

Válasz
Biacs Péter
a kémiai tudomány doktora
Opponensi bírálatára

Köszönöm, és megtiszteltetésnek tartom, hogy Biacs Péter Professzor Úr elvállalta értekezésem bírálatát. Külön köszönöm, hogy az értekezésemben közölt eredményeket kimagaslónak ítélte, mind az elméleti (modellezési) munkában, mind a gyakorlati alkalmazásban. Köszönöm az irodalmi háttérrel rögzített megjegyzését: „....a 3. fejezetet (Irodalmi háttér) tulajdonképpen egy kitűnően szerkesztett és összefogott monográfiának tekinthetjük, melyet a Szerző később akár külön is publikálhat”. Köszönöm, hogy elismerően szólt a publikációimon keresztül is megjelenő nemzetközi kapcsolataimról („...elsősorban többszerzős művekben, mely a Szerző kiterjedt hazai és nemzetközi tevékenységét is bizonyítja”).

Ide tartozik azon észrevétel is, miszerint:

„Az értekezés szűkebb szakterületéről (membránszűrés, mikrohullámú hőkezelés) magyar nyelven megjelent cikkekre hivatkozások azonban rendkívül hiányzanak. „

Az irodalmi listán szereplő 196 közleményből 25 magyar szerzők által íródott, ebből valóban mindösszesen csak 12 a magyar nyelvű. Itt jegyzem meg, azt is hogy a 2009 januárjában indult Desalination and Water Treatment folyóirat az induláskor természetesen nem kapott még impakt faktor értéket, ezt csak a 2010 évtől nyerte el, így a 2009-ben ott közölt publikációk még nem számítanak impakt faktoros közleményeknek.

„ A Szerző mikrohullámú kezeléssel kapcsolatos publikációiban a következő angol nyelvű kifejezéseket olvastam: microwave associated (SP 22 és SP 23), microwave pretreatment (SP 26, SP 29 és SP 28), microwave irradiation (SP 27 és SP 28), valamint microwave conditioning (SP 30). Van ezekre megfelelő magyar kifejezés, mellyel az eljárások szétválaszthatók, egymástól megkülönböztethetők?”

Professzor Úr által kérdezett magyar nyelvű kifejezések természetesen léteznek, magyar nyelvű publikációimban ezeket használom: microwave associated....- mikrohullámmal (össze)kapcsolt művelet, pl. a mikrohullámú energiaközléssel végrehajtott extrakció. Microwave pretreatment – mikrohullámú előkezelés, mely a fő művelet hatékonyságát hivatott megnövelni, pl. anaerob fermentációt megelőző mikrohullámú kezelés. Microwave irradiation: mikrohullámú besugárzás, vagy mikrohullámú energiaközlés. Microwave conditioning: mikrohullámú kondicionálás, alacsony fajlagos energiaszinten végrehajtott mikrohullámú kezelés.

A dolgozatom címében szereplő új irányok kifejezéssel arra kívántam utalni, hogy a külön-külön már jól ismert műveleteket és eljárásokat, hogyan lehet kombinálni más eljárásokkal annak érdekében, hogy hatékonyabbá tegyük azokat.

Biacs Péter Professzor Úr kérdéseire az alábbiakban szeretnék válaszolni.

1. kérdés: Az enzimmészítmények alkalmazásánál a hőmérséklet emelése milyen hatással volt az enzimek aktivitására?

A kísérleteknél alkalmazott enzimek a kereskedelmi forgalomból származó, célzottan cellulóz, ill. pektinbontáshoz összeállított enzim komplexek voltak. Ezért, hiszen mindegyik enzimnek eltérő a hőmérsékleti optimum értéke, kiindulásként a csomagoláson feltüntetett hőmérsékletet (45°C) tekintettük optimálisnak. Az ettől eltérő hőmérsékletek alkalmazásával arra voltunk kíváncsiak, mekkora tűrést enged az enzim, ill. mekkora időintervallummal lehet kiegyensúlyozni a kedvezőtlenebb lebontási hőmérséklet hatását, elsősorban, ipari energetikai megfontolásokból vezérelve. A kísérleteink elsődleges célja a membrán szeparációra kifejtett hatások vizsgálata volt, így részletes enzim kinetikai vizsgálatokat nem folytattunk.

2. Az értekezés 113. oldalán a IX. mellékletben egymás alatt ábrázolt a) tejipari és b) húsipari szennyvizek esetén a kontrol és a kisebb energiaszintek egymástól erősen eltérnek, míg a nagyobb energiaközlésnél közel megegyeznek.

Kérdés: Minek tulajdonítja ezeket a kezdetben eltérő értékeket, majd az energia bevitel nagymértékű növelésekor egymáshoz jobban közelítő mérési eredményeket?

A különbség egyértelműen a kétféle iszap összetételére visszavezethető iszapszerkezeti különbségből adódik.

