

Budapesti Corvinus Egyetem
Élelmiszertudományi Kar
Mikrobiológia és Biotechnológia Tanszék



Élelmiszertudományi Kar

**ÉLESZTŐGOMBA SEJTEK NEHÉZFÉM BIOSZORPCIÓJA ÉS
ALKALMAZÁSUK A SZENNYVÍZTISZTÍTÁS HATÉKONYSÁGÁNAK
NÖVELÉSÉRE**

Kákonyi Ildikó

Doktori értekezés tézisei

Budapest, 2011

A doktori iskola

megnevezése: Élelmiszer-tudományi Doktori Iskola

tudományága: Élelmiszertudományok

vezetője: **Dr. Fodor Péter**

az MTA doktora

BUDAPESTI CORVINUS EGYETEM

Élelmiszertudományi Kar

Alkalmazott Kémia Tanszék

Témavezető: **Dr. Maráz Anna**

Egyetemi tanár

A biológiai tudomány kandidátusa

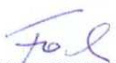
BUDAPESTI CORVINUS EGYETEM

Élelmiszertudományi Kar

Mikrobiológiai és Biotechnológiai Tanszék


A jelölt a Budapesti Corvinus Egyetem Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, az értekezés műhelyvitájában elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, azért az értekezés nyilvános vitára bocsátható.

Az Iskola- és a témavezető jóváhagyó aláírása:



.....

Az iskolavezető jóváhagyása



.....

A témavezető jóváhagyása

1. BEVEZETÉS

Az emberiségnek a történelem során az volt a célja, hogy javítson életfeltételein. Szolgálatába állította a tudományok eredményeit – elsősorban a természettudományok – és ezáltal egyre hatékonyabban alakította át környezetét saját céljainak megfelelően. Az elmúlt száz évben az ipari termelés növekedésével arányosan, robbanásszerűen megnőtt a nehézfémek alkalmazása, kitermelése, és ezzel párhuzamosan –mivel a környezetvédelem eközben fáziskésésben van az ipari fejlődéssel- a környezetszennyezés.

A környezetszennyezés elterjedésével egyre nagyobb figyelem fordul a nehézfémekkel összefüggő veszélyek felé, ugyanis a mikroelemek és a toxikus nehézfémek felhalmozódása meghatározó humán egészségügyi, ökológiai, biológiai jelentőséggel bír. A mikroelemek és a nehézfémek környezeti kibocsájtása az ipari korszak fejlődésével többszörösére emelkedett, amelyben a közlekedés és az ipari tevékenység mellett a mezőgazdaság modernizációjával szintén potenciális nehézfém-szennyező forrássá vált.

A nehézfémek egy része az életfolyamatok számára fontos, esszenciális (pl. Cu, Ni, Zn, Co, Cr) míg más részüknek biológiailag előnyös hatását nem ismerjük (pl. Cd, Pb, Ag, Hg), ugyanakkor jól ismert, hogy az esszenciális elemek a természetes környezetben előforduló koncentrációnál magasabb mennyisége az élő sejtek, szervezeteknél stressz hatást váltanak ki, toxikusak. A talajok hosszú évekig képesek felhalmozni a nehézfémeket anélkül, hogy azok akut mérgező hatása nyilvánvaló lenne. Egy bizonyos terhelési szint felett azonban szűrőkapacitásuk kimerül, áteresztővé válnak és maguk is szennyező forrásként szerepelnek. A toxikus fémek megjelennek a vizekben, felvehetővé válnak a növény számára és bekerülve a táplálékláncba hosszútávon kimutatható károsodást okozhatnak. Magyarországon a lakossági vízhasználat több mint 90%-a felszín alatti vízből származik (PUZDER et al. 2001), ezért különösen fontos azon szennyeződések kezelése, mely során a talajvíz illetve a talajba került szennyező anyagok eltávolítása a cél.

