



**DEBRECENI EGYETEM**  
**TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉS TECHNOLÓGIAI KAR**  
**BIOTECHNOLÓGIAI INTÉZET**  
**MOLEKULÁRIS BIOTECHNOLÓGIAI ÉS MIKROBIOLÓGIAI**  
**TANSZÉK**

---

Prof. Dr. Pócsi István, C.Sc., D.Sc.  
tanszékvezető egyetemi tanár  
Molekuláris Biotechnológiai és  
Mikrobiológiai Tanszék  
Biotechnológiai Intézet  
Természettudományi és  
Technológiai Kar  
Debreceni Egyetem  
Pf. 63.  
4010 Debrecen

Tel: 36-52-512900, 62337-es mellék  
Fax: 36-52-512925 vagy 36-52-533677  
E-mail címek: pocsi.istvan@science.unideb.hu  
vagy ipocsi@gmail.com

**Opponensi vélemény Dr. Tácsics András „Kőolajeredetű  
szénhidrogénekkal szennyezett, oxigén-limitált felszín alatti  
közegek mikrobiális ökológiája” című MTA doktori értekezéséről**

Dr. Tácsics András MTA doktori értekezése elismerésre méltó tudományos teljesítményen alapszik, kritikai észrevételeim, kérdéseim javító szándékúak.

A bírálatom a következőképpen tagolódik: 1. Az értekezés **formája és nyelvhelyessége**.  
2. Az értekezés **tartalma**. 3. **Új tudományos eredmények**.

**Forma, nyelvhelyesség**

**Általános vélemény:** Az értekezés hosszú, az irodalomjegyzékkel együtt 199 oldal terjedelmű. A szerző az eredményeit nemzetközileg magasán jegyzett folyóiratokban már közölte, így ez a terjedelem a véleményem szerint indokolatlan. A szerző a kutatásait és azok eredményeit történetiségében mutatja be, azonban ez, bár kétségkívül olvasmányossá teszi az értekezés bizonyos részeit, nem teszi jobban áttekinthetővé az eredményeket. Nem segítette az opponens munkáját az sem, hogy az új tudományos eredmények pontokba foglalása még a tézisek megfogalmazásakor sem történt meg. Valószínűleg a szerzőnél is felmerült ezzel kapcsolatban némi hiányérzet, mert az eredmények megbeszélésére, értelmezésére három fejezet is szolgál „Eredmények és megbeszélés”, „Az eredmények összefoglaló



**DEBRECENI EGYETEM**  
**TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉS TECHNOLÓGIAI KAR**  
**BIOTECHNOLÓGIAI INTÉZET**  
**MOLEKULÁRIS BIOTECHNOLÓGIAI ÉS MIKROBIOLÓGIAI**  
**TANSZÉK**

---

megbeszélése” és „Összefoglalás” címmel. Az „Eredmények és megbeszélés” fejezet önmagában is számos rész-összefoglalást tartalmaz (V.1.8., V.2.6., V.3.9., V.5.7., V.6.4., V.7.2.7., V.7.3.6. és V.7.4.6. alfejezetek), ami segít ugyan az egyes projektrészek áttekintésében, de a kutatások globális áttekintését és összegzését még gátolhatja is. Véleményem szerint ennél jobb lett volna egy rövidebb értekezés összefogottabb, lényegre törőbb szerkezettel és az új tudományos eredmények rövid, pontokba foglalt leírásával az „Eredmények és megbeszélés” fejezetet követően. A dolgozat pozitívuma a mértéktartó „Irodalomjegyzék”.

Részletes kritikai észrevételek:

