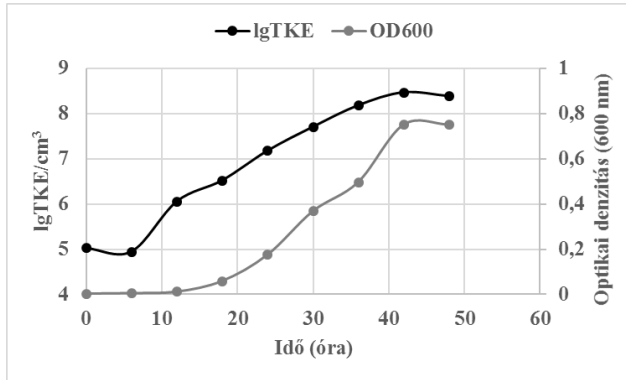
4. ábra: *Cellulomonas flavigena* (NCAIM B.01383) szaporodási görbéje

Figure 4: The growth kinetics of *Cellulomonas flavigena* (NCAIM B.01383)



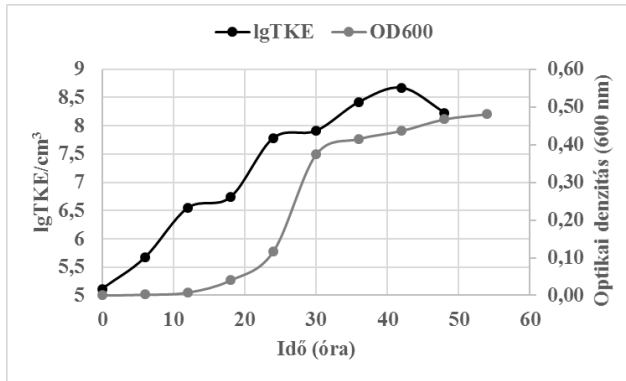
5. ábra: *Cellulomonas biazotea* (NCAIM B.01385) szaporodási görbéje

Figure 5: The growth kinetics of *Cellulomonas biazotea* (NCAIM B.01385)



6.ábra: *Cellulomonas fimi* (NCAIM B.01386) szaporodási görbéje

Figure 6: The growth kinetics of *Cellulomonas fimi* (NCAIM B.01386)



7.ábra: *Cellulomonas phragmiteti* (NCAIM B.02303) szaporodási görbéje

Figure 7. The growth kinetics of *Cellulomonas phragmiteti* (NCAIM B.02303)

Cellulóz bontó aktivitás vizsgálati eredményei

A vizsgált *Cellulomonas* törzsek mindegyike erős cellulóz bontó potenciállal rendelkezett, a telepek körül megjelenő tisztulási zónák megerősítették az extracelluláris celluláz szekrécióját az adott törzsek esetében (Gupta et al., 2012). A telepek körüli tisztulási zóna értéke 25 és 32 mm, míg a cellulóz bontási koefficiens 3,1 és 4,54 között változott. A *Cellulomonas flavigena* NCAIM B.01383 rendelkezett a legnagyobb CDC értékkel, míg a leggyengébb cellulóz bontási aktivitást a *Cellulomonas phragmiteti* NCAIM B.02303 (CDC=3,1) fejtette ki (2. táblázat).

2.táblázat: *Cellulomonas* törzsek cellulózbontó aktivitása

Table 2: The cellulolytic activity of certain *Cellulomonas* strains

Baktérium ⁽⁴⁾	CDC ⁽⁵⁾
<i>Cellulomonas flavigena</i> NCAIM B.01383	4,54
<i>Cellulomonas biazotea</i> NCAIM B.01385	4,17
<i>Cellulomonas fimi</i> NCAIM B.01386	4,33
<i>Cellulomonas. phragmiteti</i> NCAIM B.02303	3,1

⁽⁴⁾Bacteria

⁽⁵⁾ Cellulózbontási koefficiens/ Cellulose Degradation Coefficient

KÖVETKEZTETÉSEK

Vizsgálati eredményeim alapján megállapítható, hogy a komposztálási eljárások alkalmasak a szarvasmarhatrágyával és szalmával kevert, extrahálásból visszamaradt gyógynövény hulladékok hasznosítására. Az előzetes komposztálási kísérletek során kiválasztott, komposztálás gyorsítására szolgáló, kereskedelmi forgalomban lévő mikrobiológiai készítmény (EM 1) az általam vizsgált alapanyagmátrixban nem volt alkalmas a komposztálás hatékonyságának javítására (*Greff et al., 2018*). Ez okból kifolyólag célul tűztem ki egy olyan cellulózbontó mikrobatörzs kiválasztását -mely nagyobb fajlagos szaporodási sebessége miatt- intenzifikálhatja az extrahálásból visszamaradt gyógynövény hulladékok komposztálódásának folyamatát. A nagyszámú vizsgálat egyszerűsítésének érdekében összehasonlítottam a hagyományos lemezöntéses módszer és a fotometriás gyorsmódszer mikrobaszám meghatározás információtartalmát is. A kapott vizsgálati eredmények alapján az alábbi megállapítások tehetők:

