

Doktori (Ph.D.) értekezés tézisei

**Hatékonyságnövelő eljárások alkalmazása mezőgazdasági és élelmiszeripari
hulladékok kezelésében és hasznosításában**

Lemmer Balázs

Témavezető:

Prof. Dr. Hodúr Cecilia

az MTA doktora

Dr. Beszédes Sándor

PhD

Környezettudományi Doktori Iskola

Szegedi Tudományegyetem

Szeged

2020

1. ELŐZMÉNYEK

Az egyre jelentősebb népességnövekedés, valamint az ezzel együtt járó növekedés a közlekedésben és az ipari termelésben egyre fontosabbá teszi olyan eljárások kidolgozását és fejlesztését, melyek alkalmasak a hulladékok és melléktermékek ártalmatlanítására és egyúttal energia előállítására is.

Az átgondolt vízfelhasználás és az élővizek védelme kiemelten fontos, ezért egyre szigorúbb kibocsátási szabályok vonatkoznak a különféle szennyvizekre. Az élelmiszeripar nagy mennyiségű szennyvizet termel működése során, melyek jelentős része nagy szervesanyag tartalommal is rendelkezik. Ezeknek a szennyvizeknek, és a létrejövő iszapoknak a szervesanyag tartalma felhasználható pl. biogáz termelésre vagy komposztálás után talajjavításra. A hasznosítható szerves anyag egy jelentős része kötött formában található meg az iszapokban, melyek hozzáférhetőségét különböző előkezelésekkel javítani lehet.

A termikus előkezelések és ezek kémiai, főként lúgos előkezelésekkel történő kombinációja képes megnövelni a szennyvizek és iszapok biológiai lebonthatóságát, hasznosíthatóságát. A klasszikus termikus kezelések alternatívájaként alkalmazhatóak a mikrohullámú eljárások is, melyek számos kutatásban bizonyították hatékonyságukat. Munkám során húsipari primer iszap kezelését végeztem, egy az ipari alkalmazhatóságot jobban modellező folytonos anyagtovábbítású mikrohullámú kezelőberendezés segítségével, melyet kémiai kezeléssel kombináltam. Vizsgáltam az iszap oldhatóságának és biológiai bonthatóságának változását a kezelési paraméterek függvényében. További célom volt olyan gyors és egyszerű mérési módszert találni, mely alkalmas az iszapkezelés hatékonyságának azonnali becslésére és segítségével a kezelési paraméterek azonnali megváltoztatása is lehetővé válik.

Másik általam vizsgált terület az agrárágazatban nagy mennyiségben termelődő alapanyagból, a lignocellulóz tartalmú melléktermékekből történő bioetanol előállítás volt. A bioetanol előállítása a lignocellulóz struktúra előzetes hidrolízisét követeli meg, melyet a környezetkímélő technológiák alkalmazása esetén napjainkban enzimek felhasználásával végeznek.

A felhasznált enzimek jelentős költségnyádot jelentenek a teljes folyamatot tekintve, ezek újrafelhasználását lehetővé tevő eljárások kidolgozása így költségcsökkentést eredményezhet. A költségek csökkentése mellett fontos, hogy ezzel az enzim előállítás vegyszer és energiaigénye is csökkenthető, mellyel a lignocellulóz alapú bioetanol előállítás környezeti terhelése is kedvezőbbé tehető.

Az enzimek fermentlevekből való eltávolítása (vagyis az upstream eljárásokba integrált megfelelő downstream eljárás) a fermentációt követő további feldolgozási műveletek hatékonyságát is növelheti. A membránszeparáció egy lehetséges, ipari méretben is alkalmazható, kis vegyszer- és energiaigényű eljárás, azonban jelentős korlátozó tényező lehet az eltömődések kialakulása, melyek a permeátum fluxusát képesek jelentősen csökkenteni. Munkám során a membránszeparációt hatékonyabbá tevő, élettartam- és teljesítménynövelő eljárásokat (keresztáramoltatást és szonikációt) alkalmaztam lignocellulóz hidrolízisből származó fermentlevek ultraszűrésénél és vizsgáltam az eljárások üzemeltetési paramétereinek változtatásának hatását a szűrési jellemzőkre.

2. KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK

A doktori értekezésem célja a biomassza alapú hulladékok és melléktermékek hasznosítása során alkalmazható hatékonyságnövelő technológiai eljárások vizsgálata.

Kísérleti munkám során két jelentős területre fókuszáltam:

- ❖ az élelmiszeripari szennyvíziszapok kezelésére-hasznosítására, melynek során elsősorban a mikrohullámú technikát alkalmaztam és
- ❖ a lignocellulóz hidrolízise során felhasznált enzimek visszanyerésére, ahol az ultrahang erőter és a keresztáramoltatás alkalmazásának hatását elemeztem.

