



Szegedi Tudományegyetem  
Biotechnológiai Tanszék  
**Prof. Dr. Kovács L. Kornél egyetemi tanár**  
6726 Szeged, Középfasor 52.  
Tel: (62) 546 930, Fax: (62) 544 352  
E-mail: kovacs.kornel@brc.mta.hu

---

## Bírálati vélemény

Dr. Karaffa Levente: Fermentációs ipari szénforrások asszimilációjának vizsgálata fonalas tömlősgomba (*Pezizomycotina*) fajokban c. MTA Doktori Értekezésről.

A dolgozat Karaffa Levente 20-25 éves, rendkívül sikeres és fontos eredményekben gazdag kutatói, biomérnök fejlesztői tevékenységét foglalja össze. Nem volt egyszerű feladat az elvégzett rengeteg kísérletet, adatot belezsúfolni 125 oldalba (a dolgozat 165 számozott oldalból áll, beleértve a tartalomjegyzéket, köszönetnyilvánítást, tézispontokat és irodalom jegyzéket). Ennek megfelelően a dolgozat nem könnyed, levegős olvasmány, szinte minden sora alapos odafigyelést igényel annak ellenére, hogy a dolgozat stílusa – hasonlóan Levente kiváló előadói stílusához – általában gördülékeny és követhető.

Témaválasztásai fontosak és időszerűek a két évtizedet meghaladó kutatási tevékenység bármely időszakát tekintve. Karaffa Levente jó érzékel és igazi kutatói hozzáállással, alaposan tervezte meg az alapkutatás és az alkalmazott fejlesztés szempontjából egyaránt izgalmas kérdéseket felvető és arra szabatos válaszokat adó kísérleteit. A tudományos megismerésen túlmenően számos kutatási eredmény közvetlenül használható a gyógyszeripari fermentációs fejlesztések területén.

Formailag a dolgozat nagyjából a doktori értekezések hagyományos felépítését követi. Kiváló ötletnek tartom, hogy a **Köszönetnyilvánítással** kezdte, ami általában a doktori értekezések végére szorul. Ezzel fejezte ki a debreceni iskolát megalapító tanítómestere, Szentirmai Attila, valamint közvetlen munkatársai, hazai és külföldi kooperációs partnerei felé elismerését és együttműködésük megbecsülését. Személyes élményként kívánkozik ide, amikor az MMT konferenciáin pici gyerekei anyukájuk és egyben Levente egyik legfontosabb munkatársa ölében nagy türelemmel ültek végig 1-1, számukra teljesen érthetetlen előadást, hogy aztán vidáman élvezzék a konferenciák vacsoráinak felszabadultabb légkörét.

Az ezt követő **Rövidítések Jegyzéke** a hasonló dolgozatokban gyakran előforduló hibaként nem teljes. A DCW-t (pl. 30. oldal) még az angol mikrobiológiai irodalomban kicsit jártas olvasó ki tudja találni, de az már kevésbé érthető, hogy a fehérje tömeg jelölésére miért használja a Da (pl. 41. oldal) egységet, amikor arra a jegyzékben is a hivatalos Da jelölés illik. Már nagyobb fejtörést okoz a DPM (pl. 46. oldal 23. ábra) vagy a SHAM (pl. 121. oldal) rövidítés megfejtése. Ezzel szemben például az Open Reading Frame molekuláris biológiában közismert fogalmát a rövidítések között és a szövegben is legalább kétszer megmagyarázza. De „Repetitio est mater studiorum”, ezért ezt nem kritikaként jegyzem meg.

Az **Előszó** a Jelölt ars poetica-ja, több mint 2 évtizedes kutatási stratégiájának frappáns megfogalmazása.

Az ezt követő 20 oldalas **Bevezetés** jól helyezi el a később tárgyalásra kerülő témákat a nemzetközi irodalomban és igyekszik összefüggő keretbe foglalni a sokrétű kutatások lépéseit.

A **Célkitűzések** fejezet 5 pontban foglalják össze a kutatási irányokat, feladatokat. Ehhez képest egy kicsit aránytalannak tűnik, hogy a Tézisekben és a dolgozat a 130. oldalon kezdődő, a Tézisekkel majdnem szó szerint megegyező **Összefoglaló** című ismételésében 22 pontban foglalja össze az 5 célkitűzés megvalósított eredményeit.

