

Válasz

Németh Jenő

a kémiai tudomány doktora

Opponensi bírálatára

Őszintén köszönöm, hogy Németh Jenő Professzor úr vállalta értekezésem bírálatát. Köszönöm véleményét, hogy az értekezésem bizonyítottan új tudományos eredményeket tartalmaz és hozzájárul a tudomány továbbfejlődéséhez, valamint nyilvános vitára bocsátását javasolta.

Megtisztelő számomra, hogy Professzor Úr nem csak értékelte munkámat, hanem sok esetben tovább is gondolta a vázolt problémákat, az adott megoldásokat, és újabb lehetséges, érdekes, értékes javaslatokat tett.

Egy ilyen átgondolandó és értékes javaslat például: „a fluxus növelhető, ha a membrán felszínével párhuzamos közegáramlás iránya az időben periodikusan az ellenkezőre változik.”

A szakirodalom és az ipari gyakorlat is jól ismeri és alkalmazza a ún. „back flash”, azaz visszamosási technikát, ahol a permeátum áramlási irányát fordítják meg, de a membrántechnika gyakorlatában még sehol sem találkoztam azzal a megoldással, hogy a betáplálási áram irányának váltakozásával érnék el a kívánt eredményt. Feltétlenül meg fogom próbálni ezt az elrendezést, és legegyszerűbben a csőköteges membránmodullal rendelkező berendezésünkénél lesz ez majd kivitelezhető.

Egy másik, igen figyelemre méltó javaslat: „Az említett előnyös tulajdonságok miatt – szerintem – az ózonos előkezelés mellett vagy helyett (!) az UV/O₃ és UV/H₂O₂ oxidációs rendszerek további alternatív eljárásokat jelenthetnek.” Ezt már akár teljesítettnek is tekinthetjük, mert laboratóriumunk nagyhatékonyságú oxidációkkal foglalkozó kutatócsoportja ezeket a rendszereket is vizsgálta különböző eredetű szennyvizek és egyéb élelmiszerek kémiai oxigénigény, biokémiai oxigénigény értékének csökkentésére, mikrobaszám csökkentésére vagy éppen a szín javításra, ám ezek a kutatások értelemszerűen nem érintik értekezésem témáját.

A szerkesztésbeli pontatlanságaimat jogosan kifogásolja Professzor Úr. Elfogadom Professzor Úr megállapítását, hogy a jelmagyarázatból kimaradt jelölések és rövidítések ténye akkor is zavaró, ha az összefüggést követő szövegben szerepelnek a jelölések feloldásai. A DDS berendezés elmaradt típus jelölése LAB20. Gauss nevének helytelen írása, úgyszintén figyelmetlenségből ered.

„A két határréteg vastagságát helytelen egyazon δ -val jelölni.... Az anyagátadási film vastagságának a számítására nincs általános érvényű kifejezés, csak kísérleteken alapuló ún. kritériális egyenletek használhatók. Az értekezésben taglalt filmmodell feltételezi továbbá, hogy a film foglalja magába az anyagátvitel teljes ellenállását. A tapasztalat alapján ez azonban csak közelítőleg igaz, lásd a Fonyó – Fábry-féle tankönyv 561-562 oldalait /Vegyipari művelettani

alapismeretek, Nemzeti Tankönykiadó, Budapest, 1998/. A valóságban a difúziós anyagátadási tényező, a jD nem lineárisan arányos az effektív diffúziós tényezővel, hanem a $2/3$ hatvány szerint változik. Ezért a (9) – (14) összefüggések csak közelítőleg igazak.”

Professzor Úrral egyetérték az áramlási és anyagátadási határrétegekkel kapcsolatos észrevételeiben, és valóban helytelen egyazon δ -val jelölni azokat, hiszen jelentősen különböznek egymástól. Aa (9)-(14) összefüggések valóban csak közelítőleg igazak, de mind a szakmai, mind a tudományos gyakorlat elfogadja és alkalmazza ezt a megközelítést, ezért alkalmaztam én is ezeket az összefüggéseket számításaim során.