Az ipari szennyvizek tisztítása és környezetbe való visszajuttatása nagyon költséges eljárás, ezért olyan eljárások kidolgozása szükséges, amelyekkel könnyen, gyorsan és megfelelő hatékonysággal tudjuk a szennyezést megszüntetni. Számos kémiai módszert dolgoztak ki e cél érdekében. A kémiai adszorbensek közül csak az ioncserélő gyanták jelentenek ökológiailag minimális kockázatot, azonban nagyon költségesek. Ezért fokozó igény mutatkozott az olcsó, környezet-kímélő alternatívák kutatása iránt. Így merült fel a biomassa bioszorbensként történő használata, mint gazdaságos és öko-barát lehetőség. Fontos, hogy ebben az eljárásban résztvevő mikroorganizmusok

közül elsősorban azokra koncentráljunk, melyek élelmiszeripari és egyéb ipari melléktermékeken jól szaporodnak. Ennek egyik haszna, hogy a magas szerves anyag tartalmú melléktermékeken, folyamatvizeken elszaporított mikrobák egyrészt lebontják a környezetterhelő melléktermékeket, mint például a tejipari melléktermékként keletkező tejsavót, vagy a burgonya, ill. kukorica feldolgozásából származó keményítőt; másrészt az így előállított biomassza fémionkötő képessége révén szűrő szerepet is elláthat. A sejtek hordozón való rögzítésével bioszorbensként is alkalmazhatóak lehetnek a szennyvizekből történő nehézfémek kiszűrésére.

2. CÉLKITŰZÉSEK

Munkám során különböző laktóz - és keményítőhasznosító élesztőgombákat vizsgáltam azzal a céllal, hogy megállapítsam előállítható-e belőlük olyan biomassza, mely alkalmas a nehézfém ionok akkumulációjára, valamint regenerálható és költséghatékony bioszorbens kifejlesztésére.

Céljaim a következők voltak:

- 1) Olyan élesztőgomba törzsek szelektálása, melyek hatékonyan asszimilálják a laktózt ill. a keményítőt és alkalmasak nehézfémek megkötésére
- 2) Különböző törzsek fémmegkötő képességének vizsgálata élő, ill. szárított biomassza alkalmazásával, Cr, Cd, Ni, Cu, Pb, Ag nehézfém ionok esetén
- 3) A megkötött nehézfémek sejten belüli lokalizációjának meghatározása, valamint a fémek reszorpciójára/visszanyerésére alkalmas eljárások kidolgozása
- 4) A szelektált élesztőgomba törzsek és tenyésztési körülményeinek optimalizálása biomassza termelési célból laboratóriumi körülmények között, rázatott tenyészeteknél. Hozam és hozam konstans meghatározása

- 5) Az élesztőgombák nagy bioszorpciók képességét kihasználva olyan bioszorbens kifejlesztése, amely regenerálható és a jelenleg alkalmazott hordozókhoz képest kisebb költséggel előállítható
- 6) A biomasszát alkotó sejtekre vonatkozó immobilizálási eljárások laboratóriumi vizsgálata, azok továbbfejlesztése vagy új eljárás kifejlesztése. A kidolgozott immobilizációs technológia laboratóriumi szintű megvalósítása

3. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

A munkám során alkalmazott törzsek részben tejtermékekből lettek izolálva, másrészt pedig törzsgyűjteményből származtak.

Különböző törzseknél meghatároztam a sejthozamot és a hozam konstanst keményítő, laktóz, ill. glükóz tartalmú táplevesben. Kiválasztottam a legjobb biomassza hozamot mutató törzseket, melyeknél első lépésként a fermentációs közegben fontos szerepet betöltő szén- és nitrogénforrás optimális mennyiségét kívántam meghatározni. Szénforrásként glükózt, laktózt vagy keményítőt, míg nitrogénforrásként élesztőkivonatot, illetve ammónium-szulfátot alkalmaztam. Előzetes kísérletek eredményei alapján 1,5 (w/v)% glükóz/laktóz/keményítő és 0,5 (w/v)% élesztőkivonat/ammónium-szulfát koncentrációkat választottam munkapontnak. Az optimálási feladat megvalósításához központi elrendezésű kísérleti tervet (Central Composite Design - CCD) alkalmaztam. A módszer magába foglalja a kísérletek megtervezését és matematikai-statisztikai értékelését. A maximális biomassza tömeg változásának leírására teljes másodrendű polinom modellt alkalmaztam a $Y=b_0+b_1x_1+b_2x_2+b_3x_1^2+b_4x_1x_2+b_5x_2^2$ egyenlet szerint. Glükóz, ill. laktóz C-forrás optimálásához Multiskan Ascent (Thermo, Electron Corporation) mikrolemezes denzitométert használtam, mely a sejtek szaporodásának online követését teszi lehetővé. Keményítő C-forrás optimálása enyhén rázatott körülmények között történt, ugyanis a keményítő opálosodása miatt, a benne lévő sejtek szaporodásának mérésére a Multiskan műszer nem alkalmas. Az eredmények statisztikai értékelése minden esetben a Statistica 9.0 programmal történt.

Mivel a mikrolemezes denzitométer segítségével csak a szaporodás detektálható, így annak érdekében, hogy nyomonkövessem az oxigén koncentráció és a pH változását is a fermentáció során, valamint léptéknövelést is végezzek, rázatott lombikos fermentációs kísérleteket végeztem.

Az optimális tápközeg meghatározása után megvizsgáltam az élesztősejtek fémkötő képességét mind élő, mind pedig hővel inaktívált (szárított) sejteknél is. A sejteket a következő fémek hatásának tettem ki: ezüst, króm (VI), ólom, réz, nikkel és kadmium, amelyeket az alábbi sók oldatainak formájában alkalmaztam: 20 mM AgNO₃, 20 mM K₂CrO₄, 20 mM Pb(NO₃)₂, 20 mM CuSO₄, 20 mM NiCl₂ és 20 mM CdSO₄. A sejtek kicentrifugálása után a felülúszó fémtartalma ICP-AES (ICAP-61, Thermo Jarrel Ash, USA) mérési technikával került meghatározásra. A nehézfémek celluláris eloszlásának vizsgálatánál az élő sejtek esetében az egyes sejtalkotókból a fémionok kinyerésére WHITE és GADD (1986) módosított módszerét alkalmaztam. A sejtfalhoz ionosan kötött kationok eltávolításához a sejteket 50 mM EDTA-Na₂ (pH7) oldattal mostam. Az intracellulárisan oldott fémek kivonására 0,7 M-os szorbitol-DEAE-dextránt használtam. A citoplazma membrán teljes permeabilizációját a sejtek malachit-zöld festékkel való megfestésével ellenőriztem. A teljes membrán szétesést metil-alkoholos kezeléssel sikerült elérni. Hővel inaktívált sejteknél az oldható frakcióban megkötött fémek meghatározásához a sejteket 0,7 M MOPS pufferrel mostam át. Az élő sejtek sejtfalhoz ionosan kötött frakcióját fémek mobilizálásával határoztam meg, deszorpciós kezelést alkalmazva. Az eltávolított sejtek nehézfém tartalmát intracelluláris frakciónak tekintettem.

Megvizsgáltam a sejtek hidroxiapatit (HAP) hordozóhoz történő rögzülési képességét, majd ezzel párhuzamosan nyomon követtem a közeg pH-jának, a sejtfelszín hidrofóbicitásának -, valamint a sejtfal detergensekkel, proteázokkal illetve Lysing enzyme (Sigma) sejtfaloldó enzimkomplex-szel történő kezelésének hatását az immobilizáció hatékonyságának szempontjából.

4. EREDMÉNYEK

Különböző morfológiájú és sejtfallszerkezetű élesztőgombák között olyanokat választottam ki, melyek a keményítőt, ill. a laktózt jól hasznosítják szénforrásként gazdaságos biomassza előállítására. A mikroorganizmusok szaporodásának nyomonkövetésére számos módszer áll rendelkezésre. Ezen módszerek közül a turbiditás elvén működő eljárás az egyik legegyszerűbb, emellett on-line is mérhető. Az előnyeikhez tartozik még az automatizálhatósága és nagyszámú minta egyidejű mérése. Az élesztőgombák szaporodásának nyomon követésére Multiskan Ascent berendezést használtam.

A keményítőt, mint szénforrást viszonylag kisszámú élesztőgomba faj hasznosítja, ezek közül a *Debaryomyces occidentalis* var. *occidentalis*, *Saccharomycopsis fibuligera* és *Lipomyces kononenkoe* fajok egy-egy törzsét vizsgáltam. Eredményeim szerint a *Saccharomycopsis fibuligera* CCY 42-3-1 és