A dolgozat lényegi része a 100 oldalas (29-129. oldal) **Kísérleti eredmények és megvitatásuk** fejezet. Ezzel foglalkozom a továbbiakban.

Formai, stiláris szempontból a dolgozat általában dicséretesen gondos munkát, precíz odafigyelést tükröz.

- i.) Követendő pozitívumként ki kell emelni, hogy a legtöbb kísérlet sorozat felvezetéseként aláhúzással kiemelve precízen megfogalmazta az adott kísérletek munkahipotézisét.
- ii.) A 86 ábra zöme – feltehetően a színes nyomtató költségeinek környezetbarát csökkentése érdekében – fekete-fehér kivitelben készült. Az ábrák általában jól megszerkesztettek, áttekinthetőek, éppen ezért meglepő (és kicsit szórakoztató), hogy szinte az egész dolgozatban milyen keservesen küzdött Levente a „fehér” és „fekete” szimbólumok közötti jelölések megkülönböztetésével az ábra aláírásokban. Gyakran a kétféle jelölést „nyitott” és „tömött” elnevezéssel illeti, holott a „nyitott” ellentéte nyilvánvalóan a „zárt” (pl. 22., 25-27., ábra). Próbálkozott az „üres” és „tömött” (pl. 33-36. ábrák), vagy az „üres” és „sötét” (pl. 50. ábra) ellentétpárokkal is mire sikerült megtalálni, hogy az „üres” valódi ellentéte a „teli” (pl. 55. ábra). Ezt sajnos gyorsan el is felejtette, de szerencsére a későbbi ábrákban kevesebb hasonló diagram fordul elő, azonban pl. a 81. és 82., valamint a 84. ábrán még visszaköszön az „üres” és „tömött” jelzőpáros, ami talán a májáért tenyésztett libára alkalmazható, de itt kevésbé szerencsés megoldás.
- iii.) Fontosabb, és az értelmezést is néhol zavaró formai hiba, hogy számos ábrán és táblázatban a Jelölt nem tüntetett fel kísérleti hibát, szórást, vagy más, a szignifikanciára utaló paramétert. Úgy tűnik, ez különösen a kutatói pálya elején végzett kísérletek bemutatásánál maradt el (pl. 10., 15-17., 20-22., 34-37., 46. ábra). Később, amikor már biomérnököket oktató vezető kutatóként készítette el az ábráit, nem feledkezett meg ezekről és a dolgozat második felében gondosan kiszámolt szignifikancia értékeket találunk. A táblázatos formában megadott adatokban kétféle hiányosságot találtam: egyrészt itt is hiányoznak több helyen a hiba  $\pm$  értékei (pl. I., II., V., IX-XIII., XV., VII. táblázatok). A táblázatokkal kapcsolatos másik kifogásolható szerkesztési eljárás, hogy helytelen a mért értékeket és azok hibáját eltérő számú tizedes pontossággal megadni (pl. III., IV., VI., VII., VIII. táblázatok).
- iv.) Számos ábránál és a szövegben zavaróan keveredik az „óra” megjelölés és a „h” jelzés (pl. 45. oldal). Ugyanígy nem lehet tudni, hogy a 80. ábra X

- tengelyén bejelölt „Idő (h)” skála az A és B ábrára is egyaránt vonatkozik-e? Ha igen, az ellentmondásban van a szöveges értékeléssel (122. oldal).
- v.) A III. táblázatban (46. oldal) nyilvánvalóan hibás a specifikus felvételi ráta  $\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg DCW}$  mértékegysége.
  - vi.) Megválaszolatlan metodikai kérdés, hogy a hidrofób tokoferolt hogyan vitték be a vizes rendszerbe (125. oldal)?
  - vii.) Érdekes nyelvtani fejtörést okozó megjelölés a XVII. táblázatban használt „torlós” és „torlótlan” kifejezés. A kutatói zsargonban ez valószínűleg a kísérletekben használt lombikok aljának üvegtechnikai kialakítására utal, de ez a megfogalmazás – főleg az előre gyártott műanyag edényeket használó utókor számára - nem szabatos.
  - viii.) Nehéz értelmezni, hogy a 85. és 86. ábra aláírásában a „tenyészetek időprofiljai”-ról esik szó, de az IDŐ paraméter és annak mértékegysége egyik tengelyen sem szerepel.