(C.A. Romero, R.H. Davis, Experimental verification of the shear-induced hydrodynamic diffusion model of cross flow microfiltration, J. Membr. Sci., 62 (1991), p. 249

Y. Lee, M.M. Clark, Modeling of flux decline during cross flow ultrafiltration of colloidal suspensions, J. Membr. Sci., 149 (1998), p. 18

I.H. Huisman, C. Tragardh, Particle transport in cross flow microfiltration. I. Effects of hydrodynamics and diffusion, Chem. Eng. Sci., 54 (1999), p. 271

A. Ould-Driss, M.Y. Jaffrin, D. Si-Hassen, Y. Négaz, Effect of cake thickness and particle polydispersity on prediction of permeate flux in microfiltration of particulate suspensions by a hydrodynamic diffusion model, J. Membr. Sci., 164 (2000), p. 211

W.R. Bowen, P.M. Williams, Prediction of the rate of cross-flow ultrafiltration of colloids with concentration-dependent diffusion coefficient and viscosity—theory and experiment, Chem. Eng. Sci., 56 (2001), p. 3083

Atra, R., Vatai, G., Bekassy-Molnar, E., & Balint, A. (2005) Investigation of ultra- and nanofiltration for utilization of whey protein and lactose. Journal of Food Engineering, 67(3), 325–332.

Balint, A., & Okos, M. R. (1995). Computer aided design in whey processing, periodica polytechnica. Chemical Engineer, 39, 119-128)

„ Az anyag, az ózon mellett többször is megemlíti a hidroxil gyököt, ami akkor képződik, amikor az ózon vízzel érintkezik. A futólagos említések mellett, szerintem, a hidroxil gyököt generáló nagyhatékonyságú oxidációs eljárások több figyelmet érdemeltek volna.”

Igen, valóban a hidroxil gyökök mind redox potenciáljuk, mind reakció sebességi állandójuk okán nagy figyelmet érdemelnek. Intézetünkben az utóbbi időben indultak olyan kutatások, melyek ezeket a vizsgálatokat célozzák. Disszertációmban, csak azokat az adatokat, tudományos közleményekben közölt módszereket használtam fel, amelyek közvetlenül a membránszeparáció és az nagyhatékonyságú oxidációs eljárások kapcsolatára vonatkoznak. Ezen belül pedig azért választottam az ózonos előkezeléseket, mert, egyrészt a sebesség állandók valóban jóval nagyobbak a hidroxilgyök esetén, ugyanakkor a hidroxilgyök koncentrációja több nagyságrenddel kisebb, mint az ózoné, így összességében a reakciósebességben kisebbek az eltérések (Zoschke, Kristin; Börnick, Hilmar; Worch, Eckhard. Review: Vacuum-UV radiation at 185 nm in water treatment – A review, *Water Research*. 2014, 52:131-145, Antonopoulou, M.; Giannakas, A.; Deligiannakis, Y.; Konstantinou, I. Kinetic and mechanistic investigation of photocatalytic degradation of the N,N-diethyl-m-toluamide *Chemical Engineering Journal*. 2013 231:314-325). Másrészt, a szűrési hatékonyság javításának okán, nem csak az ózon oxidáló hatását szerettem volna kihasználni, hanem az ózon flokkuláló hatását is, amire nézve a hidroxilgyök nem elég hatékony.

„A 4.ábra szerint a mikrohullámú fűtés λ hullámhosszája a 10^{-2} – 10^{-3} m tartományt fedi le. Ugyanakkor az értekezés 105.oldalán hivatkozott Metaxas A.C. – Meredith E.M.: Industrial Microwave Heating (1993) könyv 2.oldali Fig.1.1 szerint a vonatkozó hullámhosszúság: 10^0 – 10^{-2} m. Melyik tartomány a helyes? A (37) egyenlet elírása is javítandó.”

Az ábrán látható kép az elektromágneses spektrum teljes tartományát mutatja be, elhelyezve benne a mikrohullám frekvencia tartományát. Mivel az ábra túl nagy tartományt jelöl, így a felbontása ennél fogva elnagyolt, nem adja meg elég pontosan az egyes tartományok határait, inkább csak egymáshoz viszonyított helyzetüket mutatja be.

A szöveges részben szereplő hivatkozás azonban, már egy tudományos mű, igaz, ipari alkalmazásokra fókuszál, de az ott megadott tartomány, különösen az ipari alkalmazásoknál gyakori hőkezelés gyakorlatára nézve teljes mértékben helytálló: 1m – 1cm között jelöli meg a hullámhossz tartományt.