1. A szerző több helyen kihangsúlyozza azt, hogy az értekezésben foglalt eredmények több mint 10 éves kutatómunka (34., 167., 173., 175. oldalak) révén jöttek létre. Továbbá megemlíti, hogy a kőolaj/gázolaj keverékkel történt dúsítási kísérleteket a kutatócsoportot ért kritika indította (172 és 173. oldalak). Ugyancsak olvasható az értekezésben, hogy a *Zoogloea oleivorans* faj megtalálásakor „A folyamatos törzsiszolálás során mondhatni mellénk szegődött a vakszerencse.” (169. oldal) Ezek az információk egy MTA doktori értekezésben szükségtelenek. A 175. oldalon pedig azt olvashatjuk, hogy „Magyarországon elsőként alkalmaztuk a stabil izotópos jelölés (SIP) módszerét mikrobiális ökológiai vizsgálatok során”, ami egy nivós nemzetközi közleményekkel jól megalapozott munkánál szintén szükségtelen információ.
2. Az értekezés stílusa általánosságban megfelelő, bizonyos fejezetekben olvasmányos, ugyanakkor bizonyos szavak gyakori használata, sőt esetenként halmozása ront az értekezés élvezhetőségén. Ilyenek szavak például a „történt” (az „Anyag és módszer fejezet”-ben igen gyakran használt szó), a „során” és a „rendelkezik”. A „során” névutó legtöbbször megfelelő raggal kiváltható lett volna, pl. a 26. oldalon olvasható: „anaerob lebontásának leírása során” helyett „anaerob lebontásának leírásakor”. A „rendelkezik” szó indokolatlan használatát pedig egyszerűbb mondatszerkesztéssel el lehetett volna kerülni, pl. a 21. oldalon olvasható: „fenil hidroxiláz aktivitással rendelkező enzimek”, ami helyett javasolható akár „fenil hidroxiláz aktivitást mutató



**DEBRECENI EGYETEM**  
**TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉS TECHNOLÓGIAI KAR**  
**BIOTECHNOLÓGIAI INTÉZET**  
**MOLEKULÁRIS BIOTECHNOLÓGIAI ÉS MIKROBIOLÓGIAI**  
**TANSZÉK**

---

- enzimek”, vagy akár egyszerűen „fenil hidroxiláz aktivitású enzimek” (lásd még: <https://nyelvmuvelo.hu/stilus-retegek-divatok/mivel-rendelkezzunk>).
3. Az értekezésben megfigyelhetők, ugyan kis számban, az angol kifejezések tükörfordításából származó nyelvhelyességi problémák is. Ilyen pl. az „alacsony” melléknév gyakori használata a „kis, kicsi, csekély” melléknevek helyett olyan mennyiségekkel kapcsolatban, mint „redoxpotenciál értékek” (60. oldal), különféle „koncentráció” értékek (61., 74., 174. oldalak), „diverzitás” (82., 96., 142., 146. oldalak) „hasonlóság” (90., 159. oldalak), „gyakoriság” (90. oldal), „homológia” (102. oldal), „G+C arány” (102. oldal), valamint különféle „aktivitás”-ok (94., 104., 124. oldalak). Ugyancsak említést érdemel az angolos „fragment” (49., 78., 102., 168. oldalak) és a „szediment” (53., 85., 111. oldalak) szavak használata a magyar nyelv szerkezetéhez jobban illeszkedő, latin eredetű „fragmentum” és „szedimentum” helyett.
  4. Mint minden MTA doktori értekezés, ez is kiváló lehetőséget adott a szakterület magyar szókincsének a használatára, vagy éppen gyarapítására az angol kifejezések („great plate anomaly”, „microbial dark matter”, „total petroleum hydrocarbon”, „volatile aliphatic petroleum hydrocarbon”, extractable petroleum hydrocarbon”, „single nucleotide primer extension”, „pair-end”, „mate-paired”. „smear” régió, „monitoring” időszak, „plume fringe concept”) szakszerű fordítása révén, de ez csak részben történt meg.
  5. Az enzimek nevének írásában megmutatkozó kettősségen, aminek következtében a szerző hol külön, hol pedig kötőjelesen írt bizonyos enzimneveket (pl. a 15. oldalon az 1. ábrán csak kötőjeles írásmód van, ugyanakkor a 6. és 7. ábrák aláírásaiban kötőjel nélküli enzimnevek is láthatók), mindenképpen egységesíteni kellett volna. Hasonló kettősség megfigyelhető pl. az etil-benzol (18. oldal) és etilbenzol (pl. 5. ábra, 19. oldal) írásában is. Van-e erre vonatkozó magyar helyesírási szabályzat?
  6. Az értekezés ezen túlmenően kevés számú helyesírási hibát tartalmaz, pl. „CaClx2H2O” (53. oldal), „köszönhető” (70. oldal), „lehetet” (78. oldal), „emellet” (142. oldal), „mikoerob” (167. oldal), „extradiol dioxigenáz” (Tézisek, 21. oldal).



