

藻源型有机物氯化消毒副产物的生成特性*

高乃云¹ 朱明秋¹ 周石庆¹ 黎雷¹ 戎文磊² 周圣东² 陆纳新²

(1. 同济大学 污染控制与资源化研究国家重点实验室, 上海 200092; 2. 无锡自来水公司, 江苏 无锡 214031)

摘要: 通过亲水、疏水组分分离和电渗析获得6种不同特性的铜绿微囊藻细胞胞内外富氮有机组分, 其中溶解性有机氮(DON)的质量浓度范围为0.57~1.69 mg/L; 三维荧光光谱图表明, 疏水性有机物主要由类腐殖质物质组成, 亲水性有机物主要由蛋白质组成。经过3天氯化培养实验, 分析比较各有机物组分含碳(氮)消毒副产物的生成特性。结果表明, 细胞内外强疏水性有机物组分的三卤甲烷生成潜能最大, 以生成三氯甲烷为主; 卤代酮生成潜能与细胞内外各有机物组分有明显相关性; 细胞内亲水性有机物组分的含氮消毒副产物生成潜能(DBPFP)最大; 各组分消毒副产物生成潜能并不完全由溶解性有机碳(DOC)与溶解性有机氮的质量浓度比值的大小决定, 还由DON的性质决定; 细胞外有机物组分的DBPFP高低与芳香性有机物的含量呈正相关, 细胞内有机物组分的DBPFP还受芳香性有机物性质的影响; 细胞外有机物组分消毒副产物生成总量的顺序为: 强疏水性组分 > 亲水性组分 > 弱疏水性组分; 细胞内有机物组分消毒副产物生成总量的顺序为: 亲水性组分 > 强疏水性组分 > 弱疏水性组分。

关键词: 铜绿微囊藻; 消毒副产物; 亲水性; 疏水性; 溶解性有机氮; 氯化

中图分类号: X52

doi: 10.3969/j.issn.1000-565X.2014.05.008

微囊藻作为一类全球性分布的蓝藻, 在我国大部分富营养化的水体中普遍存在, 包括太湖、巢湖、滇池和很多水库^[1-2], 当环境条件适宜时, 会暴发大规模的水华现象, 向水体中释放藻源型有机物(AOM), 包括由藻细胞释放到周围水环境的胞外有机物(EOM)和藻细胞死亡或水处理工艺导致细胞裂解而释放的胞内有机物(IOM)^[3]。胞内外有机物释放到水源中会造成一系列饮用水处理问题, 如增加混凝剂的投量, 加速膜污染, 生成消毒副产物等。此外, 相对于天然有机物, 藻类有机物含有更多含氮物质, 包括蛋白质、长链羧酸、氨基酸、微囊藻毒素等。当藻类大量生长时会影响水中溶解性有机氮(DON)的含量, DON难以被常规水处理工艺去除, 是高致突变性和高致癌性的含氮消毒副产物(N-DBPs)重要的前体物, 易与水处理用的氧化剂和消

毒剂作用, 影响含碳(氮)消毒副产物的生成量及种类^[4-6]。

目前, 针对藻类有机物生成消毒副产物的研究报道很多^[7-8], 但大部分只局限于以单位质量有机物中消毒副产物的生成潜能作为比较对象, 而忽略了水中各组分的含量, 对含氮有机物组分的研究则更少。文中以铜绿微囊藻为代表, 通过分离和电渗析过程得到藻细胞胞内外典型含氮有机物组分, 详细分析了其氯化后含碳(氮)消毒副产物的生成特性, 以期对实际生产及科研提供一定的理论指导。

1 材料与方法

1.1 实验材料

铜绿微囊藻藻种 (*Microcystis Aeruginosa* ,

收稿日期: 2013-06-14

* 基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2012ZX07403-001); 国家自然科学基金资助项目(51178321); 高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(20120072110050)