Ezek a figyelmen kívül hagyásból származó pongyolaságok azonban nem igazán érintik a fő mondanivalók értékét és jelentőségét, de egy bíráló dolga az is, hogy hibákat találjon és az ilyen kisebb, formai pontatlanságokra felhívja a Jelölt és a dolgozatát feltehetően majd szorgalmasan olvasgató tanítványai figyelmét.

A szakmai megítélés szempontjából fontosabb és a dolgozat olvasása közben felmerült kérdéseim a következők:

#### **Általános kérdések:**

1. Dolgozat egységét megteremtő fő vonal az, hogy a többféle vizsgált rendszer és így Karaffa Levente tudományos tevékenységének közös elemei a fonalas gombák és az ő anyagcseréjüknek a laktóz/D-Gal szabályozása illetve ezeknek a vegyületeknek a szubsztrátként való hasznosítása. Ez egy hasznos, szilárd váza a dolgozatnak és a bemutatott kísérletek túlnyomó többségében kiderül, hogy a laktóz és/vagy a D-Gal valóban meghatározó szabályozó szerepet játszik a gombák életében, bioaktív anyagokat termelő tevékenységük szabályozásában. De a fonalas gombák életének is túlzott leegyszerűsítése lenne feltételezni, hogy a működésüket csak ezek a cukrok irányítják. Feltételezhetően itt inkább arról van szó, hogy a kísérleteket minden más, növekedési paramétert befolyásoló vegyület (pl. N, P, S, mikroelemek, stb.) és paraméter (hőmérséklet, pH, oldott  $\text{O}_2$ , stb.) szempontjából optimálisra beállított feltételek között tervezték és végezték el. Hiányoltam, hogy erről a dolgozatban miért nem történt említés és diszkusszió?

2. Egy kicsit az előző ponthoz kapcsolódnak azok a kérdések, amelyek az egyes kísérletek eltérő körülmények közötti megvalósítására vonatkoznak. Nem tudjuk meg a kísérletek többségében, hogy miért éppen azokat a kísérleti körülményeket alkalmazták, miért éppen az alkalmazott gomba törzseket választották, más törzsek esetén is fennáll-e a jelenség és, hogy a kísérleti feltételek esetleges változása mekkora hatása van a végeredményre?

3. Kiemelkedő, és számomra elképesztően tanulságos példája annak, hogy a kísérleti körülmények akár lényegtelennek tűnő változtatása milyen jelentős eltéréseket okozhat az eredményekben a  $\text{NO}_3^-$  vs.  $\text{NH}_4^+$  nitrogén forrás alkalmazását kísérő drasztikus változás (4.2.1. fejezet, 54. oldal). Az a – feltehetően az első kísérletek összeállításánál mellékesnek ítélt körülmény -, hogy  $\text{NO}_3^-$  helyett  $\text{NH}_4^+$ -t adtak a gombáknak N-forrásként gyökeresen megváltoztatta a mások által az irodalomba bebetonozott eredményt, hogy az *Aspergillus nidulans* galE9 örömmel megél D-Gal kizárólagos szénforrást tartalmazó tápon. A megfigyelés a Leloir

útvonal mellett felfedezett oxido-reduktív D-Gal lebontási útvonal felfedezéséhez vezetett, ami a Karaffa-csapat egyik kiemelkedő eredménye. Tehát rengeteg egyéb paraméter befolyásolja a gombák viselkedését, termelését. Hiányérzetet hagy az olvasóban, hogy ezt a fontos jelenséget ugyan megállapítja és publikációiban leköszölte Levente, de értelmezésére már nem nagyon volt kíváncsi, az érdekes és furcsa jelenség valószínűsített magyarázatára egy rövid bekezdést szentelt csupán (63. oldal) mindenféle kísérletes bizonyíték nélkül. Így megválaszolatlan marad, mitől van ez a megdöbbentő N-forrás függése a cukor anyagcserének és milyen egyéb reakció utakkal kapcsolódik/kapcsolódhat még a cukor anyagcserével kapcsolatos, feltehetően sokkal összetettebb szabályozás? A gondolat megjelenik a 61. oldalon, de magyarázat ott sincs.