Professzor Úrnak teljes mértékben igaza van abban, hogy tisztázásra szorul melyik tartomány a helyes. A tanulmányozott szakirodalmak alapján, ahogy az eddigi példák is mutatták, eléggé nagy szórás tapasztalható az intervallum megadásában, attól függően, hogy az adott kutató milyen célra használja fel a mikrohullámú sugárzást, hiszen azt a navigációs rendszerekben, a radar és híradástechnika széles körében, telekommunikációban is alkalmazzák éppen úgy, mint hőkezelésre, orvosi diagnosztikára, mikrobaszám csökkentésre (termikus és nem-termikus hatását egyaránt kihasználva), szerves kémiai szintézisekre.

A Nemzetközi Telekommunikációs Szövetség az esetleges interferenciák elkerülése céljából az ipari-, tudományos és az orvosi alkalmazások számára az ún. ISM frekvenciasávokat jelölte ki, amelyek közül két frekvencia használata, a 915 ± 15 MHz, és a 2450 ± 50 MHz engedélyezett ipari vagy háztartási felmelegítési feladatoknál. (Nelson et al., 2010: Permittivity of fresh fruits and vegetables, J.of MW Power, 29,1994, 81-93)

Ha a frekvencia és a hullámhossz között érvényes általános összefüggést tekintjük,

$\lambda = \frac{v}{f}$ [m] és amennyiben az elektromágneses hullámok légtérben való terjedési sebességét $v_0 = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$ értéknek vesszük, akkor a 2450 MHz frekvenciához tartozó hullámhossz: 12,24 cm, míg a 915 MHz –hez 32.79 cm. Talán ezért adja meg R. Colin a Foundations for Microwave Engineering könyvében (IEEE Press, 2001) a 10^{-2} – 10^0 m, mint mérettartományt. Ám több kutató a mikrohullám spektrumát a 300 Mhz és 300 GHz közé rendelve a 1m és 1mm közé érvényesítve adja meg a hullámhossz tartományát (Bamik et al., 2003, Bioresource Techn. 87, 2, Pozar et al., 1993 Microwave Eng. Addison-Wesley Publishing Co.).

Mindezeket összevetve számomra teljesen egyértelmű és elfogadható Almássy: Mikrohullámú mérőműszerek és mérések (Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1964) c. könyvének 380. oldalán szereplő definíció, melyet dolgozatomban is említék: „ A mikrohullámú sugárzás az elektromágneses spektrum azon tartománya, amelynek frekvenciája 300 MHz és 300 GHz, illetve hullámhossza 10^6 és 10^9 nm között van.”

A behatolási mélység nagyságát meghatározó összefüggés pedig javítva a következő:

$$d = \frac{1}{2\alpha} = \frac{\lambda}{2\pi} \sqrt{\frac{\varepsilon'}{\varepsilon''}} = \frac{c}{2\pi f} \frac{1}{\tan \delta}$$

„...az elméleti megfontolások közül miért maradt ki a viszkozitás kérdésköre?”

A szűrést meghatározó paraméterek közül a viszkozitásnak is jelentős szerepe van, ahogy azt Darcy törvénye kifejti. A membránszűrési eljárások közül a mikroszűrés az az eljárás, melynél Darcy törvényét szinte érvényességi intervallum megadása nélkül érvényesíthetjük. Az ultraszűrésnél azonban már a kritikus nyomás, (a kritikus térfogatáram-sűrűség) elérését követően egyértelműen a nyomáskülönbség helyett a (turbulens) diffúziós együttható a meghatározó, és a kritikus nyomásérték alatti szakaszban is csak a kezdeti szakasznál beszélhetünk lineáris összefüggésről a nyomás és a fluxus értéke között. Nanoszűrés és reverz ozmózis esetében pedig, különösen pórusmentes membránok alkalmazásánál, a viszkozitásnak a permeációban betöltött befolyásoló, meghatározó szerepét elfedik, túlhaladják más hatások.

Valószínű ez az oka, hogy a membránszűrést kutatók köre nem helyez jelentős hangsúlyt külön a viszkozitás, mint meghatározó paraméter vizsgálatára, inkább a hőmérséklet változtatásának hatását követik nyomon, mint a viszkozításra is befolyásoló jelentőséggel bíró paramétert. (W.R. Bowen, F. Jenner, Theoretical descriptions of membrane filtration of colloids and fine particles: an assessment and review, *Adv. Colloid Interface Sci.*, 56 (1995), p. 141, Saroj K. Giri, Shukadev Mangaraj. Soymilk concentration by ultrafiltration: effects of pore size and transmembrane pressure on filtration performance. *International Journal of Food Science & Technology*. Vol. 49 (3), 2014. 666–672. Vinther, Frank; Pinelo, Manuel; Brøns, Morten; Jonsson, Gunnar; Meyer, Anne S. Mathematical modelling of dextran filtration through hollow fibre membranes. *Separation & Purification Technology*. Apr2014, Vol. 125, p21-36. 16p Idogawa, S., Ito, K., Fujii, T.. Filtration behavior during soymilk separation process. *Food Science and Technology Research*. Vol. 19 (6), 2013. 1071–1075)

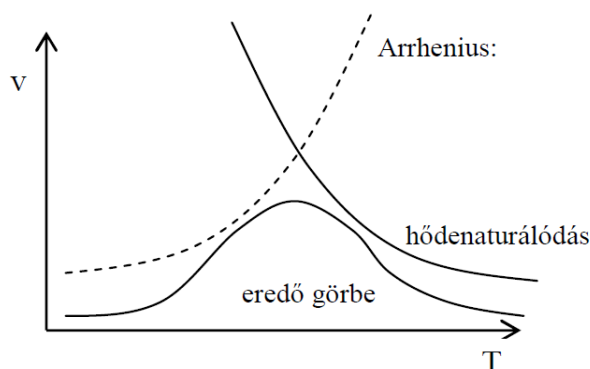
A biológiai rendszerek szeparációjánál a hőmérsékletet csak egy viszonylag szűk intervallumon belül lehet változtatni a rendszer jellemzőinek, biológiai komponenseinek maradandó változtatása nélkül, ezért elfogadott gyakorlat, hogy a hőmérsékleti értékeket a lehetséges maximum érték közelében állítják be a kísérleteknél, ill. csak szűk intervallumon belül változtatják a kísérletterveknél, ahogy tettem ezt én is. Az értekezés 2. táblázatánál a dinamikai viszkozitás feltüntetésének szerepe sokkal inkább a pektin enzimes lebontása mértékének kifejezését szolgálja, mintsem annak szűrésre gyakorolt hatását.

„...a hőmérséklet hatása a fluxus értékére lényegesen nagyobb, mint az enzim mennyiségének a változtatása. Ilyen általánosan megfogalmazott kijelentés szerintem nem tehető, két okból sem. Egyrészt a megállapítás csak egyetlen, szobahőmérséklettől eltérő /45°C/ hőmérsékletű mérésen alapszik, másrészt nem tisztázott az enzimbontás mechanizmusa a hőmérséklet függvényében. A 49. oldalon ugyanis csak kvalitatív megállapítás szerepel erről, miszerint „A

magasabb hőmérsékleten végzett enzimbontás gyorsabban megy végbe,” és „esetleg monomerekig is lejátszódik”, ami a nagyobb fluxus értékének a rohamos csökkenését idézheti elő.”

A megfogalmazás valóban nem eléggé egyértelmű. Az enzimbontás a szeparációt megelőzően történt különböző hőmérsékleteken (6°C – 55°C), különböző időtartamok (3 óra – 4 nap) és különböző kereskedelmi forgalomban beszerezhető enzim mennyiségek ($150\text{ cm}^3/100\text{ kg}$ – $250\text{ cm}^3/100\text{ kg}$) mellett, A szeparációs hőmérséklet intervallum az értekezésben közreadott ábrán 25 és 45°C . De természetesen a közlemény születéséhez és azt megelőzően is több, eltérő hőmérsékleteken lefolytatott mérés is történt, és ezek, az értekezésben nem szereplő adatok vezettek ehhez a tömör mondathoz. Az enzimbontás hőmérséklet-függésének vizsgálatát valóban nem végeztük el, hiszen itt, mint általában a kémiai reakcióknál, úgy az enzimek által katalizált reakcióknál is a hőmérséklet növelésével – az Arrhenius összefüggésnek megfelelően - nő a reakció sebessége.

Az enzimek azonban fehérjék, amelyek nagyobb hőmérsékleten fokozatosan és irreverzibilisen denaturálódnak, így az enzim reakciókra az jellemző, hogy a hőmérséklet növelése kezdetben a reakciósebesség növekedését, egy ponton túl azonban annak gyors csökkenését eredményezi. Ha tehát az enzim reakció sebességét és a hőmérséklet kapcsolatát ábrázoljuk, akkor a két hatás eredőjeként egy hőmérséklet optimumot észlelünk. Ez az optimum elsősorban az enzim természetétől, de kisebb mértékben a kísérleti körülményektől is függ.



A két hatás eredőjeként kialakuló optimum érték specifikus, alapvetően az enzimek határozzák meg. A 45°C a gyártó által megadott enzim optimum hőmérsékleti érték, és 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.

Mindezeket egybevetve elfogadom Opponensem kritikáját. Ahogy azt Professzor Úr később az 1. tézispont kapcsán megállapítja: „... az 1. tételben az utolsó mondat elhagyását javasolom.” - a javaslatot elfogadom, ugyanis a tétel e kiegészítés nélkül is megállja a helyét.

„A válasz-felület elemző módszerrel kapott (43) és (44) összefüggések azonban csak a vizsgált tartományra igazak, az egyértelműség kedvéért ezért az egyenletek mellett az érvényességi tartomány beazonosítását is fel kellene tüntetni. Ugyanez érvényes az (50), (52) és (53) kifejezésekre is. Az értekezésben

nem találtam utalást arra, hogy a számított optimumok kísérleti ellenőrzése megtörtént-e, és ha igen, mi volt az eredmény..... Az 50, 52 és 54 oldalakon közölt MPa értékek nem konformok az 51.oldali szöveg és a 21.ábra nyomás adataival.”

A kapott összefüggések egyértelműen csak a vizsgálati tartományra igazak. A vizsgálati tartományokat „faktor értékeként” meg is adom a fejezet indításánál, de kétségtelen tény, hogy a pontosság megkívánja a nyert összefüggések érvényességi tartományának leírását is:

$$J_p = 71,02 + 8,25p + 0,56q_{rec} + 2,71t - 4,98p^2 \quad (43)$$

$$R_t = 2,90 \cdot 10^{14} + 2,98 \cdot 10^{13}p - 3,65 \cdot 10^{12}q_{rec} - 3,95 \cdot 10^{12}t + 3,10 \cdot 10^{10}p^2 \quad (44)$$

amennyiben $0,25 \text{ MPa} < \Delta p < 0,45 \text{ MPa}$; $600 \text{ dm}^3\text{m}^{-2}\text{h}^{-1} < q_{rec} < 1000 \text{ dm}^3\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$; $30 \text{ }^\circ\text{C} < t < 40 \text{ }^\circ\text{C}$.

A fenti megfontolások alapján az (50), (52) és (53) kifejezések pontos leírása:

$$\Delta S_{OM} = 0,8085 + 0,301x_1 + 0,14x_2 + 0,0706x_1 \cdot x_2 - 0,237x_1^2 - 0,036x_2^2 \quad (50)$$

amennyiben $1,5 \text{ Wg}^{-1} < \text{MWPL} < 5,5 \text{ Wg}^{-1}$; $200 \text{ kJg}^{-1} < \text{IMWE} < 1000 \text{ kJg}^{-1}$

$$\Delta E = 326.12 - 27.29X_1 - 237.74X_2 - 4.017X_1^2 - 470.79X_2^2 - 385.9X_1X_2 \quad [J] \quad (52)$$

érvényességi tartomány $1,5 \text{ Wg}^{-1} < \text{MWPL} < 5,5 \text{ Wg}^{-1}$; $200 \text{ kJg}^{-1} < \text{IMWE} < 1000 \text{ kJg}^{-1}$

$$Y = 18,71 + 2,99X_1 - 0,61X_2 - 0,73X_3 + 2,15X_4 - 2,19X_1X_4 + 0,83X_3X_4 \quad (53)$$

érvényességi tartomány $200 \text{ W} < \text{MWP} < 700 \text{ W}$; $0 \text{ min} < \text{idő} < 30 \text{ min}$

Az 50-54 oldalon taglalt húsipari eredetű szennyvíz membránszeparációjának modellezésénél a helyes nyomásértékek: $2,5 \text{ MPa} - 4,5 \text{ MPa}$.

„A változó méretű bakelit szemcsék mellett ezért célszerű lett volna más sűrűségű szemcséket is kipróbálni.”

„Ahhoz, hogy egy anyagból „dolly-particle”, azaz szűrési részecske, szűrési segédanyag válhasson az élelmiszeriparban, nagyon sok kritériumnak kell megfelelni. Nem lehet toxikus, nem oldódhat ki belőle és nem is adszorbeálhat semmilyen íz-, illat- vagy aroma komponens, (lehetőség szerint) olcsó legyen, regenerálható legyen. Ebben a speciális esetben még célszerűen elég keménynek, porladásmentesnek lennie. A szakirodalomban felhasznált dolly-részecskék sora is elég szűk, nem találtam utalást a részecske sűrűségének hangsúlyozására (N.N. Kramadhati, M. Mondor, C. Moresoli Evaluation of the shear-induced diffusion

model for the microfiltration of polydisperse feed suspension Sep. Purif. Technol., 27 (2002), p. 11, W.R. Bowen, F.Jenner, Theoretical descriptions of membrane filtration of colloids and fine particles: an assessment and review, Adv. Colloid Interface Sci., 56 (1995), p. 141) és számunkra a bakelit alkalmazása tűnt a legcélravezetőbbnek. Ám kétségtelen tény, hogy egy más sűrűségű anyag alkalmazásával összevetve további értékes összefüggésekhez juthatnánk, ezért megköszönöm Professzor Úr javaslatát és élni fogunk ezzel a lehetőséggel is..

„A 37. ábra γ [s-1] független változóját helytelen nyírófeszültségnek nevezni, mert a Newton-féle viszkozitási törvényben szereplő τ nyírófeszültség dimenziója N/m². Értékeit tekintve a γ a vibrátor rezgésszáma lehet.”

Professzor Úrral teljes mértékben egyet értek, az általam és más szerzők által is alkalmazott, a gyártótól átvett jelölés helytelen, az adott paraméter helyes megnevezése: vibrátor rezgésszáma.

„...kérdésem az 59. oldal egyik magyarázó mondatához tartozik, amelyik szerint a vibráció miatt „az eltömődési ellenállás” nagy lett.

Nem lehet, hogy a részecskék felületi csúszása a részecskék kopásával járt és a lekoptatott kisebb részecskék a réteg porozitásának, azaz az ϵ szabadterefogathányad értékének a csökkenését okozták? A 11. oldali (2) és (3) összefüggésekértelmében a nyomásesés fordítva arányos az ϵ -nal, sőt a Kozeny-Carman-féle képlet szerint az ϵ^3 -vel áll fenn a fordított arányosság. Kis ϵ csökkenés miatt is jelentősen nőhet tehát a nyomásesés, azaz nagy lesz az eltömődési ellenállás.”

Az észrevétel egy olyan kísérletre utal, ahol édes savót szeparáltunk vibrációs membránszűréssel. A betáplálási oldat előkészítése során alkalmazott előszűrés azonban kizárja a kolloid oldatban a szilárd részecskék jelenlétét. Az eltömődési ellenállás pedig az irreverzibilis ellenállást jelenti, vagyis egyszerű mechanikai hatással meg nem szüntethető ellenállást, tehát az itt bekövetkező változás nem eredeztethető a réteg, a mosással eltávolítható réteg porozitásának változtatásából.

„A 10. tézispont miatt tisztázandónak tartom azonban, hogy az értekezésben itt hivatkozott Ntampou és mksai 2006-os publikációjához képest a saját megállapítás tartalmaz-e újdonságot, vagy csak reprodukciós alátámasztást jelent?”

Ntampou és munkatársai a Chemosphere folyóirat 62. számában megjelent, „Appropriate combination of physico-chemical methods (coagulation/flocculation and ozonation) for the efficient treatment of landfill leachates” (p. 722–730) című, hivatkozott közleményében csak a két, a címben is említett módszert vizsgálja, a membránszeparációt nem kapcsolja a vizsgálatokhoz. A közleményben megadott célkitűzés: az ózonozás és a koagulálás/flokkulálás, mint hatékony integrált technikák tanulmányozása, relatívan stabilizált (vagy biológiailag előkezelt) csurgalék vizekre. („The objectives of this work were to study the ozonation and coagulation/flocculation methods as an efficient integrated technique for the treatment of old, relatively stabilized (or biologically pre-treated) leachates;...” sem említi a membránszeparációt, a flokkulálást pedig különböző mennyiségben adagolt flokkulálószerrel (is) segíti. Az értékelésben az egészségügyi hulladéklerakók csurgalékának ózonos vizsgálatával kapcsolatban megállapítja, hogy

hatékony, alacsony maradék KOI értéket eredményez, alacsonyabb ózon arány ($1,5\text{gh}^{-1}$) alkalmazása esetén az eltávolítási hatékonyság is alacsonyabb volt, majd a vas-klorid és poli-alumínium-klorid különböző dózisék adagolását taglalja.