作者简介: 高乃云(1950-), 女, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事饮用水处理技术研究。E-mail: gaonaiyun@sina.com

FACHB-912) 购自武汉水生生物研究所, 采用 BG11 培养基在实验条件下进行培养. 恒温培养箱中温度为 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$, 光照强度为 1500 lx, 光暗周期为 12 h. 实验时, 将一定量处于稳定期的藻母液在 7000 r/min 转速下离心 10 min, 取上清液, 然后采用 0.45 μm 玻璃纤维膜 (Whatman) 过滤, 滤出水即为含细胞外有机物 (EOM) 的溶液; 离心管底部和滤膜上残留的藻细胞用超纯水冲洗稀释, 并采用冻融法进行 3 次冷冻/解冻后, 在 10000 r/min 转速下离心 5 min, 取上清液, 采用 0.45 μm 玻璃纤维膜过滤, 滤出水即为含细胞内有机物 (IOM) 的溶液.

亲疏水性组分的分离采用了 XAD-8 和 XAD-4 吸附树脂 (Amberlite). 实验使用的氢氧化钠、浓硫酸、浓盐酸、磷酸二氢钾、抗坏血酸、硫酸钠、氯化钠等试剂 (均为优级和分析纯试剂) 与商用次氯酸钠 (6% 有效氯) 溶液均购自国药集团化学试剂有限公司 (上海). 每次使用前, 对次氯酸钠的自由氯含量进行 DPD-FAS 法标定. 有机溶剂甲基叔丁基醚 (MTBE) 为色谱纯试剂. 实验所配置的溶液均采用超纯水配制.

1.2 亲疏水性组分的分离

将用 0.45 μm 玻璃纤维膜过滤后水样的 pH 值调节至 2.0, 依次通过 XAD-8 和 XAD-4 树脂吸附柱, 未被树脂吸附的水样即为含亲水性 (HPI) 有机物的组分; 然后采用 0.1 mol/L NaOH 溶液对 XAD-8 和 XAD-4 吸附树脂进行洗脱, 分别得到含强疏水性 (HPO) 有机物的组分和含弱疏水性 (TPI) 有机物的组分. 此时, 实验水样中的溶解性有机物被分为亲水性有机物、强疏水性有机物和弱疏水性有机物. 分离样品组分时需进行吸附回收率实验, 且回收率达到 80% 以上方可使用. 组分分离后需将 pH 值调节至 7.0 左右, 再进行 DOC 和 UV_{254} 等测定.

通过电渗析去除无机氮, 电渗析条件如下: 两极直流电压为 10 V; 阳极液体为 0.02 mol/L 硫酸钠溶液; 阴极液体为 0.05 mol/L 氯化钠溶液. 聚乙烯异相

离子交换膜 (上海贺顿工业设备有限公司) 厚度为 0.42 mm, 有效膜面积不小于 800 mm \times 1600 mm, 脱盐率为 18%. DON 的回收率在 95% 以上.

1.3 分析方法

溶解性有机碳 (DOC)、溶解性有机氮 (DON) 采用 TOC 仪 (TOC-V_{CPH}, 岛津) 测定; UV_{254} 采用分光光度计 (HACHDR 2800) 测定; 三维荧光光谱图 EEM 采用荧光光谱仪 (F-4500 型, Hitachi) 进行测定; 测定三卤甲烷、卤代酮、卤乙腈及其他挥发性消毒副产物生成潜能时采用 3 天培养法, 基于 USEPA 551.1 (1995) 的分析方法, 并采用 GC-MS-MS (Thermo Fisher Scientific, USA) 测定, 色谱柱型号为 TG-5Ms (30 m \times 0.25 mm \times 0.5 μm).

2 结果与讨论

2.1 藻源型有机物组分的水质参数

表 1 列出了藻源型有机物组分的水质参数, 可以看出, 对于细胞内外各有机物组分, 在电渗析前总氮 (TN) 含量很高, 而研究表明: 当水中无机氮的含量较高时, 采用半透膜装置进行透析, 可以去除无机氮, 使 DON 的测量结果更加精确^[9]. 藻类有机物的 DOC/DON 质量浓度比值在 2.40 ~ 7.52 之间, 远低于天然有机物, 表明藻类有机物富含有机氮成分, 其中亲水性有机物组分含 DON 最高, 分别为 0.82 和 1.69 mg/L. 各有机物组分 SUVA_{254} 值 (通过 $\text{UV}_{254} \times 100/\text{TOC}$ 计算, 单位为 $\text{L}/(\text{mg} \cdot \text{m})$) 从大到小的顺序均满足: 强疏水性组分 > 弱疏水性组分 > 亲水性组分, 但较天然有机物低很多, 表明藻类有机物的腐植酸和富里酸类物质、高分子质量有机物、不饱和双键及芳香族类有机物含量少, 不易被混凝沉淀工艺去除^[10-11].

2.2 藻源型有机物组分的三维荧光光谱图

图 1 为藻源型有机物组分的三维荧光光谱图, 其中 λ_{em} 为发射波长, λ_{ex} 为激发波长. 由图可知: 无论细胞外有机物还是细胞内有机物, 其强疏水和弱疏水性

表 1 藻源型有机物组分的水质参数

Table 1 Water quality parameters for fractions of algae organic matters

有机物类别	组分	DOC/ (mg L^{-1})	TN/ (mg L^{-1})	DON/ (mg L^{-1})	UV_{254} / cm^{-1}	DOC/ DON	SUVA_{254} / ($\text{L mg}^{-1} \text{m}^{-1}$)
EOM	HPO	3.88	4.558	0.73	0.048	5.30	1.24
	TPI	4.10	4.264	0.78	0.037	5.27	0.90
	HPI	4.06	13.600	1.69	0.015	2.40	0.37
IOM	HPO	4.37	1.777	0.67	0.063	6.54	1.44
	TPI	4.26	0.925	0.57	0.035	7.52	0.82
	HPI	4.08	4.693	0.82	0.026	4.96	0.64

组分在 $\lambda_{em} > 380 \text{ nm}$ 、 $\lambda_{ex} > 250 \text{ nm}$ 时有强烈的响应,说明它们可能由类腐植酸物质构成;IOM 的响应值高于 EOM,可能是用于测定的 IOM 组分浓度稍高于 EOM 组分. EOM 的亲水性组分在 $\lambda_{em} = 420 \text{ nm}$ 、 $\lambda_{ex} = 350 \text{ nm}$ 时出现最高峰,属类腐殖质物质峰,且在 $\lambda_{em} < 380 \text{ nm}$ 、 $\lambda_{ex} > 250 \text{ nm}$ 时有响应,这一区域的荧光响应与蛋白质的荧光响应区域相似,表明 EOM 的亲水性组分主要含有类腐殖质物质和蛋白质;IOM 的亲水性组分仅在 $\lambda_{em} < 380 \text{ nm}$ 、 $\lambda_{ex} > 250 \text{ nm}$ 时有强烈响应,说明 IOM 的亲水性组分可能主要由蛋白质组成.

