Thesis Title Reduction of Trihalomethane Formation and Detoxification of Microcystins in Tap Water by Ozonation Process

Author Miss Orapin Thapsingkaew

Degree Master of science (Toxicology)

Thesis Advisory Committee

Assoc. Prof. Dr. Werawan Ruangyuttikarn — Chairperson
Asst. Prof. Vililuck Kijjanapanich — Member

ABSTRACT

Contamination of toxic substances such as cyanotoxins from toxic blue green algae and disinfected by-products in water supply is a serious health problem worldwide. Microcystins are hepatotoxins produced mainly by *Microcystis aeruginosa* which are widespread in many water sources in Thailand including Mae Kuang reservoir. Raw water from Mae Kuang reservoir is used to produce water supply distributing to all residents in Chiang Mai municipal area. An application of chlorine as a disinfectant is commonly used in the conventional water treatment process. However, chlorine can react with natural organic matter (NOM) to form trihalomethanes (THMs) which are classified as possible human carcinogens. The possibly alternative disinfectant should be adopted to minimize chemical contamination and still effectively controls pathogens. Ozone is a strong disinfectant which was selected to mitigate these problems in this study. Therefore, the efficiency of ozonation in comparison to the conventional chlorination water treatment for removal of these toxic substances was investigated in this study.

The ozonation pilot plant comprised of pre-ozonation, coagulation, sedimentation, filtration and post-chlorination. Ozone was operated at different oxidation-reduction potential (ORP) of 400, 500, 600 and 700 mV. The experiment was performed during August 2004 to March 2005. The level of THMs was measured by gas chromatography with electron capture detector. TOC was determined accordingly to the wet-oxidation method using organic carbon analyzer. Chlorine residual was determined following to the *N-N*-diethyl-*p*-phenylenediamine (DPD) colorimetric method by portable compact photometer with the DPD water test tablet. Protein phosphatase 2A (PP2A) inhibition assay was used to detect microcystins in water samples and the presence of microcystins was confirmed by using high performance liquid chromatography (HPLC).

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

The results show that the level of THMs in chlorinated treated water tended to be higher than ozonated treated water. The THM level in chlorinated treated water ranged between 3-97 μg/L whereas the THM level in ozonated treated water ranged between 0-52 μg/L. The THM level in all ozonated treated water samples was lower than the first stage U.S. EPA maximum contaminant level (MCL) in drinking water of 80 μg/L. Eight percent of these samples were higher than the second stage U.S. EPA MCL in drinking water of 40 μg/L. Whereas, only 2.6% of chlorinated treated water samples contained THMs higher than the first stage U.S. EPA MCL and 68% of these samples were higher than the second stage U.S. EPA MCL. Chloroform was a major species of THM in the treated water.

The concentration of microcystins in all treated water samples was low and below the WHO guideline for drinking water of 1 μg/L. Twenty percent of water samples that contained microcystins by PP2A were tested by HPLC. Only 2 raw water samples contained microcystin-LR by HPLC at very low concentrations (0.04 and 0.03 μg/L). The detection limit for microcystin-LR by HPLC was 2 ng on column. The concentrations of microcystins in the raw, ozonated filtered and chlorinated filtered water were below the PP2A method detection limit (0.54 μg/L). Therefore, the removal efficiency of microcystins by both ozonation and chlorination was not clear, although the concentrations of microcystins in filtered water appeared to be lower than those of in raw water.

The concentrations of THMs in ozonated treated water at each ORP values were not significantly different. However, the optimum ORP for treating Mae Kuang raw water by pre-ozonation was 500 mV. At this ORP, microcystins in treated water appeared to be reduced. Moreover, the efficiency of total organic removal was higher than by chlorination. Therefore, ozonation could be an alternative process to produce drinking water due to its efficiency of reducing the formation of THMs.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การลดการเกิดสารพิษไตรฮาโลมีเทนและการขจัดพิษของไมโครซิสตินในน้ำประปาโดยกระบวนการโอโซเนชัน

ชื่อผู้เขียน นางสาวอรพินท์ เทพสิงห์แก้ว

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พิษวิทยา)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รศ. ดร. วีระวรรณ เรืองยุทธิการณ์ ประธานกรรมการ

ผศ. วิไลลักษณ์ กิจจนะพานิช กรรมการ

บทคัดย่อ

การปนเปื้อนของสารพิษจากสาหร่ายน้ำเงินแกมเขียว และสารพิษที่เกิดจากการใช้สารกำจัดเชื้อโรคเติมลงไปในน้ำประปา เป็นปัญหาสำคัญที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ ไมโครซิสตินเป็นสารพิษที่มีพิษต่อตับ สร้างโดยสาหร่าย *Microcystis aeruginosa* ซึ่งพบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำของประเทศไทย รวมทั้งอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวง ซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่ใช้ในการผลิตน้ำประปาส่งจ่ายในเขตเทศบาลเมืองเชียงใหม่ ปัจจุบันนิยมใช้สารคลอรีนเป็นสารกำจัดเชื้อโรคในระบบผลิตน้ำประปาซึ่งสารคลอรีนสามารถทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ธรรมชาติในแหล่งน้ำก่อให้เกิดสารก่อมะเร็งไตรฮาโลมีเทน เพื่อลดการปนเปื้อนของสารพิษเหล่านี้ในน้ำประปา โอโซนซึ่งเป็นสารกำจัดเชื้อโรคที่มีประสิทธิภาพสูง จึงเป็นทางเลือกหนึ่งและถูกนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการลดการเกิดสารพิษทั้งสองชนิดนี้ในกระบวนการผลิตน้ำประปาโดยระบบการใช้โอโซนเปรียบเทียบกับระบบการใช้คลอรีน