10. tézispontom viszont egyértelműen az ultraszűrésnek és a nanoszűrésnek az ózonozásra, mint előkezelésre vonatkozó kapcsolatára vonatkozik, megítélésem szerint új tudományos eredménynek elfogadható..

10. Bizonyítottam, hogy az ózonozással kombinált nanoszűrés illetve ultraszűrés művelettel nyert élelmiszeripari szennyvíz-permeátum kémiai oxigénigénye az előírási határérték alá csökkenthető. A rövid idejű ózonozás hatására flokkuláció, a hosszabb idejű ózonozás esetében a nagymolekulájú anyagok oxidációja idézi elő a relatívfluxus növekedését (SP18, SP19, SP20).

„Az 53. és 61. ábrák 3D-s kivitele /80. és 87. old./ számomra szokatlan alakúak, mert az ábrák szélső, számozott skálájú oldalai nem párhuzamosak az x-y-z koordináta tengelyekkel. Mennyivel lett térbelibb így a színezett felület?”

Az 53. és 61. ábrák esetében a skálázott tengelyek párhuzamosak az x-y-z koordináta tengelyekkel, csak éltem a grafikai program által felkínált lehetőséggel és az ábra „betekintési szögét” változtattam, azért, hogy jobb szögből, jobb rálátással könnyítsem az ábra értelmezését.

„...a 3. tézispontból az utolsó két sor elhagyását javasolom.”

A 3. tézispont eredeti szövegének:

3. Bizonyítottam, hogy a húsipari és a tejipari eredetű szennyvizek membránszeparációjánál a műveleti paraméterhatások megegyeznek. Megalkottam a húsipari szennyvizek reverz ozmózissal történő sűrítését leíró, mind a permeátum fluxusára (J_p), mind pedig a teljesellenállás (R_t) értékére vonatkozó modell egyenleteket, amelyekből kitűnik, hogy a permeátum fluxusra a nyomás és hőmérséklet van a legnagyobb szignifikáns hatással, a visszatartás értékére pedig a hőmérséklet fordított arányú hatással bír.

módosítására az alábbiakban teszek javaslatot:

3. Bizonyítottam, hogy a húsipari és a tejipari eredetű szennyvizek membránszeparációjánál a műveleti paraméterhatások megegyeznek. Megalkottam a húsipari szennyvizek reverz ozmózissal történő sűrítését leíró, mind a permeátum fluxusára (J_p), mind pedig a teljes ellenállás (R_t) értékére vonatkozó modell egyenleteket, melyek érvényességi tartománya az alkalmazott transzmembrán nyomás tekintetében: $0,25\text{ MPa} - 0,45\text{ MPa}$; a recirkulációs térfogatáram tekintetében pedig: $600\text{ dm}^3\text{m}^{-2}\text{h}^{-1} - 1000\text{ dm}^3\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$; a hőmérsékletre vonatkoztatva: $30\text{ }^\circ\text{C} - 40\text{ }^\circ\text{C}$. A modell egyenletekből kitűnik, hogy a permeátum fluxusra a nyomás és a hőmérséklet van a legnagyobb szignifikáns hatással, a visszatartás értékére pedig a hőmérséklet fordított arányú hatással bír.

Kérem Professzor Urat, hogy a pontosítás alapján a tézispontot elfogadni szíveskedjen.

Még egyszer köszönöm Németh Jenő Professzor úrnak, a kémia tudomány doktorának, értekezésem alapos tanulmányozását. Köszönöm az észrevételeket, az építő jellegű kritikai megjegyzéseit, kiegészítéseit és kérdéseit is, amelyekre adott válasz során sokkal átgondoltabban, tudatosabban fogalmazhattam meg korábbi megfigyeléseimet, eredményeimet. Őszintén remélem, hogy válaszaimat elfogadhatónak tartja. Köszönöm, hogy munkámat megfelelőnek ítélte az MTA doktori értekezésekkel szemben támasztott kritériumok alapján, és értekezésem nyilvános vitára bocsátását és számomra az MTA doktora cím odaítélését javasolta.

Szeged, 2014. július 25.



Hodúr Cecília