**DEBRECENI EGYETEM**  
**TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉS TECHNOLÓGIAI KAR**  
**BIOTECHNOLÓGIAI INTÉZET**  
**MOLEKULÁRIS BIOTECHNOLÓGIAI ÉS MIKROBIOLÓGIAI**  
**TANSZÉK**

---

7. Megjegyzés: Szerintem az „egyszerű” nem fokozható tovább „végtelenül egyszerű”-vé (144. oldal).
8. Az értekezés ábraanyaga szép és szemléletes, ugyanakkor kisebb javítanivalókat találtam. Pl. a 8. ábrán a *p*-hydroxy-benzoát félig angolul maradt, a 13. ábrán nem három, hanem négy lebontási útvonal látható, bár az egyik hipotetikusnak tűnik, a 35. ábra metodikailag nem teljesen érthető (ez egy vékonyréteg futtatás?), az 51. és 52. ábrák érthetőségét pedig jelentősen javíthatta volna egy mintakód magyarázat.

## Tartalom

Dr. Táncsics András komplex és eredményes mikrobiális ökológiai kutatásokat végzett a környezetünkre nézve pusztító hatású kőolaj és kőolaj-származék szennyezések természetes lebomlási folyamatainak a mélyebb megértése érdekében. Nemzetközileg elismert eredményei közelebb vihetnek minket az eddiginél is hatékonyabb és gyorsabb környezet-biotechnológiai eljárások kifejlesztéséhez. Mivel a kőolaj és BTEX lebontó mikrobaközösségek kivételesen komplexek, az összetételük számos környezeti paraméter függvénye és igen sok szénhidrogénbontó baktérium tiszta tenyészetbe sem vehető, így minden róluk nyert, akár közvetett, információ jelentősége fokozott. Az értekezés szerzője bátran használt a klasszikus mikrobiológiai és mikrobiális ökológiai módszerek mellett korszerű, molekuláris genetikai és újgenerációs szekvenáláson alapuló eljárásokat is, ami biztosította számára az eddig hiányzó információk egy részének a megszerzését, illetve az eddigi, gyakran nem kellően alátámasztott ismeretek megerősítését. Dr. Táncsics András és kutatócsoportja munkája eredményeképpen ma részletgazdagabban látjuk ezen mikrobaközösségek szerveződését és aktivitását, ami az elvégzett kutatómunka legnagyobb sikere.

Részletes kritikai észrevételek, kérdések:

1. Az Irodalmi áttekintés fejezet alapos, ugyanakkor mértéktartó. A II.2.5. „A Proteobacteria törzs főbb szénhidrogén-lebontó nemzetségei” fejezet felsorolja ugyan a legfontosabb ide tartozó nemzetségeket, de ezek jelenlegi taxonómiai besorolása



**DEBRECENI EGYETEM**  
**TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉS TECHNOLÓGIAI KAR**  
**BIOTECHNOLÓGIAI INTÉZET**  
**MOLEKULÁRIS BIOTECHNOLÓGIAI ÉS MIKROBIOLÓGIAI**  
**TANSZÉK**

---

kiegészítést és pontosítást igényelne (lásd pl.: Boden és mtsai (2017) *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 67:1191-1205., valamint Parks és mtsai (2018) *Nat. Biotechnol.* 36:996-1004.). Az értekezés alapjául szolgáló projektek kidolgozása alatt és azt követően nyilvánvalóan sokat változott az értekezésben említett nemzetségek besorolása a legújabb, pl. teljes genomszekvencián alapuló (lásd pl.: Parks és mtsai (2018) *Nat. Biotechnol.* 36:996-1004.) filogenetikus osztályozó rendszerek elterjedésével. Érdeemes lett volna egy összefoglaló táblázatban bemutatni ezeket a változásokat pl. a GTDB adatbázis („Genome Taxonomy Database”; <https://gtdb.ecogenomic.org/>) adatai felhasználásával.