A kitűzött célokat az alábbi lépésekben közelítettem:

- A kombinált kezelések (mikrohullám és NaOH adagolás) hatékonyságának vizsgálata a szennyvíziszap szervesanyag tartalmának biológiai bonthatósága szempontjából.
- A mikrohullámú-alkalikus kezelések szennyvíziszapok oldhatóságára gyakorolt hatásának elemzése.
- A kombinált kezelések hatékonyságának nyomon követésére alkalmas gyors módszer kidolgozása és validálása.
- Az alkalmazott keresztáram hatása a lignocellulóz hidrolízisből származó fermentlevek ultraszűréssel végzett szeparációjának hatékonyságára.
- Az ultraszűrés permeátum-fluxusának növelése céljából alkalmazott ultrahang alkalmazhatóságának vizsgálata.
- A valós fermentlevek ultraszűrése során kialakuló eltömődések modellezése különböző modellek segítségével.
- A kevertetés és ultrahang hatásának elemzése az eltömődések jellemzőire.

3. ALKALMAZOTT MÓDSZEREK

Munkám során két alapanyagtypust használtam fel: élelmiszeripari primer iszapot és lignocellulóz alapú biomassza hidrolíziséből származó fermentleveket.

Az élelmiszeripari primer iszap minták egy húsfeldolgozó üzem szennyvízkezelési rendszeréből származnak. A mintavétel a helyi szennyvíztisztítási technológia során alkalmazott flokkulációs lépést követően történt. Az ipari szennyvíztisztítási rendszerben vas(III)-klorid alkalmazásával végezték a pehelyképzést. Az iszapot igen magas biokémiai oxigénigény ($724 \pm 51 \text{ mgdm}^{-3}$) és kémiai oxigénigény ($28300 \pm 690 \text{ mgdm}^{-3}$) jellemezte.

A mikrohullámú kezeléseket az SZTE Folyamatmérnöki Intézetében fejlesztett folytonos anyagtovábbítású mikrohullámú kezelő berendezéssel végeztem. Az anyagtovábbítást egy perisztaltikus pumpa biztosítja, mely segítségével a térfogatáram 6 és $35 \text{ dm}^3\text{h}^{-1}$ között állítható. A mikrohullámú kezelőtérben az anyag egy teflon csőspirálban áramlik. A mikrohullámú teret egy speciálisan kialakított 2450 MHz -es magnetron generálja. A magnetron teljesítménye 100 és 850 W között fokozatmentesen állítható, a beállított teljesítményt folyamatos sugárzási módban adja le.

A kezelés alkalikus részét a mikrohullámú kezeléseket előtt az iszaphoz adagolt Nátrium-hidroxiddal (NaOH) biztosítottam. A NaOH koncentráció jellemzésére a NaOH tömegének és a kezelt anyag szárazanyagtartalmának hányadosát használtam [$\text{g}_{\text{NaOH}}/\text{g}_{\text{szá}}$].

A kezelési paraméterek meghatározásához és elemzéséhez központi kompozit faktortervet alkalmaztam, majd az eredmények alapján varianciaanalízist és válaszfelület modellezést végeztem Statistica programcsomag segítségével.

A teljes kémiai oxigénigényt (TKOI) a teljes iszapmátrix hígítása után kolorimetriás módszer segítségével határoztam meg. A szolubilis, vagyis az iszap oldható fázisának kémiai oxigénigényét (SKOI) az iszap hígítását követő, 20 perces, $10\,000 \text{ perc}^{-1}$ fordulaton végzett centrifugálását során keletkezett felülúszóból ISO 6060:1989-nek megfelelő Hanna tesztküvetákkal, fotometriás módszerrel mértem.

A minták biokémiai oxigénigényét (BOI) respirometrikus mérőrendszer segítségével mértem (BOD Oxidirect, Lovibond, Németország). A mintákat az 5 napos (BOI_5) mérés során 20 fokos légtermosztátban tároltam.

A dielektromos állandót (ϵ') egy, speciálisan a folytonos anyagtovábbítású mikrohullámú kezelő berendezéshez tervezett, átfolyós rendszerű dielektrométer segítségével határoztam meg. A mérőműszer saját magnetronnal rendelkezik, melynek működési frekvenciája a kezelő

berendezéssel azonos, 2450MHz. A berendezés mérő-tápvonalában egy NRVD teljesítménymérő berendezéshez (Rohde&Schwarz, Németország) NRV-Z típusú teljesítményszenzorok kapcsolódnak.