a *Debaryomyces occidentalis* var. *occidentalis* Y758 adták a legjobb biomassza hozamot. Az egyes tápanyag komponensek hatása azt mutatja, hogy az élesztőkivonat koncentrációjának növelése és ugyanakkor a keményítő koncentrációjának a csökkentése magasabb biomassza termelést eredményezett keményítő szénforrás esetén. Mivel a laktóz hasznosítás genetikai szabályozás alatt áll, a tejtermékek mikrobiótáját alkotó élesztőtörzsek laktóz hasznosítása kedvezőbb lehet, ezért a laktóz hasznosítási vizsgálatok során törzsgyűjteményi törzsek mellett tejipari termékekből izolált törzseket is vizsgáltam. Az optimalizálás során 7 laktóz hasznosító élesztőfaj vizsgálatát végeztem el. A legjobb hozamot adó fajok a *Kluyveromyces lactis* NU, a *Kluyveromyces marxianus* NB és a *Dekkera anomala* VT voltak. Némely estben magasabb hozamot kaptam laktóz szénforráson, mint glükózon, ami laktóffiára utal. A kísérletek során a C- és N-tartalmat, valamint a pH-t optimalizáltam a magasabb hozam elérése érdekében. A levegőztetés növelése a táptalaj oldott oxigén koncentrációjának növekedését eredményezte, de nem befolyásolta szignifikánsan a biomassza termelést. A tejipari törzseknél sokkal jobb biomassza termelést értem el.

Megvizsgáltam a különböző élesztőgomba fajok bioszorpció és akkumulációs képességét is. Laboratóriumi körülmények között modell fémoldatot állítottam elő, mely a következő fémeket tartalmazta: Ag, Cd, Cr, Cu, Ni. A fémakkumulációt egyrészt élő, másrészt kémiletesen szárított, de elhalt sejteknél is vizsgáltam. Előkísérletek során beállítottam azt az oltósejt mennyiséget és fémkoncentrációt (2 mM és 20 mM), ahol a bioszorpció hatást mérni lehet a megfelelő fémiont tartalmazó sóoldatok fémkoncentrációjának csökkenése alapján ICP berendezéssel. A megkötött fémek aránya csaknem független volt az oldat fémkoncentrációjától és nem találtam lényeges különbséget az élő és szárított sejtek között, ezért a szkrínélést 20 mM-os sóoldatokban végeztem a továbbiakban. Az értékes nehézfémek kinyerése céljából kísérleteket végeztem a megkötött nehézfémek visszanyerésének kidolgozására. Megközelítőleg teljes mértékű deszorpciót eredményezett az EDTA (szerves komplex képző vegyület) alkalmazása.

Vizsgáltam a különböző sejt morfológiával rendelkező (dimorf, sarjadzó, hasadó, álhifa képző vagy flokkulens) élesztőgombák hidroxipatit (HAP) hordozóra való rögzülési képességét. A legjobb eredményeket a dimorf élesztőgombák, a *S. fibuligera* CCY 42-3-1 és a *K. marxianus* NB adták. A sejtek hidrofil jellege is előnyös volt a HAP tablettához való immobilizáció szempontjából. A rögzülés hatékonyságának növelése céljából detergenssekkel, proteázokkal és sejtfaloldó enzimekkel kezeltem a sejteket. Eredményképpen azt kaptam, hogy a sejtfaloldó enzimes kezelések és a detergenssek növelték a sejtek hordozóhoz való rögzülési képességét és elősegítették a biofilm kialakulását is.

5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Különböző eredetű laktóz hasznosító élesztőgomba törzsek vizsgálatával kimutattam, hogy a tejtermékekről származó törzsek laktóz hasznosítás szempontjából adaptálódtak a környezethez, mivel közülük voltak szelektálhatók a legnagyobb biomassza hozamot mutató törzsek, sőt egyes törzseknél laktofiliát is kimutattam. A laktóz vagy keményítő hasznosítására képes élesztőtörzsek esetében meghatároztam azokat az optimális C- és N-forrás értékeket, amelyek az adott törzs esetében a biomassza előállítás során biztosítják a maximális biomassza hozamot: *S. fibuligera* CCY 42-3-1 (keményítő koncentráció 25 g/L és élesztőkivonat 8 g/L, illetve 14 g/L keményítő és 4 g/L ammónium-szulfát); *L. kononenkoeae* CCY 33-4-1 (30 g/L keményítő és 7 g/L élesztőkivonat); *Deb. occidentalis* CCY 47-3-1 (30 g/L keményítő és 7 g/L élesztőkivonat, illetve 20 g/L keményítő és 3 g/L ammónium-szulfát); *Deb. occidentalis* Y758 (23 g/L keményítő és 7 g/L élesztőkivonat, illetve 22 g/L keményítő és 3,5 g/L ammónium-szulfát). *K. lactis* NU (20 g/L laktóz és 5 g/L élesztőkivonat); *K. marxianus* NB és *D. anomala* (30 g/L laktóz és 8 g/L élesztőkivonat, illetve 23 g/L laktóz és 5 g/L ammónium-szulfát). Kimutattam, hogy ezeknek a törzseknek a szaporodási optimuma a *Saccharomyces cerevisiae* törzsekhez képest erősebben savas (4 - 4,5) pH tartományban van, ami a fermentációt mikrobiológiai szempontból biztonságosabbá teszi.

