

Razvoj sistema za čiščenje odpadnih voda, ki vsebujejo antibiotične učinkovine

Povzetek

Zaradi široke uporabe antibiotikov v moderni družbi so te snovi v majhnih koncentracijah prisotne tudi v okolju. To sicer ne povzroča neposrednih negativnih učinkov na organizme, prispeva pa k razširjanju odpornosti bakterij na antibiotike, kar postaja vedno bolj izrazit zdravstveni problem.

Namen doktorske disertacije je bil ugotoviti, s katerim naprednim oksidacijskim postopkom in s kolikšnimi dozami oksidantov dosežemo, da antibiotiki postanejo primerni za konvencionalno biološko čiščenje. Za to je treba zmanjšati strupenost in povečati biorazgradljivost. Z uporabo oksidacije kot postopkom obdelave pred konvencionalnim biološkim čiščenjem, bi namreč lahko učinkovito omejili širjenje biološko nerazgradljivih antibiotikov v okolje.

V doktorski disertaciji smo kot modelni antibiotik uporabili veterinarski slabo biorazgradljivi in okoljsko obstojni tiamulin. Za primerjavo in potrditev učinkov oksidacijskih procesov smo uporabili dva antibiotika s skrajnimi lastnostmi - biološko nerazgradljivi fluorokinolon levofloksacin ter biorazgradljivi betalaktam amoksisilin. Preizkusili smo tri napredne tehnike oksidacije, in sicer ozon, ozon v kombinaciji z vodikovim peroksidom in Fentonov reagent. Cilj je bil doseči delno mineralizacijo, predvsem pa povečati biorazgradljivost antibiotikov oziroma zmanjšati strupenost tako v vodi kot v matriksu biološkega blata.

Doze ozona, potrebne za pomembno izboljšanje biorazgradljivosti, so za tiamulin $660 \text{ mg O}_3 \text{ g}^{-1}$ (biorazgradljivost s 17 na 60 %) in za levofloksacin $534 \text{ mg O}_3 \text{ g}^{-1}$ (biorazgradljivost z 0 na 100 %). Ozoniranje amoksicilina z $267 \text{ mg O}_3 \text{ g}^{-1}$ pa deluje nasprotno, saj biorazgradljivost poslabša (s 100 na 80 %). Stopnje mineralizacije ob tem so bile od 13 % za tiamulin, 39 % za levofloksacin in 49 % za amoksisilin. Strupenosti za *Vibrio fischeri* z ozoniranjem nismo odpravili niti pri tiamulinu niti pri levofloksacinu. Strukturne spremembe, ki jih ozoniranje povzroči v tiamulinu, se začnejo z napadom ozona na vinilno dvojno vez in tvorbo karboksilne skupine, nato sledi oksidacija žvepla in dušika, ter zatem postopna razgradnja molekule. Razpad vinilne dvojne vezi in tvorba karboksilne skupine pomeni tudi izgubo antibiotične aktivnosti molekule.

Pri tiamulinu in levofloksacinu sledi časovni potek zmanjševanja TOC in KPK kinetiki ničelnega reda, a v dveh stopnjah, kjer je hitrost reakcije v prvi večja kot v drugi. Stopenjsko naravo reakcije je mogoče utemeljiti z analizo strukturnih sprememb molekule med ozoniranjem, ker se v procesu pojavljajo vmesni produkti, ki z nadaljevanjem ozoniranja reagirajo dalje in izginejo, pojavijo pa se končni produkti, ki z ozonom ne reagirajo več. Pri amoksicilinu pa izmerjeni podatki kažejo, da zmanjševanje TOC in KPK s časom sledi kinetiki spremenljivega reda (od ničelnega k prvemu).

Fentonova oksidacija daje primerljive učinke kot ozoniranje, vendar ob zelo velikih dozah oksidanta. Za doseganje 80 % biorazgradljivosti pri levofloksacinu namreč potrebujemo $1.955 \text{ mg H}_2\text{O}_2 \text{ g}^{-1}$, kar je glede na oksidant enakovredno $2.760 \text{ mg O}_3 \text{ g}^{-1}$. Analogno kot ozoniranje, strupenosti s Fentonovim reagentom ne moremo odpraviti.

Ozonirali smo tudi z antibiotiki kontaminirano (400 mg L^{-1}) biološko blato, pri tem smo pokazali na sinergijo učinka utekočinjenja blata in deaktivacije antibiotikov. Inhibicijo produkcije bioplina smo z ozoniranjem blata v dozah med 36 in $70 \text{ mg O}_3 \text{ g}_{\text{vss}}^{-1}$ povsem odpravili in obenem povečali količino metana v bioplenu.

Rezultati študije kažejo, da pri uporabi naprednih oksidacijskih tehnik ni enotnega merila, kateri postopek je bolje uporabiti za določeno vrsto antibiotika, ker so rezultati slabo predvidljivi, predvsem z vidika produktov oksidacije, ki imajo lahko povsem drugačne lastnosti kot izhodiščna molekula. Kljub temu ima ozoniranje brez dvoma velik potencial za uporabo v realnih sistemih biološkega čiščenja, še posebej kot tehnika obdelave z antibiotiki kontaminiranega blata pred anaerobno stabilizacijo.

Ključne besede

Antibiotiki, biološko čiščenje, biorazgradljivost, napredni oksidacijski procesi, odpadno blato, oksidacija, ozon, strupenost.