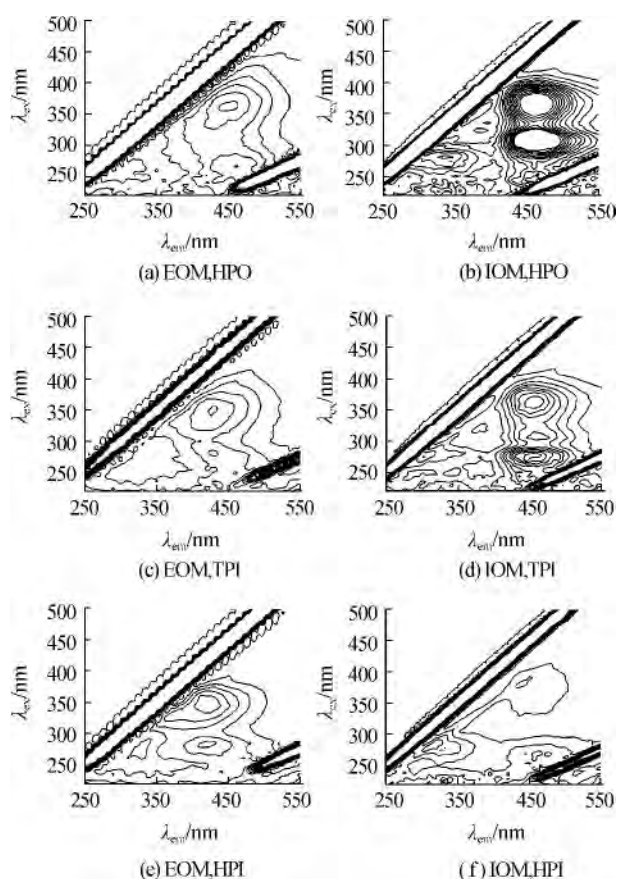


图1 藻源型有机物组分的三维荧光光谱图

Fig. 1 EEMs for fractions of algae organic matters

2.3 藻源型有机物氯化消毒副产物的生成特性

2.3.1 氯化消毒副产物的生成潜能

以藻源型有机物亲疏水性组分为本底物,考察氯化消毒副产物(主要包括三卤甲烷 THMs、卤代酮 HKs 和卤乙腈 HANs)的生成潜能,结果如表 2 所示. 在不同的有机物组分中,细胞内外强疏水性有机物组分的三卤甲烷生成潜能最大,有研究表明,THMs 的生成主要由天然有机物(NOM)中疏水性有机物决定^[12],文中实验结果与此结论一致,主要以生成三氯甲烷为主,生成潜能分别为 31.695 和 32.650 $\mu\text{g}/\text{mg}$ (相对于 DOC,下同). 细胞内各有机物组分 HKs 的生成潜能较细胞外大,其中细胞内亲水性有机物 1,1-二氯-2-丙酮(DCP)的生成潜能和细胞外强疏水性有机物 1,1,1-三氯-2-丙酮(TCP)的生成潜能最大,分别为 15.024 和 6.804 $\mu\text{g}/\text{mg}$,且生成潜能大小与各组分有明显的相关性. 细胞外有机物的生成潜能从大到小的顺序为:强疏水性组分 > 弱疏水性组分 > 亲水性组分. 细胞内有机物的生成潜能从大到小的顺序为:亲水性组分 > 强疏水性组分 > 弱疏水性组分. 细胞内有机物各组分 HANs 的生成潜能高,以生成二氯乙腈(DCAN)为主,其中亲水性有机物 DCAN 的生成潜能最大,为 11.172 $\mu\text{g}/\text{mg}$. 由表 2 还可以看出,EOM 在氯化消毒过程中产生的 C-N-DBPs 的生成潜能明显小于 IOM 在消毒过程中的副产物生成潜能,这是由 EOM 与 IOM 的特性不同所决定的^[13]. 细胞外有机物中相对分子质量小的分子物质较细胞内有机物低,有研究表明,随相对分子质量的减小,三卤甲烷等消毒副产物的生成潜能有递增趋势^[8,14]. 此外,细胞内有机物含氮量高,其中藻蓝蛋白质量占胞内可溶性蛋白的 50% 以上,这些高氮有机物是 N-DBPs 重要的前体物^[15].