2. Mivel az élesztőket nehézfém ionok megkötésére kívántam alkalmazni, megállapítottam, hogy mind az élő, mind a hővel inaktívált (szárított) sejtek alkalmasak bioszorpció célra, a különböző fajokhoz tartozó törzsek között azonban esetenként lényeges különbségeket tapasztaltam egyrészt a különböző nehézfémek (Cr, Cu, Cd, Zn, Ag) akkumulációja, másrészt az élő és a szárított sejtek tekintetében. Megállapítottam, hogy a szárított sejtek a víztisztító berendezésekből kikerülő, a nehézfémeket alacsony koncentrációban tartalmazó vizek további hatékony tisztítására is képesek.

3. Élő élesztősejtek frakcionált feltáráásával meghatároztam az egyes sejtalkotók által akkumulált nehézfémek mennyiségét. Kimutattam, hogy a vizsgált 5 különböző élesztőfaj törzsei 70-90 %-ban sejtfalhoz kötötten akkumulálják a rezet. Hasonló arányt találtam a króm esetében a *Schizosaccharomyces pombe* RIVE 4-2-1 kivételével. Az ólom és nikkal esetében általában 10-20%-kal nagyobb volt a citoszolban és a vakuolumban akkumulálódott nehézfémek aránya.

4. Megállapítottam, hogy az élesztőgombák közül az álhifa képző fajok nagyobb hatékonysággal tapadnak meg és képeznek több sejtrétegű biofilmet a hordozó felszínén, mint az egysejtű sarjadzó fajok. Legjobb eredményt az egysejtű sarjadzó fajok közül a *Kluyveromyces*

marxianus NB, míg az álhifa képzők közül a *Saccharomycopsis fibuligera* CCY 42-3-1 törzsekkel értem el és kimutattam, hogy a rögzítés hatékonyságát a pH 5 és 7 közötti tartomány nem befolyásolja lényegesen. Míg a *Saccharomycopsis fibuligera* CCY 42-3-1 esetében mind a detergenssel, mind pedig a lysing enzyme sejtfaloldó enzimkomplex-szel történő kezelés megnövelte az adhézio hatékonyságát, addig a *Kluyveromyces marxianus* NB esetében csak a sejtfaloldó enzimkomplex-szel történő kezelés volt hatékony. Megállapítottam, hogy mindkét faj törzseinek tenyészetei a hidrofób kategóriába estek és a sejtfal dezorganizálásában hatékony kezelések hatására a sejtek hidrofíllé váltak.

6. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A munkám során kapott eredményekből arra a következtetésre jutottam, hogy a mikrolemezes denzitométer hatékony eszköz a tápközeg optimálásánál. A központi elrendezésű kísérleti terv (CCD) segítségével rövid időn belül meg tudtam határozni a tápközeg optimális szén- és nitrogénforrás arányát és mennyiségét. A kísérletsorozat folytatása a tejsavó alkalmazása, illetve optimálása lehetne. A tápanyag-összetétel változtatása változásokat eredményezhet a tápanyag-, és oxigénfelvételben, a pH-ban, amelyek hatással vannak a szaporodásra és az alkoholtermelésre. A kísérletsorozat célja az lenne, hogy megvizsgáljam a savóból etanol előállítás képességével rendelkező törzsek (*Kluyveromyces lactis* NU és *Kluyveromyces marxianus* NB) stressztűrő-képességét, szakaszos fermentációban, oxigén és szénforrás-limitált feltételek mellett. Az optimális fermentációs paraméterek alkalmazása az új biotechnológiai módszerekkel együtt biztosíthatja az eddig csak ritkán megvalósított gazdaságos etanol előállítást.

A sejtek nehézfém kötő képességét megvizsgálva ígéretes eredményeket kaptam. A továbblépéshez érdekes kutatási terület lenne a nehézfémeket megkötő sejtek maximális képességének, a befolyásoló környezeti paraméterek feltárása.