Membránszeparációs kísérleteim során a Cobex Hungária Kft. által gyártott Cobex Feeds 12/30 kukoricacsutka-őrlemény enzimés hidrolízise során keletkezett fermentleveket használtam fel. A kísérletek egyik részében celluláz (*Trichoderma reesei*) és cellobiáz (*Aspergillus niger*) enzimek keverékével előállított fermentleveket használtam fel, míg másik részében β -1,4-xilanáz (*Aspergillus oryzae*) enzimmel végzett hidrolízisből származó fermentlevekkel végeztem kísérleteimet.

A fermentleveket 5400 perc^{-1} fordulaton 30 percig centrifugáltam, majd az így keletkezett felülúszót használtam fel a további munkám során. A megtisztított fermentlevek $1,9 \pm 0,07 \text{ m/m\%}$ szárazanyag tartalommal rendelkeztek.

A membránszeparációs kísérleteim során egy szakaszos laboratóriumi szűrőcellát alkalmaztam (Millipore), melybe 76 mm átmérőjű membránkorong helyezhető. A szűrőcellában mágneses keverő segítségével kevertetés is megvalósítható. A szűrőcellához egy egyedi gyártású záróelem segítségével ultrahang generátor illeszthető. Az ultrahanggal segített membránszeparációs kísérletek során Hielscher UP100H 30 kHz-es ultrahang generátort alkalmaztam. A szűrés során a transzmembrán nyomás (TMP) 0,3 MPa volt. A permeátum mennyiségét a szűrőcellából távozó permeátum tömegének számítógéphez csatlakoztatott mérleg segítségével történő mérésével rögzítettem. Az alkalmazott elrendezésben a permeátum tömegének mérése mellett a rendszer hőmérsékletének rögzítésére is lehetőség volt.

A membránszeparációhoz minden esetben Sterlich UF PW jelű, 10 kDa vágási értékű poliéterszulfon ultraszűrő membránt használtam.

4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

T1) Megállapítottam, hogy a húsipari primer iszap kombinált, folytonos anyagáramú mikrohullámú-lúgos kezelésével az iszap dezintegrációja javítható, ez a javulás azonban 45 % fölé nem növelhető.

A kombinált mikrohullámú és lúgos előkezelések hatására az húsipari primer iszap dezintegrációja a fajlagos mikrohullámú energia és a lúgadagolás növelésével 45,1% mértékig növelhető. Közepes és magas (0,38 és 0,6 g/g_{sza}) NaOH adagolási koncentráció mellett közepes fajlagos mikrohullámú energiaszint (5941 Jg⁻¹) alkalmazásával már 42,35 % átlagos dezintegráció volt elérhető, ez magas fajlagos mikrohullámú energiaszint (9661 Jg⁻¹) alkalmazásánál 45,05 % átlagértékre volt növelhető, azonban ez a növekedés 95%-os szignifikanciaszint mellett már nem szignifikáns a közepes energiaszintnél meghatározott értékekhez képest.

T2) Megállapítottam, hogy az aerob bonthatóságot jellemző biodegradációs index a folytonos anyagáramú kombinált mikrohullámú-lúgos előkezelések műveleti paramétereinek függvényében vizsgálva maximumot mutat. Az elérhető aerob biodegradációs index változása azonban elmarad az iszap szervesanyag oldhatósági növekmény mértékétől.

A biodegradációs index 13 és 27% között, míg a dezintegrációs fok ennél tágabb tartományban: 19,8 - 45,1 %, változott.

Legmagasabb biodegradációs értéket közepes fajlagos mikrohullámú energiamennyiség (5941 Jg⁻¹) esetén, magas (0,6 g/g_{sza}) NaOH adagolási koncentráció szintjén kaptam, mely azonban 95%-os szignifikanciaszint mellett nem különbözött a közepes (0,38 g/g_{sza}) NaOH esetén meghatározott értéktől. Mindkét esetben a magas (9661 Jg⁻¹) fajlagos mikrohullámú energiamennyiségnél már csökkenés volt megfigyelhető a biodegradáció mértékében.

T3) Megállapítottam, hogy a húsipari primer iszap esetén mind az oldhatóságra, mind pedig a biológiai bonthatóságra a folytonos anyagáramú kezelőrendszerben végzett mikrohullámú-lúgos kombinált előkezeléseknél nagyobb hatást gyakorolnak az alkalmazott fajlagos mikrohullámú energiaközlés paraméterei, mint az ezzel egyidőben alkalmazott lúgos kezelés paraméterei.

A központi elrendezésű kompozit faktorterv segítségével végzett 2221 és 9661 Jg⁻¹ közötti fajlagos mikrohullámú energiamennyiséggel, valamint a 0,15 és 0,6 g/g_{szs} közötti NaOH adagolással végzett kombinált kezelések függvényében meghatározott iszap oldhatóságot jellemző dezintegrációs fok és az aerob biológiai bonthatóságot jellemző biodegradációs index értékek esetén is elvégeztem a varianciaanalízist, mely a mikrohullámú előkezelések lineáris tagjánál mutatta a legnagyobb F értékeket igazolva ezzel a legnagyobb hatáserősséget.

T4) Megállapítottam a húsipari iszap kombinált lúgos-mikrohullámú kezelése esetén a dezintegrációs fok és a dielektromos állandó változásának összefüggését, a dielektromos állandó értéke alkalmas az iszap oldhatóságának jellemzésére, vagyis a kezelés hatékonyságának előrejelzésére.

A kombinált mikrohullámú-lúgos előkezelések során kapott iszap dezintegrációs fok és a 2450 MHz-en mért dielektromos állandó értékeket lineáris regresszió segítségével vetettem össze, megállapítottam, hogy köztük szoros kapcsolat van, melyet a magas determinációs együttható ($R^2=0,9517$) is igazol.

T5) Igazoltam, hogy celluláz és cellobiáz enzimek keverékét tartalmazó, valamint xilanáz enzimet tartalmazó fermentlevek ultrahang erőterben végzett ultraszűrésénél a végzett szonikáció alkalmas a permeátum fluxus növelésére. A fluxusnövelési hatás azonban nem kimutatható, ha a rendszerben egyidejűleg keresztáramú áramlás a jellemző.

Mindkét általam vizsgált kukoricacsutka-őrlemény hidrolíziséből származó, centrifugálással megtisztított fermentlé ultraszűrése esetén a 30 kHz frekvenciájú ultrahanggal segített szeparációknál magasabb fluxusértékek voltak elérhetőek a kontrollhoz képest. Ha azonban kevertetést alkalmaztam a szonikáció alkalmazása nem növelte a permeátum fluxusát.

T6) Igazoltam, hogy a lignocellulóz struktúrák bontásában legjelentősebb enzimek, a celluláz, cellobiáz és xilanáz, ultraszűréssel visszanyerhetőek, aktivitásukat nem vesztik el a folyamat során, még a szeparációval együttesen alkalmazott szonikáció hatására sem.

A szeparációkat követő enzimaktivitási tesztek igazolták, hogy a visszanyert enzimek képesek újabb szubsztrátok bontására, aktivitásuk megegyezik a szeparációs és 30kHz frekvencián $4,08 \cdot 10^{-5}$ és $8,16 \cdot 10^{-5}$ W/cm³ átlagos fajlagos teljesítménnyel végzett szonikációs folyamatoknak ki nem tett enzimekével, így az elválasztott enzimek újabb hidrolizációs eljárásban felhasználhatóak.

T7) Megállapítottam, hogy celluláz és cellobiáz enzimeket tartalmazó kukoricacsutka őrlemény hidrolizációjából származó valós fermentlevek szeparációja során, az eltömődési mechanizmus leírására ultraszűrés, illetve az ehhez kapcsolt keresztáramoltatás, vagy szonikáció esetén, az iszaplepenyszűrés (cake) modell alkalmas, azonban a kétféle szűrést intenzifikáló eljárás egyidejű alkalmazásakor a permeátum fluxus a közbenső blokkoló modellel leírható dinamika szerint változik.

Az ultraszűrési folyamat leírására általam alkalmazott Hermia-féle eltömődési modellek azt mutatták, hogy a legjobban illeszkedő eltömődési modell az iszaplepenyszűrés modellje. Ez a modell mutatta a legjobb illeszkedést mind kevertetés és szonikáció nélkül, mind pedig csak ultrahang, vagy csak kevertetés alkalmazása esetén. Szonikáció és kevertetés együttes alkalmazásakor azonban a közbenső blokkoló modell mutatta a legjobb illeszkedést.

5. A DOKTORI ÉRTEKEZÉS ALAPJÁT KÉPEZŐ KÖZLEMÉNYEK

1. **Microwave–alkaline treatment for enhanced disintegration and biodegradability of meat processing sludge**

Balázs, Lemmer; Petra, Veszeloyszki-Kovács; Cecilia, Hodúr; Sándor, Beszédes
Desalination And Water Treatment (2017) 98: 130-136. (IF: 1,38, Q2)

2. **The effect of sonication and stirring on ultrafiltration of fermentation broth**

Lemmer, Balázs; Jákói, Zoltán; Gulyás, Nikolett; Kertész, Szabolcs; Beszédes, Sándor; László, Zsuzsanna; Hodúr, Cecilia
Environment Protection Engineering (2020) 46(1). 49-62. (IF:0,812, Q3)

3. **Sonicated Membrane Separation**

Balázs, Lemmer; Szabolcs, Kertész; Gábor, Keszthelyi-Szabó; Kerime, Özel; Cecilia, Hodúr
Progress In Agricultural Engineering Sciences (2018)14: 89-99 (Q3)

EGYÉB FOLYÓIRATCIKKEK

1. Petra, Veszeloyszki Kovács, Lemmer Balázs, Keszthelyi-Szabó Gábor, Hodúr Cecilia, And Beszédes Sándor. 2018. “Application Of Dielectric Constant Measurement In Microwave Sludge Disintegration And Wastewater Purification Processes.” *Water Science And Technology* 77 (9): 2284–2291. (IF: 1,24, Q2)
2. S., Beszédes, Jákói Z., Lemmer B., Czupy I., And Hodúr C. 2020 Detection Of The Efficiency Of Enzymatic Hydrolysis And Fermentation Processes By Dielectric Measurement. *Hungarian Agricultural Engineering* 37: 21–26.
3. Sz.Gulyás, Nikolett, Balázs Lemmer, And Cecilia Hodúr. 2019. “Gabona Itatok Ultraszűrésének Vizsgálata Hermia Modellel.” *Membrántechnika És Ipari Biotechnológia* 10 (1): 2–9.
4. Beszédes, Sándor, Balázs Lemmer, Gábor Keszthelyi-Szabó, And Cecilia Hodúr. 2018. “Effect Of Microwave Assisted Alkali And Acidic Pretreatment On The Biodegradability Of Dairy Sludge.” *Hungarian Agricultural Engineering* (34): 35–38.

5. Sándor, Beszédes, Jákói Zoltán, Lemmer Balázs, And Hodúr Cecilia. 2018. "Enhanced Biodegradability Of Dairy Sludge By Microwave Assisted Alkaline And Acidic Pre-Treatments." *Review On Agriculture And Rural Development* 7 (1–2): 92–97.
6. Balázs, Lemmer, Hodúr Cecilia, And Beszédes Sándor. 2017. "Continuously Flow Microwave Pre-Treatment For Enhanced Anaerobic Biodegradability Of Dairy Industry Sludge." *Ijoear: International Journal Of Environmental & Agriculture Research* 3 (6): 12–18.
7. Lemmer, Balázs, And Nikolett Szpisják-Gulyás. 2017. "Membrán Eltömődés Modellezése." *Membrántechnika És Ipari Biotechnológia* 8 (3): 34–41.
8. Kübra, Keçeci, Lemmer Balázs, Kertész Szabolcs, Keszthelyi-Szabó Gábor, László Zsuzsanna, And Hodúr Cecilia. 2015. "The Effect Of The Implementation Of Ultrasound In Enzyme Separation." *Review Of Faculty Of Engineering Analecta Technica Szegedinensia* 9 (2): 34–41.
9. Lemmer, Balázs, Keceri Kübra, Szabolcs Kertész, László Zsuzsanna, And Cecilia Hodúr. 2015. "Szonikációval Segített Enzim-Visszanyerés." *Membrántechnika És Ipari Biotechnológia* 6 (3): 42–51.
10. Marietta, Ábel, Drenda Kinga, Lemmer Balázs, Beszédes Sándor, Keszthelyi-Szabó Gábor, And Hodúr Cecilia. 2015. "Combined Pre-Treatment For Saccharification." *Acta Technica Corviniensis – Bulletin Of Engineering* 8 (4): 111–114.
11. S, Beszédes, Veszélovski P, Lemmer B, Ludányi L, Keszthelyi-Szabó G, And Hodúr C. 2015. "Correlation Between Dielectric Properties And Aerobic Biodegradability Of Meat Processing Sludge." *Hungarian Agricultural Engineering* (28): 44–47.
12. Sándor, Beszédes, Tachon Aurelie, Lemmer Balázs, Ábel Marietta, Szabó Gábor, And Hodúr Cecilia. 2012. "Bio-Fuels From Cellulose By Microwave Irradiation." *Annals Of Faculty Of Engineering Hunedoara - International Journal Of Engineering* 10 (2): 43–48.

KONFERENCIAKÖZLEMÉNYEK

1. Lemmer, Balázs, Zoltán Jákói, Sándor Beszédes, Imre Czupy, Dávid Somfai, And Cecilia Hodúr. 2019. "Lignocellulóz Hidrolizátumok Membránszeparációja." In *Iii. Ring – Fenntartható Nyersanyag-Gazdálkodás - Iii. Sustainable Raw Materials Konferenciakötet - Proceedings*, 225–230.
2. Lemmer, Balázs, Zoltán Jákói, Márk Stefán, József Deák, And Cecilia Hodúr. 2019. "Cellulózfermentumok Szeparációja Membrántechnikával." In *Xxi. Századi Vízgazdálkodás A Tudományok Metszéspontjában*, 128–133.
3. Balázs, Lemmer, Kertész Szabolcs, Keszthelyi-Szabó Gábor, Özel Kerime, And Hodúr Cecilia. 2016. "Sonicated Membrane Separation." In *Proceedings Of 1st International Conference On Biosystems And Food Engineering*. 38-38.
4. Bányai, Gréta, Nikolett Gulyás, Balázs Lemmer, Zoltán Jákói, And Cecilia Hodúr. 2019. "Ultrahangos Előkezelés Hatása Az Enzimkinetikára." In *Xxi. Századi Vízgazdálkodás A Tudományok Metszéspontjában*, 10–15.
5. Beszédes, Sándor, Zoltán Jákói, Balázs Lemmer, Viktória Papp, Andrea Vágvölgyi, Laura Haranghy, Sándor Nagy, And Cecilia Hodúr. 2019. "Szennyvíz És Iszap Szervesanyagfrakciók Biológiai Hasznosíthatóságának Fokozása Mikrohullámú Eljárásokkal." In *Iii. Ring – Fenntartható Nyersanyag-Gazdálkodás - Iii. Sustainable Raw Materials Konferenciakötet - Proceedings*, 57–64.
6. Czakó-Vér, Klára, Csilla Zsuzsanna Szörös, Erzsébet Suhajda, Dávid Somfai, Balázs Lemmer, Kovács Anita Dolgosné, And Ernő* Dittrich. 2019. "Szennyvíziszap És Élelmiszeripari Hulladék Biogáz Szubsztrátként Való Hasznosításának Tesztelése Oxitop Reaktorban." In *Iii. Ring – Fenntartható Nyersanyag-Gazdálkodás - Iii. Sustainable Raw Materials Konferenciakötet - Proceedings*, 255.
7. Jákói, Zoltán, Balázs Lemmer, Cecilia Hodúr, Andrea Vágvölgyi, Ernő Dittrich, And Sándor Beszédes. 2019. "Vízszennyező Anyagok Lebontása Mikrohullámmal Intenzifikált Fenton-Reakció Alkalmazásával." In *Iii. Ring – Fenntartható Nyersanyag-Gazdálkodás - Iii. Sustainable Raw Materials Konferenciakötet - Proceedings*, 78–83.
8. Ördög, Dorottya, Zoltán Jákói, Balázs Lemmer, And Cecilia Hodúr. 2019. "Cukoroldatok Fermentálása." In *Xxi. Századi Vízgazdálkodás A Tudományok Metszéspontjában*, 165–170.

9. Sándor, Beszédes, Jákói Zoltán, Tanács Rebeka, Szalay Dóra, Lemmer Balázs, And Hodúr Cecilia. 2019. "Application Of Dielectric Measurements In Sludge Utilization Process." In *Ii. Sustainable Raw Materials Conference Book - International Project Week And Scientific Conference*, 283–286.
10. S., Beszédes, Jákói Z., Lemmer B., Czupy I., And Hodúr C. 2019. "Detection Of The Efficiency Of Enzymatic Hydrolysis And Fermentation Processes By Dielectric Measurement." In *Synergy - Engineering, Agriculture And Green Industry Innovation : Papers Of The Vi. International Conference Of Cigr Hungarian National Committee And The Szent István University, Faculty Of Mechanical Engineering And The Xxxix. R&D Conference Of Hungarian Academy Of Sciences, Committee Of Agricultural And Biosystems Engineering Gödöllő, Hungary, 4 – 6. November 2019 (Electronical Issue)*.
11. Somfai, Dávid, László Bicsák, Klára Czakó-Vér, Erzsébet Suhajda, Dániel Kósa, Balázs Lemmer, Kovács Anita Dolgosné, And Ernő Dittrich. 2019. "Szennyvíziszap Szubsztráttal Üzemelő Biogáz Üzem Fermentációs Folyamatainak Jellemzése Dehidrogenáz Enzim Aktivitás Alapján." In *Iii. Ring – Fenntartható Nyersanyag-Gazdálkodás - Iii. Sustainable Raw Materials Konferenciakötet - Proceedings*, 242.
12. Sz.Gulyás, Nikolett, Balázs Lemmer, Dávid Somfai, A.Tahir Chenar, And Cecilia Hodúr. 2019. "Makardij Modell Alkalmazása Ultraszűrés Jellemzésére." In *Ii. Sustainable Raw Materials Conference Book - International Project Week And Scientific Conference*, 281–286.
13. Szpisják-Gulyás, Nikolett, Balázs Lemmer, Imre Czupy, And Cecilia Hodúr. 2019. "Ultraszűrés Modellezése." In *Xxi. Századi Vízgazdálkodás A Tudományok Metszéspontjában*, 213–218.
14. Zoltán, Jákói, Lemmer Balázs, Beszédes Sándor, And Hodúr Cecilia. 2018. "Comparison Of The Efficiency Of Microwave Assisted Acidic- And Alkaline Pretreatment On The Aerobic And Anaerobic Biodegradability Of Sludge." In *Researched Risk Factors Of Food Chain*, 83–86.
15. Sándor, Beszédes, Lemmer Balázs, Keszthelyi-Szabó Gábor, And Hodúr Cecilia. 2017. "Effect Of Microwave Assisted Alkali And Acidic Pre-Treatment On The Biodegradability Of Dairy Sludge." In *Synergy - Engineering, Agriculture And Green Industry Innovation*.

16. Sándor, Beszédes, Lemmer Balázs, Jákói Zoltán, Keszthelyi-Szabó Gábor, And Hodúr Cecilia. 2017. "Detection Of Sludge Disintegration Process By Dielectric Constant Measurement." In *Proceedings Of The 23rd International Symposium On Analytical And Environmental Problems*, 512–516.
17. S, Beszédes, Kertész Sz, Lemmer B, Kovács I, Keszthelyi-Szabó G, And Hodúr C. 2017. "Dielectric Constant Measurements In Wastewater Treatment Processes." In *Conference Proceedings Of 9th Eastern European Young Water Professionals Conference*, 382–389.
18. Beszédes, S, P Veszelo vszki, B Lemmer, L Ludányi, G Keszthelyi-Szabó, And C Hodúr. 2015. "Correlation Between Dielectric Properties And Aerobic Biodegradability Of Meat Processing." In *"Synergy Engineering, Agriculture, Waste Management And Green Industry Innovation,"* 6p.

ELŐADÁSOK, POSZTEREK

1. B., Lemmer, Bányai G., Gulyás N., Beszédes S., And Hodúr C. 2019. "Modelling Of Ultrasound-Aided Enzymatic Degradation Of Lignocellulosic Biomass." In *"Synergy - Engineering, Agriculture And Green Industry Innovation" : Abstracts Of The Vi. International Conference Of Cigr Hungarian National Committee And The Szent István University, Faculty Of Mechanical Engineering And The Xxxix. R&D Conference Of Hungarian Academy Of Sciences, Committee Of Agricultural And Biosystems Engineering, Gödöllő, Hungary, 4 – 6. November 2019.,* 71–71.
2. Lemmer, Balázs, Sándor Beszédes, Imre Czupy, And Cecilia Hodúr. 2019. "Lignocellulóz Tartalmú Biomassza Biológiai Hasznosítása Mikrohullámú Energiaközléssel Intenzifikált Eljárással." In *Műszaki, Technológiai És Gazdasági Kihívások A 21. Században Című Konferencia,* P28–P28.
3. Lemmer, Balázs, Zoltán Jákói, Dorottya Ördög, Sándor Beszédes, And Cecilia Hodúr. 2019. "Biomassza Alapú Fermentumok Hasznosítása Az Etanolfermentációban Biomass-Based Fermentation Liquids In Ethanol Fermentation." In *25th International Conference On Chemistry = Xxv. Nemzetközi Vegyészkonferencia,* 95–95.
4. Balázs, Lemmer, Szpisják-Gulyás Nikolett, Jákói Zoltán, Bányai Gréta, Beszédes Sándor, And Hodúr Cecilia. 2018. "Enzyme Recovery From Real Fermentation Broth." In *Book Of Abstracts - International Conference On Science, Technology, Engineering And Economy (Icostee 2018),* 61–61.

5. Balázs, Lemmer, Jákói Zoltán, Erdeg Doroca, Beszédes Sándor, Keszthelyi-Szabó Gábor, And Hodúr Cecilia. 2018. "Ethanol From Concentrated Broth." In *2nd International Conference On Biosystems And Food Engineering In Memory Of Professor András Fekete*.
6. Beszédes, Sándor, Balázs Lemmer, Zoltán Jákói, Andrea Vágvölgyi, Gábor Keszthelyi-Szabó, And Cecilia Hodúr. 2018. "Application Of Microwave Treatments And Dielectric Measurements In Wastewater And Sludge Utilization Processes." In *Book Of Abstracts - International Conference On Science, Technology, Engineering And Economy (Icostee 2018)*, 40–40.
7. Lemmer, B., N. Szpisják-Gulyás, D. Ördög, J. Csanádi, And C. Hodúr. 2018. "Szonikáció És Enzimkezelés Hatása A Savófehérjék Biológiai Aktivitására = The Effect Of Proteolysis And Sonication On The Biological Activity Of Whey Protein." In *Xxxvii. Óvári Tudományos Napok "Fenntartható Agrárium És Környezet Az Óvári Akadémia 200 Éve – Múlt, Jelen, Jövő" Összefoglalói*, 199–199.
8. Lemmer, Balázs, Nikolett Szpisják-Gulyás, Zoltán Jákói, Szabolcs Kertész, And Cecilia Hodúr. 2018. "Makardij-Modell Fermentlevek Ultraszűrésénél = Makardij-Model Of Ultrafiltered Fermentation Liquids." In *Xxiv. Nemzetközi Vegyészkonferencia*, 104–104.
9. Balazs, Lemmer, Kertesz Szabolcs, Beszedes Sandor, Laszlo Zsuzsanna, And Hodur Cecilia. 2017. "Enzyme Recovery From Tobacco Fermentation Liquids." In *3rd International Conference On Food And Biosystems Engineering*, 55–55.
10. B, Lemmer, Gulyás N, Beszédes S, László Zs, Keszthelyi-Szabó G, And Hodúr C. 2017. "Ultrasound Assisted Ultrafiltration In Enzyme Separation." In *"Synergy - Engineering, Agriculture And Green Industry Innovation,"* 64–64.
11. B, Lemmer, Jákói Z, Beszédes S, Keszthelyi-Szabó G, And Hodúr C. 2017. "Microwave Enhanced Enzymatic Hydrolysis Of Corncob Residues." In *"Synergy - Engineering, Agriculture And Green Industry Innovation,"* 28–28.
12. Lemmer, Balázs. 2017. "Makardij-Modell Fermentlevek Szűrésénél." In *Műszaki, Technológiai És Gazdasági Kihívások A 21. Században*.
13. Lemmer, Balázs, Nikolett Szpisják-Gulyás, And Cecilia Hodúr. 2017. "Makardij Modell A Membránszeparációnál." In *Xxiii. Nemzetközi Vegyészkonferencia*, 104–104.

14. Balázs, Lemmer, Kerényi Gábor, Kertész Szabolcs, And Hodúr Cecília. 2016.
“Fehérje Elválasztás Ultrahanggal Segített Membránszűréssel.” In *Műszaki Kémiai Napok 2016*, 159–160.
15. Balázs, Lemmer, Paczuk Nikolett, Csanádi József, Szélpál Szilárd, And Hodúr Cecília. 2016. “Separation Of Whey Proteins.” In *International Conference On Science And Technique Based On Applied And Fundamental Research (Icostaf'16)*, 31b.
16. Balázs, Lemmer, Lénárt Petra, Keszthelyi-Szabó Gábor, And Hodúr Cecília. 2016.
“Enzyme Saving By Membrane Techniques.” In *International Conference On Science And Technique Based On Applied And Fundamental Research (Icostaf'16)*, 31a–31a.
17. B., Lemmer, Farkas D., Kerényi G., Beszédes S., László Zs., Keszthelyi-Szabó G., And Hodúr C. 2016. “Ultrasound Assisted Ultrafiltration In Enzyme Separation.” In *Permea - Internatinal Conference On Membrane Processes*, 171–171.
18. Lemmer, B, Sz Kertész, Kerime Ö, Zs László, And C Hodúr. 2016. “Enzimszeeparáció Valós Fermentlé Mátrixból.” In *Xxxvi. Óvári Tudományos Nap*, 62–63.
19. Lemmer, B, S Beszédes, G Keszthelyi-Szabó, And C Hodúr. 2015. “Microwave Pre-Treatment For Biofuels.” In *“Synergy Engineering, Agriculture And Green Industry Innovation,”* 60–60.
20. Lemmer, Balázs. 2013. “Lignocellulóz Tartalmú Hulladékokból Történő Bioetanol Előállítás Intenzifikálása Termikus Előkezelésekkel.” In *Xxxi. Országos Tudományos Diákköri Konferencia Agrártudományi Szekció. Pályaművek Összefoglalói*, 197–197.
21. Lemmer, Balázs 2012. “Lignocellulóz Tartalmú Hulladékokból Történő Bioetanol Előállítás Intenzifikálása Termikus Előkezelésekkel.” In *Xix. Országos Méte Tudományos Diákköri Konferencia*, 89–89.