4. Az olvasóval szemben barátságatlan megoldás, hogy a 4. fejezet (**Kísérleti eredmények és megvitatásuk**) egyes alfejezetei ugyan nyilvánvalóan a szerző egy-egy kiemelkedő publikációjára épülnek, de ezeket az alfejezetekben nem hivatkozza meg a szövegben. Így az olvasó csak találgathat, hogy az „Értekezésben szereplő saját közlemények” (8. fejezet) felsorolásban szereplő 22 publikáció közül melyik cikket kell átnézni a részletek megértéséhez. Ez azért is zavaró, mert az egyes kísérlet sorozatokban használt metodikák leírása meglehetősen szűkszavú a Függelék (7. fejezet) részben. Például a 4.1.1.2., egyébként nagyon fontos új tudományos eredményt leíró fejezetben (47-53. oldal) sok hivatkozás van mások releváns munkáira, de egyszer sem tudjuk meg, hogy a Jelölt melyik publikációjában közölte az itt leírt eredményeket. Pedig érdekes metodikai kérdésként vetődik fel itt és később is (pl. 100. oldal), hogy a kópia számot miért Southern-hibridizációval határozták meg? Ez a módszer elfogadott a korábbi irodalomban, de azt is tudjuk, hogy bizonytalansággal terhelt, főleg amikor kettőnél több kópia számban van jelen a vizsgált gén. Ezért, ma inkább a Karaffa laborban is használt RT-PCR-t használják ilyen kérdések megválaszolására. Hasonlóan érdekes lenne tudni, hogy a 4.4.1. fejezetben leírt intracelluláris peroxid szinteket hogyan határozták meg (79. ábra)? Az igény a saját publikációk hivatkozására feltehetően felmerült Leventében is és ezért a 4.2.4. fejezetben néhány helyen megjelölte a vonatkozó saját cikkeket a citációk aláhúzásával, de például a 94. oldalon idézett Seiboth és mtsai 2002 cikk aláhúzással és anélkül is szerepel ugyanazon az oldalon. Sajnos ezt az „aláhúzos” gyakorlatot sem a 4. fejezet ezt megelőző, sem az ezután következő részében nem használta következetesen, üdítő kivétel a 81. oldalon az Ilyés és mtsai 2004 hivatkozás.

5. A fentebb 3. pontban említett, csak a laktóz/D-Gal szabályozó szerepére koncentrált megközelítéssel kapcsolatos nehézség köszön vissza a 4.1.5. „Laktóz és D-galaktóz anyagcsere *Penicillium chrysogenum*-ban” fejezetben. A gondosan megtervezett és kivitelezett kísérletek szerint a gomba „magnövekedett penicillin-termelő potenciálja nem jár együtt a laktóz asszimilációs ráta megváltozásával.” (82. oldal). Ezzel annak az izgalmas kérdésnek a vizsgálata, hogy a két penicillin-termelő törzs miért termeli a hatóanyagot különbözőképpen tovább nem is érdekli a kutatót, pedig ettől még a probléma megoldása izgalmas feladat lenne.

6. Teljesen új szemléletmódot és kísérleti megközelítési stratégiát mutat be a 4.2. fejezet, amelyben a folyamatos („folytonos”) fermentációs tenyészeteket vizsgálnak. Ez a kísérleti elrendezés érdekes új kutatási kérdéseket vet fel, ráadásul sokkal közelebb áll az iparban használatos fermentációs körülményekhez. Jó lett volna olyan vizsgálatokat is beiktatni, amelyekben a korábban alkalmazott „batch” fermentációk és a folyamatos fermentációk eredményeit összehasonlítják, azaz megtudhatjuk, hogy a korábbi tapasztalatok, ismeretek mennyire alkalmazhatóak a

folyamatos fermentáció körülményei között. A 4.2.1. fejezetben (86. oldal) ismét egy kicsit „részrehajló” hipotézist olvasunk: „a metabolikus aktivitás a micéliumon átáramló szénváz fluxusát jelenti”. Ez természetesen igaz, de csak akkor, ha minden más, a tenyészet növekedéséhez és termelő aktivitásához szükséges feltétel (pl. N, P, S, mikroelemek, stb.) optimális mértékben adott.

### **Specifikus kérdések:**

- a.) A 18-19. oldalon kapunk egy viszonylag rövid összefoglalót a D-galaktóz (D-Gal) biológiai szerepeiről. Mivel a D-Gal meghatározóan fontosnak tűnik szinte az egész munkában, megválaszolatlan marad az a kérdés, hogy miért éppen a D-Gal viselkedik másként a legtöbb vizsgált rendszerben, mint a többi hexóz cukor?
- b.) 57. oldalhoz kapcsolódó laikus kérdés: „A galaktóz elfogyása után a sejtek szétesnek” megállapítás általános érvényű? Ha tényleg szétesnek a sejtek, akkor sok minden megváltozik a D-Gal elfogyása után, ezt pedig figyelembe kellene venni a kísérletek kiértékelésekor nem csak itt, hanem másutt is. Vagy nem minden esetben esnek szét a sejtek?
- c.) A 64. oldalon felvetődik, hogy a D-Gal maga indukálja a *bgaD/lacpA* (hidroláz és permeáz) működését vagy a D-Gal egy „lebontási köztese”. A hipotézis tesztelésére elvégzett kísérlet sorozat azt feltételezi, hogy csak egyetlen vegyület lehet a permeáz és hidroláz induktora. Mire alapozták ezt a feltételezést? Ha több induktor is lehetséges, akkor nem elegendő az első enzimatisz lépésekben mutánsok vizsgálata alapján levonni a következtetést, hogy a D-Gal valóban az egyetlen induktor. Ebből a szempontból is érdekes a 100. oldalon a *Trichoderma reesei* celluláz termelésre leírt diszacharid induktor, amelyik nyilván nem terméke egyik (Lenoir vagy oxido-redukciós) laktóz/D-Gal lebontási útvonalnak. Kizárható egy hasonló, rejtélyes úton keletkező induktor az *A. nidulans* hidroláz/permeáz enzimek esetében? Itt és másutt is visszatérő kérdés, hogy van-e az eseményekre hatása a N, P, S, stb. forrásnak.
- d.) 73. oldal, 49. ábra: Sikerült-e időközben kísérletes bizonyítékot találni arra, hogy az *Aspergillus niger*-ben tényleg csak egy D-Gal permeáz található?
- e.) A cukor sztereokémiában kevésbé jártas olvasó csak a 4.3.1. fejezetben (98. oldal) kerül szembe a mutarotáció jelenségével és a galaktokináz enzim anomer szelektivitásával. Ez érdekes új szempontot hoz be a szabályozással összefüggő kérdésekbe is, amiről korábban nem volt szó. Miért csak itt kerül elő a mutarotáció kérdése és a spontán vs. enzimatisz anomer átalakítás hogyan befolyásolhatta a korábbi kísérletek eredményeit? A többi vizsgált Ascomycetes gomba mindegyike rendelkezik mutarotáz aktivitással, azaz az UDP-glükóz epimerázuk minden más esetben tartalmaz aktív mutarotáz domént? Sikerült időközben választ kapni a rejtélyes induktor bioszintézisére és feltárni a *Trichoderma reesei* celluláz termelés szabályozását?

Karaffa Levente értekezésében leírt munkák közül az alábbiakat emelem ki, mint **új, eredeti tudományos eredményeket** a Jelölt tézispontjait csoportosítva illetve összevonva:

1. *Aspergillus nidulans*-ban azonosította az intracelluláris  $\beta$ -galatozidáz (*bgaD*) és laktóz permeáz (*lacpA*) enzimpárt kódoló géneket, amelyek a laktóz/D-Gal indukálta szabályozásban meghatározó szerepet játszanak. Megállapította, hogy a génpár ortológjai jelen vannak számos *Ascomycetes* fajban, tehát a jelenség általánosan érvényes. A diszacharid laktóz másik cukor komponense, a D-glükóz, gyökeresen eltérően szabályozza a gomba anyagcseréjét.
2. Kimutatta, hogy a vad típusú *Aspergillus nidulans*-ban a BgaD  $\beta$ -galatozidáz nem az egyetlen ilyen enzimaktivitással rendelkező enzim. A *lacpA* gén terméke egy élettanilag releváns laktóz permeáz, de nem ez az egyetlen laktóz permeáz a gomba életében. Figyelembe véve a galaktozidáz és permeáz enzimek meghatározó szerepét a fonalas gombák működésének szabályozásában nem túl meglepő, de fontos információ, hogy a gombák rendelkeznek „B-terv”-el azaz beépített menekülési és túlélési útvonallal biokémiájukban. Az alternatív enzimek eltérő expressziós profilokat mutatnak, ami szintén fontos információ a biotechnológiai hasznosítás szempontjából.
3. Látványosan igazolta *Aspergillus nidulans*-ban, hogy a cukor anyagcserében meghatározó és a gombák D-Gal lebontó Lenoir útvonalának fontos galaktokináz enzim kifejeződésének és aktivitásának szabályozása a szerves N-forrás kémiai természetétől függ. Ez elvezetett a D-Gal egy teljesen új lebontási útvonalának felfedezéséhez, amit oxido-reduktív alternatív útvonalként írtak le. Az oxido-reduktív útvonal az *Aspergillus nidulans*-tól rendszertanilag távol álló és celluláz enzim termelése miatt a biotechnológiai hasznosítás szempontjából fontos *Trichoderma reesei* gombában is működik, sőt az extracelluláris  $\beta$ -galatozidáz indukciójának meghatározó eleme.
4. Megállapította, hogy az *Aspergillus niger* esetében a cukor anyagcsere az *Aspergillus nidulans*-ban feltárt útvonalakhoz hasonló és eltérő elemeket is tartalmaz: a kulcsfontosságú gének transzkriptumai megtalálhatóak az *A. niger* esetében is, de ezek kifejeződése a vegetatív növekedési ciklus aktuális szakaszától függ.
5. Egy másik, szintén biotechnológiai szempontból jelentős fonalas gomba törzs, a *Penicillium chrysogenum* az *Aspergillus*okhoz hasonló és attól részben eltérő cukor hasznosítást valósít meg. A *P. chrysogenum* kettős laktóz asszimilációs mechanizmussal rendelkezik azaz tartalmaz extracelluláris  $\beta$ -galatozidáz enzimet kódoló gént és intracelluláris  $\beta$ -galatozidáz enzimet és laktóz permeázt is. A furcsa jelenséget nehéz racionalizálni, mert a D-Gal egyik rendszert sem tudja indukálni, ráadásul a gomba penicillin termelő képessége és laktóz metabolizmusa nincs összefüggésben egymással.
6. A *Trichoderma reesei* esetében specifikus különbséget tapasztalt a laktóz és D-Gal celluláz termelést indukáló szerepe között. Elegáns és több oldalról alátámasztott kísérletekkel bizonyította, hogy a jelenség mögött a mutarotáció jelensége áll valamint a *T. reesei* azon tulajdonsága, hogy nem tartalmaz az anomer átalakulást katalizáló mutarotáz enzimet.
7. Tudományos magyarázatot adott a fermentációs ipar régi empirikus tapasztalatára, miszerint a karbon katabolit represszió elkerülhető, ha alacsony specifikus növekedési rátán tartják a tenyészeteket.

8. Több, ipari hasznosítás szempontjából fontos rendszerben vizsgálta folyamatos fermentáció körülményei között a termékek képződése és a specifikus növekedési ráta, valamint a szénforrás közötti összefüggéseket. Megállapította, hogy a *P. chrysogenum* és *Acremonium chrysogenum* esetében a termék (penicillin illetve cephalosporin-C) termelése és a növekedés egymástól független folyamatok. A rendszerek összetettségét jelzi az *A. chrysogenum* esetében kidolgozott termelés optimalizálási stratégia, amikor a szénváz lebontásával járó túl sok ATP-t csökkentette a sejtben az egyébként védekezési funkciót ellátó cianid-rezisztens alternatív légzés bekapcsolásával. Egy másik rendszerben a megfelelő törzs (*Aspergillus terreus*) valamint megfelelő szénellátottság és alacsony  $Mn^{2+}$  kellett ahhoz, hogy elméleti maximumot megközelítő mértékben termeltesen itakonsavat.

A munka és a dolgozat egyértelműen alkalmas a nyilvános vitára. A bírálatra felkérő levél kifejezetten kérte, hogy bírálatomban ne nyilatkozzam arról, hogy a dolgozat és a Jelölt teljesítménye alkalmas-e az MTA Doktora fokozat odaítélésére. Ezért ezt nem teszem, de gratulálok Karaffa Levente eddigi kiváló kutatói munkájához és nemzetközi szinten is kiemelkedő eredményeihez!

Szeged, 2017. július 22.



Dr. Kovács Kornél