2. „A kutatás célkitűzései” fejezet tömör, lényegre törő. Megfelelő irodalmi ismeretek nélkül nehezen érthető „a Betaproteobacteria osztály (ma már Burkholderiales rend)” megfogalmazás. Ez a megjegyzés ráadásul még többször előfordult az értekezésben (80., 101., 117., 127. oldalak). Ez a besorolás a GTDB teljes genom alapú taxonómia („Genome Taxonomy Database”; <https://gtdb.ecogenomic.org/>; Parks és mtsai (2018) *Nat. Biotechnol.* 36:996-1004.; Parks és mtsai (2022) *Nucleic Acids Res.* 50(D1):D785-D794.) alkalmazásából következik?
3. Az „Anyag és módszer” fejezet szépen tagolt, szakmailag korrekt.
4. Az „Eredmények és megbeszélés” fejezet részben a kutatás időrendi bemutatásán alapszik, ettől véleményem szerint jobban, bátrabban el lehetett és kellett volna térni.
5. Az „Eredmények összefoglaló megbeszélése” fejezet valószínűleg az „Eredmények és megbeszélés” fejezet nagyszámú rész-összefoglalásait hivatott szintetizálni, de ilyen módon jelentős számú ismétlést is tartalmaz.
6. Az „Eredmények összefoglaló megbeszélése” és „Összefoglalás” fejezetek helyett jobb lett volna, ha a szerző az elért új tudományos eredményeket tézisszerűen, pontokba foglalva összegzi.

20. ábra: A xilol-szennyezési csóva milyen mélységben és miképpen lett meghatározva? Van-e esetleg 3D reprezentációja a szennyezésnek?



**DEBRECENI EGYETEM**  
**TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉS TECHNOLÓGIAI KAR**  
**BIOTECHNOLÓGIAI INTÉZET**  
**MOLEKULÁRIS BIOTECHNOLÓGIAI ÉS MIKROBIOLÓGIAI**  
**TANSZÉK**

---

83. oldal: Itt ez olvasható: „pl. *Pseudomonas* és *Pseudoxanthomonas* fajok a szűken értelmezett Gammaproteobacteria osztályon belül”. Mit takar a „szűk” értelmezés ezen osztály esetében?

V.3. fejezet: A 2011. január és 2011. május között megfigyelt időszak szélsőségesen száraz volt, ami jelentős talajvízszint-csökkenést okozott. Mennyire relevánsak, figyelembe vehetők az ebben az időszakban nyert adatok a megfigyelt mikrobaközösségre nézve, gondolok itt a dominanciaviszonyok észlelt változására.

98-99. oldalak: A *Zoogloea oleivorans* izolálásához felhasznált biofilm eredete némileg eltér a két oldalon is szereplő leírásokban. Kérem ezt pontosítani! (Később az értékezés 126. oldalán a biofilm eredetének újabb részleteit ismerhetjük meg.)

102. oldal: *Zoogloea oleivorans* benzol, toluol és etilbenzol bontó képessége nagyon fontos tulajdonság. Ennek ellenére nincs közölve, bemutatva („nem publikált eredmény”). Ennek bemutatása mindenképpen szükséges lett volna egy ilyen minőségű értekezésben.

118. oldal: „A második legnagyobb csoportot a másodlagos anyagcseretermékek bioszintéziséhez köthető mRNS-ek alkották.” Milyen típusú szekunder metabolitokat termelhetnek ezek e baktériumok? Vajon miért ilyen nagyfokú ezeknek a géneknek az expressziója?

124. oldal: Kis mRNS számokat detektáltak a fenol hidroxiláz klaszter génjei esetében, beleértve az ott megfigyelhető I.2.A-típusú, katekol 2,3-dioxigenázokat kódoló *C23O* géneket is. Mivel proteom vizsgálat nem történt, így csak feltételezhetjük, hogy az enzimek mennyisége és aktivitása arányos az őket kódoló gének expressziójának a mértékével. Ez jelenleg csak hipotézis, hiszen az enzimek mennyiségét és aktivitását azok lebomlási sebessége is szabályozza.

138. oldal: Milyen ökológiai jelentősége lehet annak, hogy a biofilmben jelenlévő *Pseudomonas* fajok I.2.C *C23O* genotípusa megegyezett, azaz lehetséges, hogy ennek a gének a transzfere plazmidon történik?

