

XXI. SZÁZADI VÍZGAZDÁLKODÁS A TUDOMÁNYOK METSZÉSPONTJÁBAN

II. Víz tudományi Nemzetközi Konferencia

Konferencia kötet

Szarvas, 2019. március 22.

Kiadó:

Szent István Egyetem Agrár- és Gazdaságtudományi Kar
5540 Szarvas, Szabadság út 1-3.

honlap: www.gk.szie.hu

Felelős kiadó:

Dr. Futó Zoltán

egyetemi docens, Szent István Egyetem Agrár- és Gazdaságtudományi
Karának megbízott dékánja

Rácz Istvánné dr.

főiskolai tanár, szakmai vezető EFOP 3.6.1-16-2016-00016 projekt

Szerkesztette:

Dr. Jakab Gusztáv – Csengeri Erzsébet

A kiadvány megjelenését támogatta:

Az EFOP 3.6.1-16-2016-00016 számú, SZIE Szarvasi Campusának kutatási és képzési profiljának specializálása intelligens szakosodással: mezőgazdasági vízgazdálkodás, hidrokultúrás növénytermesztés, alternatív szántóföldi növénytermesztés, ehhez kapcsolódó precíziós gépkezelés fejlesztése című ESZA által finanszírozott EU projekt.

Nyomda:

Digitális Kalamáris Kiadó és Gyorsnyomda
5540 Szarvas, Fűzfa u. 27.

ISBN 978-963-269-808-3

Szarvas, 2019

A konferencia tudományos és lektori bizottsága:

Rácz Istvánné dr. főiskolai tanár, EFOP szakmai vezető, SZIE AGK Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet

Prof. Dr. Helyes Lajos egyetemi tanár, intézetigazgató, SZIE MKK Kertészeti Intézet

Dr. Skutai Julianna egyetemi docens, SZIE MKK Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Intézet

Dr. Jakab Gusztáv egyetemi docens, mb intézetigazgató, SZIE AGK Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet

Dr. Jakabné Dr. Sándor Zsuzsanna tudományos főmunkatárs, NAIK Halászati Kutató Intézet

Dr. Gombos Béla főiskolai docens, SZIE AGK Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet

Dr. Virág Sándor főiskolai tanár, SZIE AGK Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet

Dr. Mészáros Miklós főiskolai docens, SZIE AGK Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet

Dr. Tirczka Imre egyetemi docens - SZIE MKK Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Intézet

Dr. Centeri Csaba egyetemi docens, intézetigazgató, SZIE MKK Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Intézet

Dr. Bodnár Károly főiskolai tanár, SZIE AGK Agrártudományi és Vidékfejlesztési Intézet

Dr. Egri Zoltán főiskolai docens SZIE AGK Agrártudományi és Vidékfejlesztési Intézet

Dr. Grónás Viktor egyetemi docens, SZIE MKK Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Intézet

MIKROHULLÁMÚ ELŐKEZELÉS ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI A SZENNYVÍZ ÉS ISZAPKEZELÉSI ELJÁRÁSOKBAN

JÁKÓI Zoltán¹ – BERTA Adrienn² – PAPP Viktória³ –
HODÚR Cecilia⁴ – BESZÉDES Sándor⁵

¹ Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kar, jakoiz@mk.u-szeged.hu

² Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kar, berta.adrienn@gmail.com

³ Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar, papp.viktoria@uni-sopron.hu

⁴ Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kar, hodur@mk.u-szeged.hu

⁵ Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kar, beszedes@mk.u-szeged.hu