Az optikai denzitás mérése révén nagyobb bizonyossággal meghatározhatók a vizsgált *Cellulomonas* törzsek szaporodási fázisai a hagyományos tenyésztéses eljárásokhoz képest (lag fázis, exponenciális és stacioner fázis). Annak ellenére, hogy az optikai denzitás meghatározásánál az élő- és holt sejteket is mérjük, a tenyésztéses módszerekhez képest kisebb eltérésekkel jellemezhetjük a valós mikrobiológiai aktivitást, nemcsak a görbék meggyőzőbb „simább” futása-, hanem a mért időszakban a pusztulási sebesség még minimális volta miatt is. A szaporodási- és az optikai denzitás görbék korrelációjának ismeretében a további sejtszám-meghatározási és gátlóanyag

vizsgálatok idő-, munka- és anyagigénye jelentősen lecsökken ezen törzsek tekintetében.

A vizsgált *Cellulomonas* törzsek, szaporodási képességeik és cellulózbontó aktivitásuk alapján, alkalmasnak bizonyulhatnak egy komposztálást segítő mikrobiológiai adalékanyag elkészítéséhez. Azonban egy hatékony készítmény kialakításához még szükséges további mezofil és termofil baktériumtörzsek szaporodási kinetikájának, illetve ezen baktériumok gyógynövényfeldolgozási hulladékokban visszamaradó illékony és nem illékony komponensek különböző koncentrációira adott válaszreakciónak az ismerete is.

THE COMPOSTING OF HERBAL RESIDUES FROM EXTRACTION

BABETT GREFF - ERIKA HANCZNÉ LAKATOS - JENŐ SZIGETI

Széchenyi István University, Faculty of Agricultural and Food Sciences

Mosonmagyaróvár

ABSTRACT

In the present work, in association with Kisalföldi Mezőgazdasági ZRt. I carried out pilot-scale composting from wastes of some herbal residues with the addition of cow manure, straw and composting accelerator throughout two month. At the beginning of the experiment the control was made of herbal residues, straw and cow dung only, while compost accelerator was added to the composts in the other bin. During the two months temperature and moisture content were measured and representative samples were microbiologically characterized by the enumeration of aerob cellulolytic microorganisms. The results highlighted that the used macro components (straw and cow dung) in adequate proportions can lower the antimicrobial properties of herbal residues. Furthermore, I have found that the used microbiological inoculant had no significant beneficial effect on composting process. In order to develop a new microbiological inoculant, growth kinetics and cellulose degrading ability of certain cellulolytic bacterias were also examined.

Keywords: herbs, cellulose degrading bacterias, herbal residues, compost

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-18-3 Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült.

IRODALOM

Ahmad, R. - Jilani, G. - Arshad, M. - Zahir, Z. A. - Khalid, A. (2007): Bio-conversion of organic wastes for their recycling in agriculture: an overview of perspectives and prospects, in *Annals of Microbiology*, Volume 57, Issue 4 pp. 471-479.

Celano, R.- Piccinelli, A. L.- Pagano, I. - Roscigno, G.- Campone, L.- De Falco, E.- Russo, M.- Rastrelli, L. (2017): Oil distillation wastewaters from aromatic herbs as new natural source of antioxidant compounds, in *Food Research International*, Volume 99, pp. 298–307.

Coniglio, R. O.- Fonseca, M. I.- Villalba, L. L.- Zapata, P. D. (2017): Screening of new secretory cellulases from different supernatants of white rot fungi from Misiones, Argentina, in *Mycology*, Volume 8, Issue 1 pp. 1-10.

de Gannes, V. - Eudoxie, G. - Hickey, W. J. (2013): Prokaryotic successions and diversity in composts as revealed by 454-pyrosequencing, in *Bioresource Technology*, Volume 133, pp. 573-580.

Gabhane, J. – William, SPM. P. - Bidadhar, R. - Bhilawe, P. - Anand, D. - Vaidya, A. N. - Wate, S. R. (2012): Additives aided composting of green waste: Effects on organic matter degradation, compost maturity, and quality of the finished compost, in *Bioresource Technology*, Volume 114, pp. 382-388.