154. oldal: „A kiindulási biofilm inokulum bakteriális közösségét továbbra is a Burkholderiales rend tagjai voltak, ennek megfelelően a Gammaproteobacteria osztály volt egyeduralgó a közösségen belül.” Itt is szükség lett volna a taxonómiai



**DEBRECENI EGYETEM**  
**TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉS TECHNOLÓGIAI KAR**  
**BIOTECHNOLÓGIAI INTÉZET**  
**MOLEKULÁRIS BIOTECHNOLÓGIAI ÉS MIKROBIOLÓGIAI**  
**TANSZÉK**

---

besorolást tisztázó irodalmi hivatkozásokra (pl. Parks és mtsai (2018) *Nat. Biotechnol.* 36:996-1004.).

## Új tudományos eredmények

Dr. Tácsics András tézisei közül a következőket fogadom el új tudományos eredménynek:

1. A szénhidrogénekkal, köztük BTEX vegyületekkel szennyezett közegek hipoxikus/mikroaerob régióiban a Burkholderiales rendhez tartozó Comamonadaceae és a Rhodocyclaceae családok nemzetségei a fő közösségalkotók.
2. Az I.2.C-típusú extradiol dioxigenázt kódoló *C23O* gének jelentős diverzitással vannak jelen a vizsgált szennyezett közegekben.
3. Új típusú, csoportspecifikus PCR primerpárt konstruáltak az I.2.C-típusú *C23O* genotípusok kimutatására és csoportosítására.
4. Statisztikai összefüggést találtak az I.2.C *C23O* gén SNUPE („Single Nucleotide Primer Extension”) aktivitásmintázatok és a 16S rRNS gén alapú T-RFLP vizsgálatok eredményei között, melyekből következtetéseket vontak le a BTEX vegyületeket lebontó mikrobaközösség ki nem tenyészhető tagjaira vonatkozóan.
5. Elsőként írták le a *Zoogloea oleivorans* fajt, megszekvenálták a baktérium teljes genomját, és következtetéseket vontak le a baktérium toluol lebontási mechanizmusára vonatkozóan, amely a I.2.C-típusú extradiol dioxigenázt kódoló *C23O* gén aktivitása mellett egy toluol dioxigenázt (két alegységet) kódoló gének expresszióján alapszik.
6. Stabil izotópos ( $^{13}\text{C}_7$  toluol) jelölési technikával, és ehhez csatlakozó DNS- és RNS-alapú vizsgálatokkal, feltárták egy mikroaerob BTEX lebontó mikrobaközösség összetételét.
7. Feltárták a I.2.C-típusú *C23O* géneket tartalmazó aerob és mikroaerob BTEX-lebontó mikrobaközösségek fajösszetétele közötti különbségeket.



**DEBRECENI EGYETEM**  
**TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉS TECHNOLÓGIAI KAR**  
**BIOTECHNOLÓGIAI INTÉZET**  
**MOLEKULÁRIS BIOTECHNOLÓGIAI ÉS MIKROBIOLÓGIAI**  
**TANSZÉK**

---

8. Aerob, benzolt lebontó tenyészetből kinyerték a *Malikia spinosa* baktérium két izolátumát, megszekvenálták és összehasonlították ezen izolátumok genomját, azonosították azokat a géneket, melyek a *M. spinosa* benzol, toluol és az etilbenzol lebontásért lehetnek felelősek.
9. Aerob és mikroaerob dúsító tenyészetekben feltárták a kőolaj/gázolaj elegyet bontó baktériumközösségek összetételében az O<sub>2</sub>-ellátottság függvényében kialakuló különbségeket.
10. Metagenom szekvenálási adatok felhasználásával *in silico* felépítették egy eddig tenyészetbe nem vett, Moraxellaceae családhoz tartozó, akán-1 monooxigenáz gént tartalmazó baktérium genomját.
11. Metagenomi szekvenciák alapján felépítették egy ezidáig ismeretlen *Candidatus Saccharibacteria* törzsbéli faj genomját is és *in silico* feltérképezték a baktérium metabolikus képességeit.

## Nyilatkozat

Dr. Táncsics András MTA doktori értekezésében foglalt kutatási eredményeket elegendőnek tartom az MTA doktora cím megszerzéséhez, ezért javaslom a nyilvános védelem kitűzését. Az értekezés rangos nemzetközi szakmai folyóiratokban közölt, hiteles adatokat tartalmaz.

Debrecen, 2022. május 24.

Prof. Dr. Pócsi István  
egyetemi tanár, az MTA doktora