Bevezetés

A szennyvíz- és iszapkezelési eljárásokban a termikus módszereket gyakran alkalmazzák. Az alkalmazásuk célja lehet például a patogén mikroorganizmusok elpusztítása, a nedvességelvonás hatékonyságának növelése, vagy az iszapok esetében a nehezen lebontható fiziko-kémiai szerkezet előzetes degradációja révén a további hasznosítás – például rothasztás- elősegítése. A hagyományos termikus eljárások alternatívájaként egyre többet foglalkoznak a mikrohullámú kezelések kutatásával, az ezen alapuló módszerek fejlesztésével. A mikrohullámú energiaközlés alkalmazása egyre szélesebb körben terjed az anyagkezelési eljárásokban. A mikrohullámú sugárzás speciális hőkeltési mechanizmusa, és egyes esetekben a nem pusztán termikus hatásokra visszavezethető egyéb hatásai, a hagyományos hőkeltési eljárásokhoz képest hatékonyabbá tehetik. A kutatómunkánk során a mikrohullámú energiaközlés alkalmazhatóságát vizsgáltuk szennyvíz és iszap alapanyagok esetében. A kísérletek elsődleges célja a biológiai lebonthatóságban a mikrohullámú kezelések hatására végbemenő változások vizsgálata volt. A mikrohullámú energiaközlésen alapuló kezelési módszerek hatékonyságát a szakirodalomban, elsősorban a kommunális iszapokra vonatkozóan, már többször vizsgálták. A módszer alkalmazhatóságának komplexebb megítélése esetében azonban fontosak lennének a folytonos anyagáramú kezelőrendszerekben végzett kísérletekből származó tapasztalatok is. Ezért az SZTE Mérnöki Kar Folyamatmérnöki Intézetében folytonos anyagáramú mikrohullámú kezelőrendszert fejlesztettünk, amelyben mind iszap, mind szennyvíz minták vizsgálhatóak. A kutatásunk során a mikrohullámú energiaintenzitásnak és az alapanyag pH-jának hatását vizsgáltuk a szervesanyag vízdoldhatóságában, a biológiailag lebontható formában lévő szervesanyag koncentrációjában és a biogáz termelődésben bekövetkező változásokra.

Irodalmi áttekintés

A nagyobb energiaintenzitású mikrohullámú sugárzás esetében megállapították, hogy az, többek között az egyes komponensek eltérő dielektromos jellemzői miatt (Brodie et al., 2014), alkalmas az iszappelyhek hatékony roncsolására, így a további (pl. biológiai) hasznosítás számára elegendő szerves anyagot juttatva az oldható fázisba (Ahn et al., 2009; Chang et al., 2011), illetve elősegíti a víztelenítési folyamatokat is (Wojciechowska 2005). Anaerob fermentáció esetében a mikrohullámú előkezelés a hidrolízis szakasz felgyorsításával alkalmasnak bizonyult a biogáz kitermelési mutatók,

illetve a fermentáció kinetikai paramétereinek javítására (Tyagi and Lo, 2013). Kuglarz és munkatársai (2013) a kommunális szennyvíziszapot alacsony hőmérsékleten mikrohullámmal kezelve arra a következtetésre jutottak, hogy a hagyományos termikus módszert a mikrohullámú energiaközléssel összehasonlítva a forráspont alatti hőmérséklettartományban a biogáz termelődés és a szerves anyag frakciók oldhatóvá tétele a mikrohullámokkal kezelt minták esetében hatásosabb volt.

Anyag és módszer

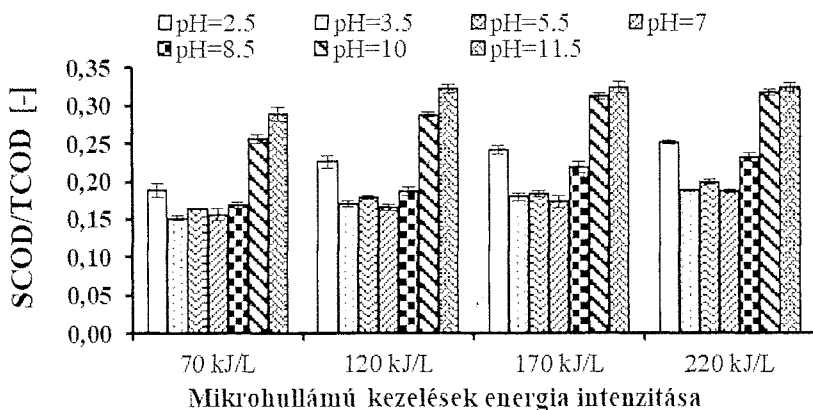
A mikrohullámú kezeléseket egy folytonos anyagáramú kezelő berendezésben végeztük, amelyben a 2450 MHz frekvencián működő magnetron teljesítménye 100-700W tartományban, fokozatmentesen változtatható. Az anyagtovábbításra perisztaltikus szivattyút alkalmaztunk. A kezeléseket energiaintenzitása az aktuális magnetron teljesítmény és a tartózkodási idő szorzataként lett meghatározva. Az alapanyagok pH-ját 5N sósav és 5N nátrium-hidroxid oldattal állítottuk be, közvetlenül a mikrohullámú kezeléseket megelőzően.

A biokémiai oxigénigényt (BOI) 5 napos időtartam alatt, 20°C-on termosztált körülmények között, BOD Seed szelektált mikroorganizmus készítményt (Cole Parmer, USA) alkalmazva, respirometriás mérőrendszerrel (BOD Oxidirect) határoztuk meg.

A kémiai oxigénigényt (KOI, COD) kálium-dikromátos fotometriás gyorseszettel (Hanna) mértük előzetes 120 perces 150°C-os roncsolást követően. A szerves anyagokon belül a vízdoldható (SCOD) formában lévő vegyületek frakcionálására centrifugálást (3000 min⁻¹; 20 perc), majd ezt követően szűrést (0,45 µm pórusméret) alkalmaztunk. A szervesanyag vízdoldhatóságát az oldható/teljes KOI aránnyal (SCOD/TCOD) jellemeztük. A biogáz termelődését laboratóriumi léptékű (reaktortérfogat: 250 mL) 30 napos folyamatosan kevertetett batch mezofil rothasztási tesztekkel vizsgáltuk, nyomásregisztrációs mérőfejek (Oxitop OC) alkalmazásával 37°C-on, termosztált körülmények között. A minták beoltására 10 m/m%-os koncentrációban egy települési szennyvíziszap rothasztóból származó anaerob iszapot használtunk. A rothasztási tesztek előtt valamennyi minta pH-ját egységesen 7,2 értékre állítottuk be.

Eredmények és értékelésük

A kutatási munka első szakaszában az alapanyag pH-jának, valamint a mikrohullámú kezelés energiaintenzitásának hatását vizsgáltuk a szervesanyag vízdoldhatóság jellemzésére szolgáló SCOD/TCOD mutató esetében. A pH-t 2,5-10 tartományban, a kezeléseket mikrohullámú energiaintenzitását 70-220 kJ/L tartományban változtattuk. Az 1. ábra tejipari eredetű szennyvíziszap kezelésére vonatkozó eredményeket mutatja be. A mérési eredményeink alapján megállapítható, hogy a mikrohullámú energiaközlés növelte az iszap szerves anyagainak oldhatóságát. A nem kezelt (kontroll) iszapszáminták kezdeti 0,11-es SCOD/TCOD aránya lúgosított (pH=8,5-10) minták esetében 120-220 kJ/L kezelési energiaintenzitás tartományban legalább 140%-al növekedett (a pH-tól és az energiaintenzitástól függően elérhető tartomány: 0,27-0,31).

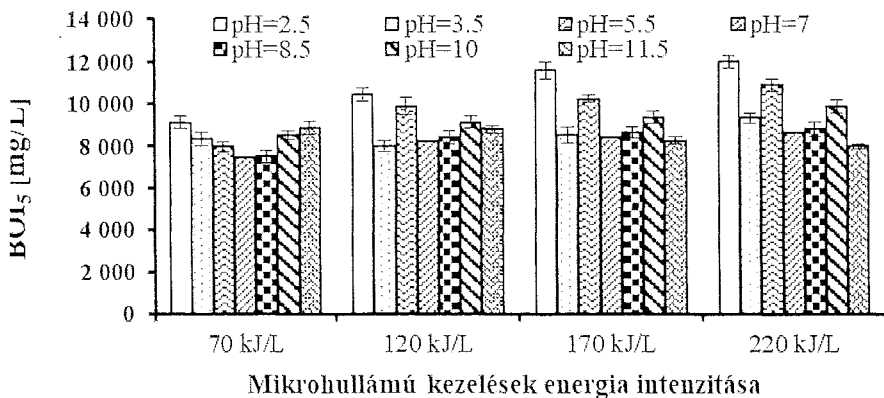


1. ábra. Szervesanyag vízoldhatóság (SCOD/TCOD) változása

re 1. Change of organic matter solubilization (given by SCOD/TCOD; as a function of microwave energy intensity [kJ/L] and pH)

gállapítható volt, hogy az iszapban lévő részecskék dezintegrálódásával összefüggő SCOD/TCOD arány (szervesanyag oldhatósági arány) az alkalmazott energiaintenzitástól függetlenül lúgos kémhatású minták esetében növekedett nagyobb tétekben. Ugyanazon pH-n a mikrohullámú kezelések intenzitásának növelése mind a pH= 2,5-5,5), mind lúgos (pH=8,5-10) kémhatás beállítása mellett fokozta a szervesanyag oldhatósági arány növekedését, a semleges közeli pH-n a mikrohullámú dezintegrálás hatása kevésbé volt kifejezett.

aerob körülmények közötti biológiai lebonthatóság változásának jellemzésére a kémiai oxigénigényt (BOI) határoztuk meg a kezelt minták esetében.



2. ábra. Mikrohullámú kezelések hatása a biokémiai oxigénigényre

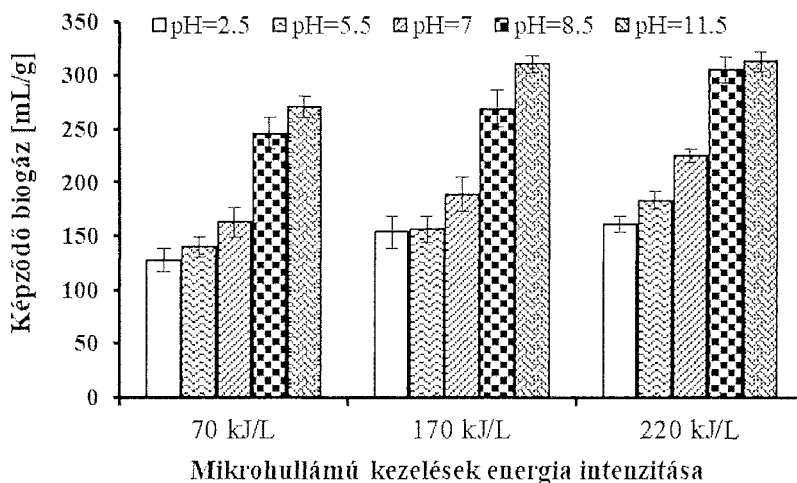
ure 2. Effect of microwave treatment on biochemical oxygen demand (as a function of microwave energy intensity [kJ/L] and pH)

Az eredményeink alapján megállapítható, hogy a mikrohullámú energiaközlés során alkalmazott savas és lúgos kémhatású minták esetében elérhető BOI értékek közötti különbség kisebb, mint amelyet a szervesanyag oldhatósági vizsgálatnál tapasztaltunk.

Azonban a BOI-t tekintve a szervesanyag oldhatóság esetében kapott eredményektől eltérő tendenciát tapasztaltunk: a BOI növekedés mértéke a mikrohullámú kezeléssel kombinált sav adagolás (savas pH elérése), különösen a nagyobb energiaintenzitású (170-220 kJ/L) mikrohullámú kezeléseknél, nagyobbak tekinthető, mint a lúgos kezelések alkalmazása esetén (2. ábra).

A mikrohullámú kezelések hatékonyságát, a szervesanyag oldhatósági mutató és az aerob körülmények közötti biológiai lebonthatóság mértékével összefüggő BOI mellett, az anaerob rothasztási folyamatban keletkező biogáz mennyiségével is jellemeznünk kívántuk.

A kezeletlen minta eredeti biogáz-kitermelési mutatója ($72 \pm 3,2$ mL/g szárazanyag) a mikrohullámú, illetve kombinált mikrohullámú/kémiai előkezelésekkel növelhető volt. Az előkezelések során a lúg adagolás alkalmazása (lúgos pH tartomány elérése) a mikrohullámú energiaközléssel kombinálva a fajlagos biogáz kitermelést 250 mL/g érték fölé növelte (3. ábra).



3. ábra. Mikrohullámú kezelés hatása a biogáztermelésre

Figure 3. Effect of microwave treatment on biogas production (as a function of microwave energy intensity [kJ/L] and pH)

A kezelési energiaintenzitás növelése elsősorban a savas és semleges pH-ra beállított minták esetében tudta fokozni a biogáz képződését. A 8,5-ös pH alkalmazásakor a mikrohullámú energiaintenzitás 170 kJ/l-ről 220 kJ/L értékre növelése nem indokolható, mivel további biogáz növekmény már nem volt tapasztalható.

Továbbá, a mikrohullámú kezeléseknél a legnagyobb (220 kJ/L) energiaintenzitás alkalmazásánál a pH 8,5-ről 11,5 értékre növelése további biogáztermelődési növekményt már nem okozott. A lúg adagolással, annak egy határon belüli növelésével, a kezelések energiaszükséglete csökkenthető, illetve a mikrohullámú energiaintenzitás növelésével a lúg adagolási koncentrációja csökkenthető; a további hasznosítás módjának és céljának függvényében.