A HAP tablettához való rögzülés szempontjából az álhifa képző élesztőgombák sokkal hatékonyabban rögzültek, mint az egysejtűek. Az oldat pufferelese nem befolyásolta a sejtek immobilizációs készségét, ugyanakkor a sejtfalkezelések hatással voltak rá. Továbbiakban javasolnám a HAP tablettára rögzített bioszorbens optimalizálását a nehézfémek eltávolítására.

7. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

FOLYÓIRATCIKK

IF-es folyóiratcikk:

M. Magony, **I. Kákonyi**, A. Gara, P. Rapali, K. Perei, K. L. Kovács, G. Rákhely (2007) Overlaps between the various biodegradation pathways in *Sphingomonas subarctica* SA1. Acta Biologica Hungarica 58 (Suppl.), pp. 37–49. DOI: 10.1556/ABiol.58.2007.Suppl.4 (IF₂₀₀₇: 0,793)

I. Kákonyi, M. Kovács, A. Maráz (2011) Immobilization of *Schizosaccharomyces pombe* on hydroxyapatite biomaterial: Enhancement of cell adhesion by different cell wall treatments and application of a flocculent strain. Acta Alimentaria (közlésre elfogadva) (IF₂₀₁₀: 0,379)

KONFERENCIA KIADVÁNYOK

Nemzetközi konferencia (összefoglaló)

I. Kákonyi, M. Kovács, G. Kiskó, A. Maráz (2005) Cellular distribution of accumulated heavy metals in different yeast species. Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica, Volume 52, Supplement, , Keszthely, konferencia kiadvány: 65.

I. Kákonyi, M. Kovács, G. Kiskó, A. Maráz (2006) Accumulation and Cellular Distribution of Heavy Metals in Different Ascomycetous and Basidiomycetous Yeasts. Food Micro 2006, food safety and food biotechnology: diversity and global impact, Bologna, Italy, konferencia kiadvány: 102.

I. Kákonyi, M. Kovács, G. Kiskó, A. Maráz (2006) Cellular distribution of accumulated heavy metals in different yeast species. Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica, Volume 53, Number 3, September, Keszthely, konferencia kiadvány: 285.

I. Kákonyi, K. Vida, M. Weissgerber, A. Maráz (2007) Comparison of stress sensitivity of *Kluyveromyces lactis* and *Kluyveromyces marxianus* under oxygen and carbon limitations. International Specialized Symposium on Yeasts From Alcoholic Beverages to Bioethanol for Transportation: a New Challenge for Fermenting Yeasts, Sorrento, Italy, konferencia kiadvány: 82.

I. Kákonyi, K. Vida, A. Maráz (2007) Influence of fermentation conditions on viability and ethanol production of *Kluyveromyces lactis* and *K. marxianus*. Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica, Volume 54, Supplement, Keszthely, konferencia kiadvány: 55.

A. Maráz, M. Kovács, **I. Kákonyi**, G. Kiskó. Yeast cells biosorbents for toxic heavy metals. 9th Congress of the Slovenian Biochemical Society and 5th Congress of the Slovenian Microbiological Society with International Participation 3rd CEFORM Central European Forum for Microbiology, Maribor, konferencia kiadvány: 69.

Magyar nyelvű (teljes)

I. Kákonyi, M. Kovács, G. Kiskó, A. Maráz (2006) *Kluyveromyces* és *Dekkera* élesztőgomba törzsek szaporodásának optimalizálása válaszfelület módszerrel. Márton Áron Tudományos Felolvasó ülés, Budapest, konferencia kiadvány: 50-59.

Magyar nyelvű (összefoglaló)

I. Kákonyi, M. Kovács, G. Kiskó, Q. D. Nguyen, A. Maráz (2005) Laktóz hasznosító élesztőgombák szaporodásának optimalizálása és fiziológiai vizsgálatuk. „Lippay János-Ormos Imre-Vass Károly” Tudományos Ülésszak, Budapest, konferencia kiadvány: 150-151.

Maráz Anna, Kovács Mónika, Kiskó Gabriella és **Kákonyi Ildikó** (2007) Mikrobák alkalmazása nehézfémek megkötésére szennyvízből. A kármentesítés aktuális kérdései, Budapest, konferencia kiadvány: 27-28.

I. Kákonyi, K. Vida, M. Weissgerber, A. Maráz (2007) *Kluyveromyces lactis* és *Kluyveromyces marxianus* szaporodását és etanolos erjesztését befolyásoló környezeti tényezők vizsgálata. „Lippay János-Ormos Imre-Vass Károly” Tudományos Ülésszak, Budapest, konferencia kiadvány: 64-65.