A tejipari iszapban a savófehérjék, valamint a hőkezelés és alvasztás során koagulálódott, ill. részlegesen koagulálódott fehérjék, a jelentős ion- és detergens tartalom, az erőteljesebb fertőtlenítőszer koncentráció, kompaktabb, nehezebben oldódó, a mikroorganizmusok számára nehezebben hozzáférhető iszapszerkezetet – extracelluláris polimer matrix (EPS) – eredményez. Az élelmiszeripari szennyvizek és iszapok magas szerves anyag tartalma ellenére tapasztalható alacsony hatásfokú biológiai hasznosíthatóság a szakirodalomban jól ismert tény is erre a szerkezeti zártagra vezethető vissza (Bohdziewicz J., Sroka E. Application of hybrid systems to the treatment of meat industry wastewater. *Desalination*, 198, 2006, 33-40). A mikrohullámú energiabevitel során a közölt energia az EPS roncsolására fordítódik, majd a sejtfalak felbomlása, valamint a fehérjék (részleges) hidrolízise következik be. Ezt a hatást több kutató az ammónia-nitrogén koncentrációjának vizes fázisban történő nyomon követésével bizonyította (Eskicioglu C., Terzian N, Kennedy K.J., Droste L.R., Hamoda M. Athermal microwave effects for enhancing digestibility of waste activated sludge. *Water Research* 41, 2007, 2457-2466 et al., 2007; Kuglarz M., Karakashev D., Angelidaki I. Microwave and thermal pretreatment as methods for increasing the biogas potential of secondary sludge. *Bioresource Technology* 134, 2013, 290-297 et al., 2013).

A mikrohullámú energiaközlésen alapuló iszap előkezelések során más kutatók (Appels L., Houtmeyers S., Dereve J., Van Impe J., Dewil R. Influence of microwave pre-treatment on sludge solubilization and pilot scale semi-continuous anaerobic digestion. *Bioresource Technology* 128, 2013, 598-603., Yu Q., Lei H., Yu G., Feng X., Li Z., Wu Z. Influence of microwave irradiation on sludge dewaterability. *Chemical Engineering Journal* 155, 2009, 88-93) a szervesanyag frakción belül mind a szénhidrátfrakciók, mind a

fehérjék és lipidek oldhatóságának növekedését írják le. Az iszap típusától és a kezelési körülményektől függően az egyes vegyületcsoportok oldhatósági növekménye eltérhet egymástól.

Ahogy dolgozatomban 4. táblázatában látható, az iszapok kezdeti összetétele elérő, különösen az oldható és a teljes kémiai oxigénigény, valamint a biokémiai- (biológiai-) és oldható kémiai oxigénigény viszonyában. A tejipari iszap szerves anyagainak vízdoldhatósága lényegesen alacsonyabb (kb. 9,5%) a húsipari iszaphoz viszonyítva (kb. 29%).

4. táblázat: Tejipari és húsipari eredetű szennyvíziszapok tulajdonságai

	Tejipari szennyvíziszap	Húsipari
Szárazanyagtartalom (m/m%)	25,30±7,21	27,24±1,80
Teljes kémiai oxigénigény (kgm ⁻³)	398,52±7,21	478,38±6,60
Szénelapú kémiai oxigénigény (kgm ⁻³)	25,55±5,84	27,09±3,78
Oldható kémiai oxigénigény (kgm ⁻³)	38,44±6,03	39,27±2,40
Oldható/teljes kémiai oxigénigény (%)	9,66±1,21	29,94±1,67
Szénelapú/teljes kémiai oxigénigény (%)	6,39±1,54	7,31±1,66
Biológiai oxigénigény/oldható kémiai o.i. (%)	6,39±1,54	23,53±2,87

Az iszapszerkezet tehát lassítja a szénhidrátok és fehérjék mikrobiális lebontását, ám az alacsony fajlagos teljesítményszinten végrehajtott mikrohullámú kezelés következtében bekövetkező szerkezet roncsolódás következtében felszabaduló komponensek és azok részleges hidrolízisük miatt, a fajlagosan képződő biogáz térfogata növekszik, és még a metántermelési folyamatokban a szubsztrát hozzáférést is felgyorsítják. A lipidek sejtmembránokból való felszabadulása, azok magas fajlagos elméleti biogázkihozatali mutatója miatt, elsősorban nem a lebontási folyamatok időszükségletére, hanem a kitermelési mutatókra vannak hatással.

A húsipari eredetű iszapok esetében összességében tehát megállapítható, hogy a tejipari iszaphoz hasonlóan, a mikrohullámú kezelések a hagyományos termikus kezelésekhez képest nagyobb mértékben növelik a szerves anyagok vízdoldhatóságát, azonban a mikrohullámú eljárás következtében, a kezeletlen iszaphoz viszonyított növekmény mértéke a húsipari iszapok magasabb kezdeti szerves anyag tartalmának ellenére - az alacsonyabb detergens és ionkoncentráció miatt - a tejipari iszaphoz képest alacsonyabb a kisebb fajlagos teljesítményszintek esetében.

Köszönöm, hogy Biacs Péter Professzor Úr értekezésem új tudományos eredményeit az MTA doktora cím megszerzéséhez alkalmasnak tartja és javasolja a nyilvános védés kitűzését.

Szeged, 2014. augusztus 7.

Hodúr Cecilia