Következtetések

A kísérleti eredményeink alapján megállapítható, hogy a folytonos anyagáramú mikrohullámú energiaközlés alkalmas nemcsak a kommunális eredetű másodlagos iszap, hanem az élelmiszeripari primer iszap biológiai lebonthatóságának növelésére is. Az iszapban lévő szerves anyagok vízdoldhatóságának növelésére elsősorban a mikrohullámú energiaközléssel kombinált lúgos módszerek tekinthetők hatékonyak, a szubsztrát vízdoldhatóságának növekedése a kezelést követő anaerob fermentációban a biogáz képződés fokozódását eredményezte.

A mikrohullámú-savas kezelések elsősorban a rövidebb időtartamú aerob biológiai lebonthatóság növelésére alkalmasak.

Összefoglalás

A kutatásunk során a folytonos anyagáramú mikrohullámú kezelések hatékonyságát vizsgáltuk, a biológiai lebonthatóság változása szempontjából. Az aerob biológiai lebonthatóságot a biokémiai oxigénigény változásával, az anaerob lebonthatóságot a rothasztási folyamatban keletkező biogáz mennyiségével jellemeztük.

A mikrohullámú kezelések esetében vizsgáltuk az iszap kémhatásának, illetve a mikrohullámú energiaintenzitás változtatásnak a biológiai lebonthatóságra gyakorolt hatásait.

A kísérleti eredményeink alapján összefoglalóan megállapítható, hogy a mikrohullámú energiaközlés, folytonos anyagáramú kezelőrendszer alkalmazása esetén is, az alkalmazott energiaintenzitástól és pH-tól függő mértékben, alkalmas a szervesanyag oldhatóság, továbbá mind az aerob, mind az anaerob körülmények közötti biológiai lebonthatóság fokozására.

Kulcsszavak: mikrohullám, szennyvíz, iszap, biológiai lebonthatóság

Köszönetnyilvánítás

A kutatómunka a „Fenntartható Nyersanyag-gazdálkodási Tematikus Hálózat – RING 2017” című, EFOP-3.6.2-16-2017-00010 jelű projekt részeként a Szechenyi 2020 program keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

A kutatási munkát továbbá az NKFI K115691 projekt támogatta.

Irodalom

- Ahn J.H. - Shin S.G - Hwang S. 2009. Effect of microwave irradiation on the disintegration and acidogenesis of municipal secondary sludge, *Chemical Engineering Journal*. 153: 145-150.
- Brodie G. - Destefani R. - Schneider P.A. - Airey L. - Jacob M.V. 2014. Dielectric properties of sewage biosolids: measurement and modeling. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*. 48.3:147-157.
- Chang C.J. - Tyagi V.K. - Lo S.L. 2011. Effects of microwave and alkali induced pretreatment on sludge solubilization and subsequent aerobic digestion, *Bioresource Technology*. 102:7633-7640.
- Kuglarz M. - Karakashev D. - Angelidaki I. 2013. Microwave and thermal pretreatment as methods for increasing the biogas potential of secondary sludge. *Bioresource Technology*. 134:290-297.
- Tyagi, V.K. - Lo S.L. 2013. Sludge: A waste or renewable source for energy and resources recovery?, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 25:708-728.
- Wojciechowska E 2005. Application of microwaves for sewage sludge conditioning. *Water Resource*. 39.19:4749-4754.

Applicability of microwave irradiation for wastewater and sludge processing

Abstract

In our research work, the applicability of continuously flow microwave treatment for enhanced biodegradability of wastewater and sludge was studied. Effect of microwave energy intensity and pH of processed material on biodegradability indicators was investigated. Aerobic and anaerobic biodegradability was characterized by biochemical oxygen demand, and biogas produced in anaerobic digestion process, respectively.

Our results show, that microwave treatments, applied as solely treatments, were suitable to increase the organic matter solubility and aerobic and anaerobic biodegradability, as well. Combination of microwave irradiation with chemical (acid or alkali) dosage was suitable to further increase the efficiency of microwave process. Microwave/acidic treatment enhance the aerobic biodegradability in larger extent, than that of obtained for microwave/alkaline process. Considering the longer time demanded anaerobic digestion process, it can be concluded that microwave/alkaline pre-treatment has been proved suitable to increase the biogas yield. Microwave treatment with energy intensity range of 170-220 kJ/L for wastewater sludge sample with pH adjusted to 1.5 increased the biogas yield from 72 mL/g to 300 mL/g.

Keywords: microwave, wastewater, sludge, biodegradability