

VLIV PROTEINŮ PRODUKOVANÝCH SINICÍ *MICROCYSTIS AERUGINOSA* NA ODSTRAŇOVÁNÍ DALŠÍCH LÁTEK PŘI ÚPRAVĚ VODY

Jana ŠAFAŘÍKOVÁ^{1,2}, Martin PIVOKONSKÝ^{1,2}, Ivana KOPECKÁ^{1,2}, Magdalena BAREŠOVÁ^{1,2}

¹ Ústav pro hydrodynamiku AV ČR v.v.i., Praha, Česká republika

² Ústav pro životní prostředí, Přírodovědecká fakulta UK v Praze, Česká republika
safarikova@ih.cas.cz

Klíčová slova: AOM; koagulace; peptidy/proteiny; Al/Fe-peptidové/proteinové komplexy.

ÚVOD

Organické látky produkované fytoplanktonem (algal organic matter, AOM) mohou při rozvoji řas a sinic ve vegetačním období tvořit převažující část organických látek přírodního původu ve vodárenských nádržích. Tyto látky jsou již při nízkých koncentracích zdrojem nepříjemného zápachu a chuti vody, v případě sinic i toxických látek a při desinfekci vody chlorem tvoří halogenované organické sloučeniny (Li et al., 2012). Navíc ovlivňují procesy úpravy vody a odstraňování dalších látek přítomných v surové vodě, jako jsou zákalotvorné (jílové částice) či huminové látky (Bernhardt et al., 1985; Ma et al., 2012; Takaara et al., 2007). Příspěvek se zabývá vlivem peptidů a proteinů produkovaných sinicí *Microcystis aeruginosa* na koagulaci kaolinových částic reprezentujících zákalotvorné částice.

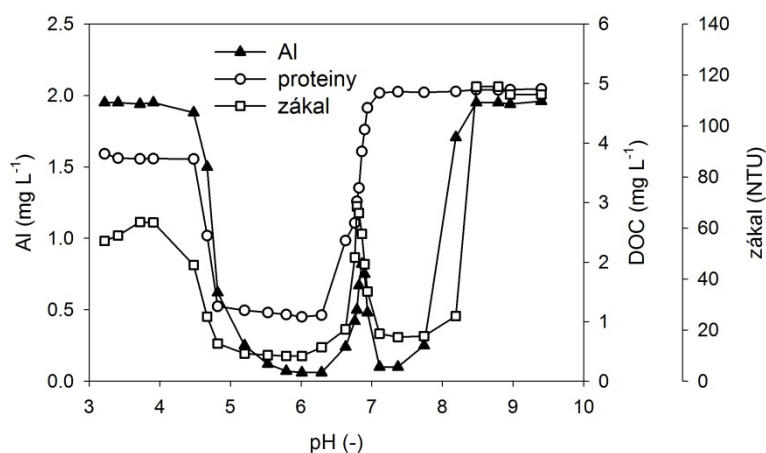
METODY MĚŘENÍ

Peptidy a proteiny byly získány z buněčného materiálu sinice *M. aeruginosa* srážením pomocí $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Za účelem zjištění jejich vlivu na koagulaci kaolinu a popsání koagulačních mechanismů byly provedeny tři typy koagulačních testů za použití hlinitých nebo železitých koagulačních činidel: 1) s kaolinem (25 mg L^{-1}), 2) s peptidy/proteiny ($\text{DOC} = 1\text{--}8 \text{ mg L}^{-1}$), 3) s kaolinem (25 mg L^{-1}) a peptidy/proteiny ($1\text{--}8 \text{ mg L}^{-1}$) a také testy s kaolinem (25 mg L^{-1}) a peptidy/proteiny ($1\text{--}8 \text{ mg L}^{-1}$) bez koagulačního činidla. Testy byly prováděny s optimalizovanou dávkou koagulačních činidel v rozsahu pH 2–10. Jejich účinnost byla hodnocena pomocí měření zákalu (vyjadřujícího koncentraci kaolinu), rozpuštěného organického uhlíku (dissolved organic carbon, DOC) a zbytkového Al nebo Fe.

VÝSLEDKY

Výsledky koagulačních testů s kaolinem ukázaly, že největšího snížení zákalu bylo dosaženo při pH v rozmezí 7–8,5 v případě hlinitého koagulačního činidla ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) a pH 6,4–8 v případě činidla železitého ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$). Při těchto hodnotách pH dochází procesy hydrolyzy a polymerizace ke vzniku sraženin hydratovaných oxidů hliníku a železa, nesoucích malé množství kladného náboje. Hydratované oxidy jsou adsorbovány na povrch záporně nabitých částic kaolinu, čímž je náboj kaolinu neutralizován a dochází ke koagulaci. Rozdílné optimální pH pro koagulaci pomocí Al a Fe činidel je dáno rozdílnou distribucí hydrolytických produktů Al a Fe v závislosti na pH.

Oproti tomu v případě testů s peptidy/proteiny a Al/Fe činidly docházelo ke koagulaci v rozmezí pH 5–7 pro hlinité činidlo a 4–6 pro železité činidlo. V tomto rozmezí hodnot pH Al i Fe hydrolyzují do podoby kladně nabitých polymerů. Ty elektrostaticky interagují se záporně nabitými funkčními skupinami peptidů a proteinů, dochází k nábojové neutralizaci a

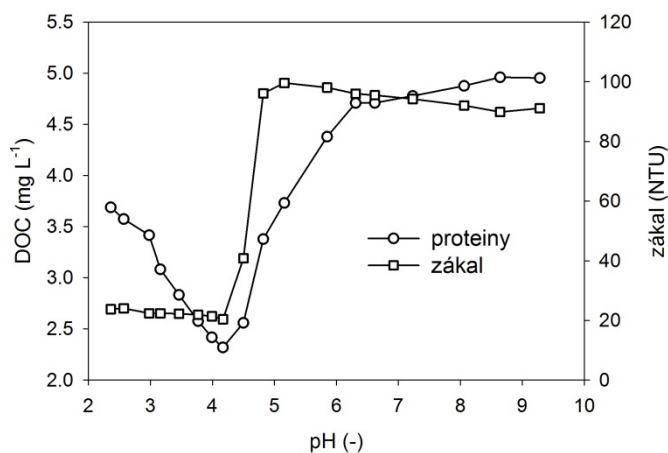


Obr. 1. Výsledky koagulačních testů s kaolinem (25 mg L^{-1}), peptidy/proteiny ($\text{DOC} = 5 \text{ mg L}^{-1}$) a $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (dávka Al = 2 mg L^{-1}).

koagulaci. Peptidy a proteiny sinice *M. aeruginosa* nesou jak kladně nabitě (např. $=\text{NH}_2^+$, $-\text{NH}_3^+$) tak i záporně nabitě ($-\text{O}^-$, $-\text{COO}^-$, $-\text{S}^-$) funkční skupiny v poměrně širokém rozsahu pH. Výsledný náboj peptidu/proteinu je pak dán počtem funkčních skupin a jejich disociačními konstantami.

Při testech s kaolinem, peptidy/proteiny a koagulačními činidly se všechny tři složky nejlépe odstraňovaly při pH 5-6,5 pro hlinité činidlo a 4-6 pro železité činidlo. Výsledky těchto testů se síranem hlinitým jsou na obr. 1. Pro zjednodušení jsou zde vyobrazeny výsledky s jedinou koncentrací peptidů a proteinů, tj. $\text{DOC} = 5 \text{ mg L}^{-1}$. Stejně jako v případě testů s peptidy/proteiny bez kaolinu, záporně nabitě funkční skupiny peptidů a proteinů interagují s kladně nabitými polymery koagulačních činidel. Peptidy a proteiny jsou díky svým kladně nabitým funkčním skupinám schopny interagovat i se záporně nabitým povrchem kaolinu a dochází tak ke koagulaci všech tří složek. Kaolinové částice a hydrolytické produkty Al/Fe byly účinně odstraňovány i při pH 7-8,5 (Al) a pH 6,4-8 (Fe), stejně jako v již zmíněných testech bez peptidů/proteinů, ale peptidy/proteiny se v tomto rozmezí hodnot pH koagulace neúčastnily. Z výsledků vyplývá, že peptidy/proteiny přispívají za určitých hodnot pH ke koagulaci kaolinu. Vystává tedy otázka do jaké míry peptidy/proteiny ke koagulaci přispívají a zda by mohly působit jako koagulační činidla i v nepřítomnosti Al/Fe činidel.

Z tohoto důvodu byly provedeny testy s kaolinem a peptidy/proteiny bez přidavku dalších koagulačních činidel. Ukázalo se, že peptidy/proteiny mohou koagulovat s kaolinem, ovšem pouze za poměrně nízkých hodnot pH ($< 4,5$) a s menší koagulační účinností (obr. 2). Peptidy/proteiny tvoří s kaolinem agregáty při hodnotách pH, kdy je poměr kladného k zápornému náboji na povrchu peptidů/proteinů dostatečně velký na to, aby převážily přitažlivé interakce mezi pozitivně nabitými funkčními skupinami peptidů/proteinů a negativně nabitými částicemi kaolinu. Při pH kolem 4,5 dochází k nárůstu záporného náboje peptidů/proteinů díky disociaci jejich β - a γ -COOH skupin (s disociačními konstantami kolem 3,86 a 4,25) a zesilují se tak odpuzivé elektrostatické interakce bránící koagulaci částic.



Obr. 2. Výsledky koagulačních testů s kaolinem (25 mg L^{-1}) a peptidy/proteiny ($\text{DOC} = 5 \text{ mg L}^{-1}$).

ZÁVĚRY

Přestože přítomnost AOM v surové vodě může být z hlediska úpravy vody značně problematická, peptidy/proteiny sinice *M. aeruginosa* mohou přispívat ke koagulaci zákalotvorných částic a jsou schopny tyto částice koagulovat dokonce i bez přidavku koagulačního činidla.

PODĚKOVÁNÍ

Práce je řešena v rámci grantového projektu GA ČR P105/11/0247.

LITERATURA

- Bernhardt, H., Hoyer, O., Shell, H., Lüsse, B., 1985. Reaction mechanisms involved in the influence of algogenic organic matter on flocculation. *Zeitschrift für Wasser und Abwasserforschung* 18 (1), 18-30.
- Li, L., Gao, N., Deng, Y., Yao, J., Zhang, K., 2012 Characterization of intracellular & extracellular algae organic matters (AOM) of *Microcystis aeruginosa* and formation of AOM-associated disinfection byproducts and odor & taste compounds. *Water Research* 46 (4), 1233-1240.
- Ma, M., Liu, R., Liu, H., Qu, J., Jefferson, W., 2012 Effects and mechanisms of pre-chlorination on *Microcystis aeruginosa* removal by alum coagulation: Significance of the released intracellular organic matter. *Separation and Purification Technology* 86, 19-25.
- Takaara, T., Sano, D., Konno, H., Omura, T., 2007. Cellular proteins of *Microcystis aeruginosa* inhibiting coagulation with polyaluminum chloride. *Water Research* 41 (8), 1653-1658.