表2 藻源型有机物氯化消毒副产物的生产潜能

Table 2 Disinfection by-products formation potential of algae organic matters

$\mu\text{g}/\text{mg}$

有机物类别	组分	THMs		HKs		HANs	
		CHCl_3	CCl_4	TCP	DCP	CHCl_2CN	CHCl_3CN
EOM	HPO	32.650	0.056	6.804	1.478	2.317	0.093
	TPI	16.387	0.061	2.079	0.936	1.472	0.116
	HPI	9.320	0.026	0.339	0.667	1.152	0.064
IOM	HPO	31.695	0.067	7.574	4.611	4.097	0.407
	TPI	22.198	0.069	3.867	7.418	2.746	0.250
	HPI	24.251	0.106	1.328	15.024	11.172	0.463

2.3.2 有机氮对消毒副产物生成潜能的影响

如图 2 所示,细胞外有机物各组分的 DOC/DON 质量浓度比值从大到小的顺序为:强疏水性组分 > 弱疏水性组分 > 亲水性组分,且强疏水性组分在氯化消毒副产物生成潜能 (DBPFP) 的测试中都具有最高的 THMs、HKs 和 HANs 的生成潜能,其次是弱疏水性组分,而亲水性组分的 DBPFP 最低. 因此,细胞外有机物组分的 DBPFP 随 DOC/DON 的增加而增加,但不呈线性关系. 细胞内有机物各组分的 DOC/DON 值从大到小的顺序为:弱疏水性组分 > 强疏水性组分 > 亲水性组分, HKs 和 HANs 的生成潜能随 DOC/DON 的增加而减小, THMs 的生成潜能与 DOC/DON 没有显著的相关性. 这表明 DBPFP 并不完全由 DOC/DON 的大小决定,还由 DON 的性质决定.

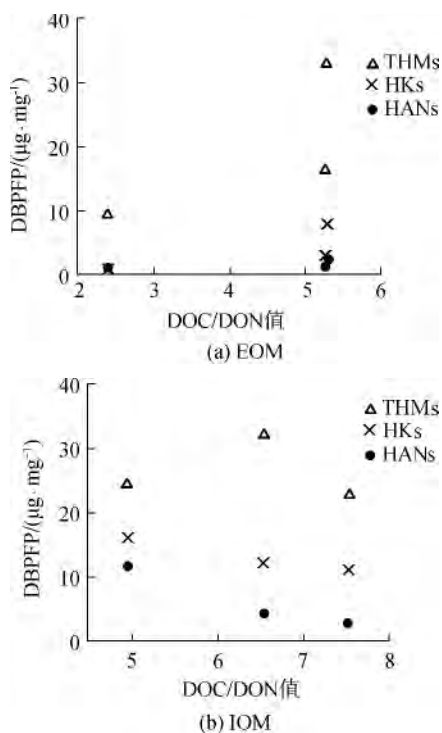


图 2 藻源型有机物组分的氯化消毒副产物生成潜能与 DOC/DON 的关系

Fig. 2 Relationship between disinfection by-products formation potential of algae organic matters and DOC/DON value

2.3.3 SUVA₂₅₄对消毒副产物生成潜能的影响

SUVA₂₅₄可从某种程度上反映水质的芳香性,是有机物芳香结构多少的一个替代指标^[13]. 图 3 显示了 DBPFP 与不同组分 SUVA₂₅₄ 之间的关系:对于细胞外有机物组分, THMs、HKs 和 HANs 的 DBPFP 都随 SUVA₂₅₄ 的增加而增加;而细胞内有机物组分的

DBPFP 与 SUVA₂₅₄ 没有明显的线性相关性,但强疏水性组分的 DBPFP 最高,其次是亲水性组分,弱疏水性组分的 3 类消毒副产物的生成潜能都最低. 这表明,细胞外含氮有机物组分的芳香性有机物的含量与 DBPFP 的高低正相关;而细胞内有机物组分的 DBPFP 高低还受芳香性有机物性质的影响.

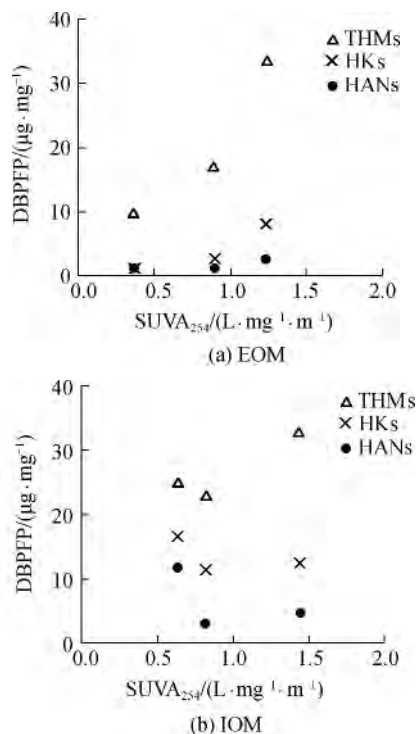


图 3 藻源型有机物组分的氯化消毒副产物生成潜能与 SUVA₂₅₄ 的关系

Fig. 3 Relationship between disinfection by-products formation potential of algae organic matters and SUVA₂₅₄

2.4 有机物组分的氯化消毒副产物生成总量

为了更好地描述各有机物组分的消毒副产物生成量,需要考虑各组分占总有机物的比例. 藻细胞外强疏水性、弱疏水性和亲水性组分分别占 23.90%、9.56% 和 66.54%, 藻细胞内强疏水性、弱疏水性和亲水性组分分别占 15.30%、6.20% 和 78.50%. 即各有机物组分消毒副产物的生成量 (%) = 各组分单位有机物消毒副产物生成潜能 (µg/mg) × 组分百分比 (%) ÷ 水样消毒副产物生成总量 (µg/mg)^[16].

图 4 给出了藻源型有机物组分的 C-,N-DBPs 生成总量. 由图可知:对于细胞外有机物,强疏水性组分的 C-DBPs 生成量较大, THMs 和 HKs 分别占总量的 50.01% 和 67.40%, 而亲水性组分的 N-DBPs 生成量最大;对于胞内有机物,亲水性组分的消毒副产物生成总量最大,其中三卤甲烷、卤代酮及卤乙腈

的生成量占总量的75%以上;细胞外有机物组分的消毒副产物生成总量从大到小的顺序为:强疏水性组分>亲水性组分>弱疏水性组分;细胞内有机物组分的消毒副产物生成总量从大到小的顺序为:亲水性组分>强疏水性组分>弱疏水性组分.由于混凝能有效去除疏水性有机物,尤其是强疏水性有机物,而对亲水性有机物的去除效果相对较差,且亲水性有机物最容易导致膜孔堵塞而导致膜通量下降^[17-18],因而胞内有机物的释放会影响水处理工艺对水质的处理效果,增加水中消毒副产物的生成量,对饮用水安全构成威胁.故在选择处理高藻水源工艺时,要避免破坏藻细胞,通过正确的预处理工艺将完整的藻细胞去除,避免藻细胞破裂而引入臭味物质、藻蓝蛋白等水体中本来没有的有机物,进而减少消毒副产物前体物.

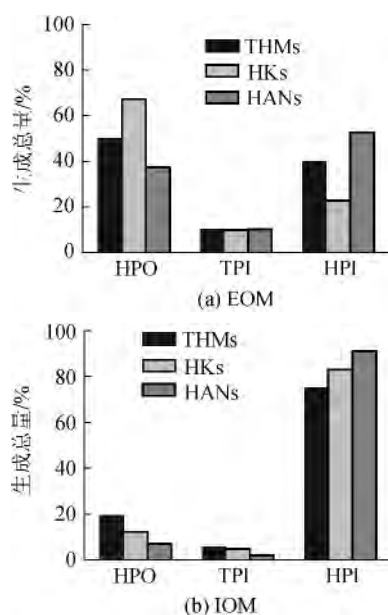


图4 藻源型有机物组分的C-N-DBPs生成总量

Fig. 4 Total yield of C-N-DBPs for fractions of algae organic matters

3 结论

(1)藻源型有机物各组分的 $SUVA_{254}$ 较天然有机物低,胞内外亲水性组分的有机氮含量都很高.疏水性有机物组分主要由类腐殖质物质组成,亲水性有机物组分主要由蛋白质组成.

(2)细胞内外强疏水性有机物组分的三卤甲烷生成潜能最大,以生成三氯甲烷为主;细胞内各有机物组分卤代酮生成潜能较细胞外大,细胞外有机物组分的生成潜能从大到小的顺序为:强疏水性组分>弱疏水性组分>亲水性组分;细胞内有机物组

分的生成潜能从大到小的顺序为:亲水性组分>强疏水性组分>弱疏水性组分.细胞内亲水性有机物组分的卤乙腈生成潜能最大.

(3)藻源型有机物各组分的消毒副产物生成潜能并不完全由DOC/DON质量浓度比的大小决定,还由DON的性质决定.

(4)细胞外有机物组分的芳香性有机物的含量与DBPFP正相关,细胞内含氮有机物组分的DBPFP还受芳香性有机物性质的影响.

(5)细胞外有机物组分的消毒副产物生成总量从大到小的顺序为:强疏水性组分>亲水性组分>弱疏水性组分;细胞内有机物组分的消毒副产物生成总量从大到小的顺序为:亲水性组分>强疏水性组分>弱疏水性组分.选择处理高藻水源工艺时,要避免破坏藻细胞,提高水处理工艺的处理效果,减少消毒副产物前体物.

参考文献:

- [1] Zhang X J, Chen C, Ding J Q, et al. The 2007 water crisis in Wuxi, China: analysis of the origin [J]. *Journal of Hazardous Materials* 2010, 182(1/2/3): 130-135.
- [2] Zhang X J, Chen C, Lin P F, et al. Emergency drinking water treatment during source water pollution accidents in China: origin analysis, framework and technologies [J]. *Environmental Science & Technology* 2011, 45(1): 161-167.
- [3] Ma M, Liu R P, Liu H J, et al. Chlorination of microcystis aeruginosa suspension: cell lysis, toxin release and degradation [J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2012, 217-218: 279-285.
- [4] Chang H, Chen C, Wang G. Characteristics of C-N-DBPs formation from nitrogen-enriched dissolved organic matter in raw water and treated wastewater effluent [J]. *Water Research* 2013, 47(8): 2729-2741.
- [5] Lee W, Westerhoff P, Croue J P. Dissolved organic nitrogen as a precursor for chloroform, dichloroacetonitrile, N-nitrosodimethylamine, and trichloronitromethane [J]. *Environmental Science & Technology* 2007, 41(15): 5485-5490.
- [6] Dotson A, Westerhoff P, Krasner S W. Nitrogen enriched dissolved organic matter (DOM) isolates and their affinity to form emerging disinfection by-products [J]. *Water Science and Technology* 2009, 60(1): 135-143.
- [7] Fang J Y, Yang X, Ma J, et al. Characterization of algal organic matter and formation of DBPs from chlor(am)ination [J]. *Water Research* 2010, 44(20): 5897-5906.
- [8] Li L, Gao N Y, Deng Y, et al. Characterization of intracellular & extracellular algae organic matters (AOM) of microcystis aeruginosa and formation of AOM-associated dis-

- infection byproducts and odor & taste compounds [J]. Water Research 2012 46(4):1233-1240.
- [9] Lee W T, Westerhoff P. Dissolved organic nitrogen measurement using dialysis pretreatment [J]. Environmental Science & Technology 2005 39(3):879-884.
- [10] Yan M Q, Wang D S, Ni J R et al. Mechanism of natural organic matter removal by polyaluminum chloride: effect of coagulant particle size and hydrolysis kinetics [J]. Water Research 2008 42(13):3361-3370.
- [11] Weishaar J L, Aiken G R, Bergamaschi B A et al. Evaluation of specific ultraviolet absorbance as an indicator of the chemical composition and reactivity of dissolved organic carbon [J]. Environmental Science & Technology, 2003 37(20):4702-4708.
- [12] Hyun-Chul K, Yu M J. Characterization of aquatic humic substances to DBPs formation in advanced treatment processes for conventionally treated water [J]. Journal of Hazardous Materials 2007 143(1/2):486-493.
- [13] 高乃云, 楚文海, 严敏, 等. 饮用水消毒副产物形成与控制研究 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社 2011.
- [14] Xu B, Gao N Y, Sun X F et al. Characteristics of organic material in Huangpu River and treatability with the O-3-BAC process [J]. Separation and Purification Technology 2007 57(2):348-355.
- [15] Ou H, Gao N Y, Deng Y et al. Immediate and long-term impacts of UV-C irradiation on photosynthetic capacity, survival and microcystin-LR release risk of *Microcystis aeruginosa* [J]. Water Research 2012 46(4):1241-1250.
- [16] Chen Z, Valentine R L. Formation of N-nitrosodimethylamine (NDMA) from humic substances in natural water [J]. Environmental Science & Technology 2007 41(17):6059-6065.
- [17] Sharp E L, Parsons S A, Jefferson B. Seasonal variations in natural organic matter and its impact on coagulation in water treatment [J]. Science of the Total Environment, 2006 363(1/2/3):183-194.
- [18] 冯晶. 有机物的特性对超滤膜通量的影响 [D]. 上海: 同济大学环境科学与工程学院 2007.

Characteristics of Disinfection By-Products Formation from Algae Organic Matters in the Process of Chlorination

Gao Nai-yun¹ Zhu Ming-qiu¹ Zhou Shi-qing¹ Li Lei¹ Rong Wen-lei² Zhou Sheng-dong² Lu Na-xin²

(1. State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, Tongji University, Shanghai 200092, China;

2. Wuxi Waterworks Co., Ltd., Wuxi 214031, Jiangsu, China)

Abstract: Six kinds of nitrogen-enriched intracellular and extracellular algae organic matters of *Microcystis aeruginosa* with different characteristics were obtained via the fractionation electro-dialysis of hydrophilic and hydrophobic components, with the mass concentrations of dissolved organic nitrogen (DON) ranging from 0.57 to 1.69 mg/L. Then, the 3D fluorescence spectrography was adopted to analyze the composition of hydrophilic and hydrophobic components, finding that the former was mainly composed of humus-like substances and the latter mainly composed of protein. Afterwards, the formation characteristics of carbonaceous (nitrogenous) disinfection byproducts from different organic matters were analyzed and compared after a 3-day chlorination. The results show that (1) hydrophobic intracellular and extracellular organic matters are of maximum trihalide methane formation potential, especially for chloroform; (2) there is a significant correlation between halo-ketone formation potential and intracellular and extracellular organic matters; (3) the hydrophilic component in intracellular organic matters is of the greatest nitrogenous disinfection by-products formation potential (DBPFP); (4) the disinfection by-products formation potential of each component is not only determined by the value of DOC/DON (namely the mass concentration ratio of dissolved organic carbon to DON) but also by the characteristics of DON; (5) the DBPFP of extracellular organic matters is positively correlated with the content of aromatic organic materials, while that of intracellular organic matters is mainly influenced by the properties of aromatic organic materials; and (6) the disinfection by-products produced by extracellular organic matters are in a content order of hydrophobic by-products > hydrophilic by-products > transphilic by-products, while those produced by intracellular matters are indicative of the following order: hydrophilic by-products > hydrophobic by-products > transphilic by-products.

Key words: *Microcystis aeruginosa*; disinfection by-product; hydrophilicity; hydrophobicity; dissolved organic nitrogen; chlorination