Gabrielson, J. - Hart, M. - Jarelöv, A. - Kühn, I. - Mckenzie, D. - Möllby, R. (2002): Evaluation of redox indicators and the use of digital scanners and spectrophotometer for quantification of microbial growth in microplates, in *Journal of Microbiological Methods*, Volume 50, Issue 1 pp. 63-73.

Greff B. – Varga Á. – Hanczné Lakatos E. (2018): Gyógynövények hatóanyagainak kinyerése után visszamaradt extrakciós maradványok komposztálhatóságának vizsgálata, in: Szalka, Éva (szerk.) XXXVII. Óvári Tudományos Napok, 2018. november 9-10. : Fenntartható agrárium és környezet, az Óvári Akadémia 200 éve - múlt, jelen, jövő, Mosonmagyaróvár, pp. 214-223.

- Gupta, P.- Samant, K.- Sahu, A. (2012): Isolation of Cellulose-Degrading Bacteria and Determination of Their Cellulolytic Potential, in International Journal of Microbiology, Volume 2012, doi:10.1155/2012/578925
- Islam, F.- Roy, N. (2018): Screening, purification and characterization of cellulase from cellulase producing bacteria in molasses, in BMC Research Notes, Volume 11, <https://doi.org/10.1186/s13104-018-3558-4>
- Jarvis, N. A. - O'Bryan, C. A. - Ricke, S. C. - Johnson, M. G. - Crandall, P. G. (2016): A review of minimal and defined media for growth of *Listeria monocytogenes*, in Food Control, Volume 66, pp. 256-269.
- Jurado, M. M.- Suárez-Estrella, F. - Vargas-García, M. C. - López, M. J. - López-González, J. A. - Moreno, J. (2014): Increasing native microbiota in lignocellulosic waste composting: Effects on process efficiency and final product maturity, in Process Biochemistry, Volume 49, Issue 11 pp. 1958-1969.
- Krishna, M. P. - Mohan, M. (2017): Litter decomposition in forest ecosystems: a review, in Energy, Ecology and Environment, Volume 2, Issue 4 pp. 236–249.
- Liang, Y.- Zhang, Z.- Wu, M.- Wu, Y.- Feng, J. (2014): Isolation, Screening, and Identification of Cellulolytic Bacteria from Natural Reserves in the Subtropical Region of China and Optimization of Cellulase Production by *Paenibacillus terrae* ME27-1, in BioMed Research International, Volume 2014, doi:10.1155/2014/512497
- Qian, X. - Sun, W. - Gu, J. - Wang, X.- Zhang, Y. - Duan, M.-Li Li, H.- Zhang, R. (2016): Reducing antibiotic resistance genes, integrons, and pathogens in dairy manure by continuous thermophilic composting, in Bioresource Technology, Volume 220, pp. 425–432.
- Rajoka, M. I. - Malik, K. A. (1997): Cellulase production by *Cellulomonas biazotea* cultured in media containing different cellulosic substrates, in Bioresource Technology, Volume 59, Issue 1 pp 21-27.
- Singh, D. – Suthar, S. (2012): Vermicomposting of herbal pharmaceutical industry waste: Earthworm growth, plant-available nutrient and microbial quality of end materials, in Bioresource Technology, Volume 112, pp. 179-185.
- Slavov, A. - Panchev, I. - Kovacheva, D. - Vasileva, I. (2016): Physico-chemical characterization of water-soluble pectic extracts from *Rosa damascena*, *Calendula officinalis* and *Matricaria chamomilla* wastes, in Food Hydrocolloids, Volume 61, pp. 469-476.

Vasileva, I. - Denkova, R. - Chochkov, R. - Teneva, D. - Denkova, Z. - Dessev, T. - Denev, P.- Slavov, A. (2018): Effect of lavender (*Lavandula angustifolia*) and melissa (*Melissa Officinalis*) waste on quality and shelf life of bread, in Food Chemistry, Volume 253, pp. 13–21.

Wei, H. - Wang, L. - Hassan, M. - Xie, B. (2018): Succession of the functional microbial communities and the metabolic functions in maize straw composting process, in Bioresource Technology, Volume 256, pp. 333–341.

Zhou, Y. - Selvam, A. - Wong, J. W. C. (2016): Effect of Chinese medicinal herbal residues on microbial community succession and anti-pathogenic properties during co-composting with food waste, in Bioresource Technology, Volume 217, pp. 190-199.

A szerzők levélcíme – Address of the authors:

Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,

Élelmiszertudományi Tanszék

9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

Greff Babett: greff.babett@sze.hu

Hanczné Dr. Lakatos Erika: lakatos.erika@sze.hu

Prof. Dr. Szigeti Jenő: szigeti.jeno@sze.hu