ระบบการใช้โอโซน ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้ การเติมโอโซน โคแอกกูเลชัน การตกตะกอน การกรอง และการเติมคลอรีน กำหนดความเข้มข้นของโอโซนที่เติมในน้ำให้มีค่า oxidation-reduction potential (ORP) 4 ค่า คือ 400, 500, 600 และ 700 มิลลิโวลต์ โดยทำการศึกษาระหว่างเดือนสิงหาคม 2547 ถึง มีนาคม 2548 วิเคราะห์ปริมาณไตรฮาโลมีเทนด้วยวิธีแก๊สโครมา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โตกราฟฟีร่วมกับเครื่องวัดแบบอิเลคตรอน ตามวิธีมาตรฐานการตรวจวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียของสหรัฐอเมริกา วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำด้วยวิธีเวท-ออกซิเดชัน วิเคราะห์ปริมาณคลอรีนอิสระด้วยการวัดสีของสารไดเอทิลเฟนิลีนไดอะมิน และวิเคราะห์ปริมาณไมโครซิสตินด้วยวิธีการยับยั้งเอนไซม์ protein phosphatase 2A (PP2A) และตรวจยืนยันด้วยวิธี high performance liquid chromatography (HPLC)

ผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณไตรฮาโลมีเทนในน้ำประปาจากระบบการใช้คลอรีนมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในน้ำประปาจากระบบการใช้โอโซน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 3-97 ไมโครกรัมต่อลิตร โดยร้อยละ 2.6 ของตัวอย่างมีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มที่ยอมรับได้ระดับที่ 1 ของ สำนักงานคุ้มครองสิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกา คือ 80 ไมโครกรัมต่อลิตร และร้อยละ 68 มีค่าเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มที่ยอมรับได้ระดับที่ 2 คือ 40 ไมโครกรัมต่อลิตร ในขณะที่ปริมาณไตรฮาโลมีเทนในน้ำประปาจากระบบการใช้โอโซนมีค่าอยู่ในช่วง 0-52 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ระดับที่ 1 และร้อยละ 8 มีค่าเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มที่ยอมรับได้ระดับที่ 2 การศึกษาครั้งนี้พบว่าคลอโรฟอร์มเป็นสารในกลุ่มไตรฮาโลมีเทนที่มีปริมาณมากที่สุด

ปริมาณไมโครซิสตินในน้ำดิบและตัวอย่างน้ำจากทั้งสองระบบมีปริมาณต่ำกว่าค่าต่ำสุดที่สามารถวัดได้ (IC10 เท่ากับ 0.54 ไมโครกรัมต่อลิตร) และค่าที่ยอมรับได้ขององค์การอนามัยโลก (1ไมโครกรัมต่อลิตร) ร้อยละ 20 ของตัวอย่างน้ำที่พบปริมาณไมโครซิสตินจากการตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี PP2A ถูกนำมาตรวจยืนยันด้วยวิธี HPLC พบว่าความเข้มข้นของไมโครซิสตินมีปริมาณที่ต่ำมากตรวจวัดไม่ได้ ยกเว้นตัวอย่างน้ำดิบ 2 ตัวอย่าง ตรวจพบไมโครซิสติน 0.04 และ 0.03 ไมโครกรัมต่อลิตร (ค่าต่ำสุดที่สามารถวัดได้เท่ากับ 2 นาโนกรัม เมื่อฉีดเข้าคอลัมน์ 1 ครั้ง) ดังนั้นจึงไม่สามารถเห็นความแตกต่างของประสิทธิภาพการกำจัดไมโครซิสตินจากทั้งสองระบบได้อย่างชัดเจน

ปริมาณไตรฮาโลมีเทนจากการบำบัดด้วยโอโซนที่ค่า ORP ต่าง ๆ มีค่าไม่แตกต่างกัน แต่ความเข้มข้นของโอโซนที่ค่า ORP 500 มิลลิโวลต์ มีแนวโน้มว่าสามารถลดไมโครซิสตินได้ดีกว่าและยังมีประสิทธิภาพในการลดคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำได้ดีกว่าระบบการใช้คลอรีน ดังนั้นโอโซนสามารถลดการเกิดสารพิษไตรฮาโลมีเทนได้ มีประโยชน์ทำให้ลดความเสี่ยงต่อการสัมผัสสารพิษนี้ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตน้ำประปา และอาจเป็นแนวทางหนึ่งสำหรับการผลิตน้ำประปาพร้อมดื่มในอนาคตแทนระบบปัจจุบัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved