การเปรียบเทียบการกำจัดฮาโลอะซิติกแอซิดโดยวิธีไบโอโลจิคอล แอคติเวทเตดคาร์บอนและนาโนฟิลเตรชั่น

นางสาวชลาทิพย์ รัตสุข

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-53-1318-1

COMPARISON OF HALOACETIC ACID REMOVAL BETWEEN BIOLOGICAL ACTIVATED CARBON AND NANOFILTRATION

Miss Chalatip Ratasuk

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy in Environmental Management (Inter-Department)
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2004
ISBN 974-53-1318-1

Thesis Title	Comparison of Haloacetic Acid Removal between Biological Activated Carbon and Nanofiltration
By	Miss Chalatip Ratasuk
Filed of study	Environmental Management
Thesis Advisor	Assistant Professor Chavalit Ratanatamskul, Ph.D.
Thesis Co-Advisor	Assistant Professor Eakalak Khan, Ph.D.
Thesis Co-Advisor	Assistant Professor Charnwit Kositanont, Ph.D.

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Doctor's Degree

....Dean of the Graduate School
(Assistant Professor M.R. Kalaya Tingsabadh, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

....Chairman
(Chantra Tongcumpou, Ph.D.)

Chavalit Rttl
....Thesis Advisor
(Assistant Professor Chavalit Ratanatamskul, Ph.D.)

....Thesis Co-advisor
(Assistant Professor Eakalak Khan, Ph.D.)

........C. Kositanont........Thesis Co-advisor
(Assistant Professor Charnwit Kositanont, Ph.D.)

....Member
(Manaskorn Rachakornkij, Ph.D.)

........Polkit Sangvanich........Member
(Assistant Professor Polkit Sangvanich, Ph.D.)

........Wichien J.........Member
(Wichien Jungrungruang)

ชลาทิพย์ รัตสุข: การเปรียบเทียบการกำจัดฮาโลอะซิติกแอซิดโดยวิธีไบโอโลจิคอลแอคติเวทเตดคาร์บอนและนาโนฟิลเตรชั่น (COMPARISON OF HALOACETIC ACID REMOVAL BETWEEN BIOLOGICAL ACTIVATED CARBON AND NANOFILTRATION อาจารย์ที่ปรึกษา: ผศ. ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม: Asst. Prof. Eakalak Khan, Ph.D., และ ผศ. ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์,๑๑๙ หน้า. ISBN 974 - 53 -1318 -1.

ฮาโลอะซิติกแอซิดเป็นผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากการเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคในกระบวนการผลิตน้ำประปา ซึ่งสารบางตัวมีคุณสมบัติเป็นสารก่อมะเร็ง USEPA กำหนดค่ามาตรฐานของฮาโลอะซิติกแอซิดในน้ำประปาเท่ากับ 60 ไมโครกรัมต่อลิตร และจะลดลงเหลือ 30 ไมโครกรัมต่อลิตร

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองเพื่อศึกษาถึงการกำจัดฮาโลอะซิติกแอซิดด้วยกระบวนการนาโนฟิลเตรชั่น โดยใช้เมมเบรนสามชนิด คือ ES 10, NTR 7410 และ NTR 729 HF เปรียบเทียบกับวิธีไบโอโลจิคอลแอคติเวทเตดคาร์บอน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมมเบรน ES 10 และวิธีไบโอโลจิคอลแอคติเวทเตดคาร์บอน มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันในการกำจัดฮาโลอะซิติกแอซิด ที่ความเข้มข้น 60 และ 90 ไมโครกรัมต่อลิตร คือสามารถกำจัดได้ 95-100 เปอร์เซนต์ แต่วิธีไบโอโลจิคอลแอคติเวทเตดคาร์บอนจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดฮาโลอะซิติกแอซิดได้มากกว่ากระบวนการนาโนฟิลเตรชั่นที่ความเข้มข้น 120 ไมโครกรัมต่อลิตร ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดของกระบวนการนาโนฟิลเตรชั่นคือ ความดัน และความเข้มข้นของสารตั้งต้น ประสิทธิภาพการกำจัดฮาโลอะซิติกแอซิดจะเพิ่มขึ้นที่ความดันและความเข้มข้นของสารตั้งต้นต่ำ สำหรับวิธีไบโอโลจิคอลแอคติเวทเตดคาร์บอนพบว่าการเติมโอโซนไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด โดยสามารถลดฮาโลอะซิติกแอซิดได้น้อยกว่า 20 เปอร์เซนต์ แต่การกรองผ่านไบโอโลจิคอลแอคติเวทเตดคาร์บอนพบว่าสามารถลดฮาโลอะซิติกแอซิดลงได้ประมาณ 80-90 เปอร์เซนต์ ซึ่งจากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่ากระบวนการกรองวิธีไบโอโลจิคอลแอคติเวทเตดคาร์บอนสามารถลดฮาโลอะซิติกแอซิดได้

สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2547

ลายมือชื่อนิสิต..
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา...
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม......................................
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม......................................

4389655220: MAJOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT, KEYWORD: HALOACETIC ACIDS / BIOLOGICAL ACTIVATED CARBON / NANOFILTRATION / DISINFECTION BYPRODUCT / CROSSFLOW/ CHLORINE.

CHALATIP RATASUK: COMPARISON OF HALOACETIC ACID REMOVAL BETWEEN BIOLOGICAL ACTIVATED CARBON AND NANOFILTRATION. THESIS ADVISOR: ASST. PROF. CHAVALIT RATANATHAMSKUL, Ph.D., THESIS CO-ADVISORS: ASST. PROF. EAKALAK KHAN, Ph.D., AND ASST. PROF. CHARNWIT KOSITANONT, Ph.D.,119PP. ISBN 974 -53 -1318 -1.

Haloacetic acids are disinfection by-products generated during the chlorination process in drinking water system. Some of them are suspected human carcinogens. The U.S. Environmental Protection Agency currently limits the maximum contaminant level of sum of five haloacetic acids (HAA_5) in drinking water to 60 ppb, but will soon lower to 30 ppb in the Stage two of the Disinfectants/Disinfection By-products (D/DBP) rule. In this study the removal of 60, 90, and 120 ppb HAA_5 from aqueous solutions using batch scale nanofiltration (NF) using three membranes, ES 10, NTR 7410, and NTR 729 HF and ozone-biological activated carbon (BAC) methods were evaluated and compared.

NF using ES 10 membrane and the ozone-BAC system are comparable in removing HAA_5 at concentrations of 60 and 90 ppb (95-100% removal). Ozone-BAC, however, is more superior at the higher feed concentration of 120 ppb. The performance of the NF membrane was regulated by the operating pressure and concentration of HAA_5 in feed water. Better HAA_5 removal was attained at low operating pressure and low feed concentration. Unlike NF, the performance of ozone-BAC system was uninterrupted by the HAA_5 concentrations. The EBCT of the BAC column was the primary controlling parameter of the system since the pretreatment using ozonation process is considered unnecessary. Less than 20 % of the initial HAA_5 was removed by the reaction with ozone. The majority of HAA_5 (80-90%) was biodegraded in the BAC column. Due to a superior performance of BAC, it is expected that BAC column could be used as a standalone process to control HAA_5.

Filed of Study Environmental Management	Student's Signature Chalatip Ratasuk
Academic Year 2004	Advisor's Signature Chavalit
	Co-advisor's Signature
	C0-advisor's Signature C. Kositanont

ACKNOWLEDGEMENTS

I wish to express my deepest thank to my advisor, Assistant Professor Chavalit Ratanatamskul, for his supervision and guidance throughout this thesis. I am also grateful to my co-advisors, Assistant Professor Eakalak Khan and Assistant Professor Charnwit Kositanont, for their continue guidance and support throughout my research. I would like to take this opportunity to thank Dr.Chantra Tongcumpou, chairman of the committee, Dr. Manaskorn Rachakornkij, Assistance Professor Polkit Sangvanich and Mr. Wichien Jungrungruang, my committee members, for their useful and valuable comments.

I express my thanks to the National Research Center for Environmental and Hazardous Waste Management (NRC-EHWM) for providing my tuition and research grants.

Acknowledgements are also extended to NRC-EHWM and Pollution Control Department (PCD) laboratory staffs for their kind assistance and suggestion in sample analysis

Finally, I would like to give my special thanks to my beloved mother, my sisters, and my friends for their love, understanding, and words of encouragement.

CONTENTS

Page

LIST OF TABLES

LIST OF FIGURES

FIGURE **Page**

NOMENCLATURES

Ak	ratio between pore surface area and total membrane surface area (dimensionless)
AOC	assimilable organic carbon
BAC	biologically activated carbon
C*	average solute concentration in the membrane (mol m^{-3})
Ci	ion i concentration in the system film±membrane (mol m^{-3})
Cmi	ion i concentration at the membrane surface(mol m^{-3})
C_mi	ion i concentration in the membrane at the feed interface (mol m^{-3})
Coi	ion i concentration in the feed (mol m^{-3})
C_{pi}	ion i concentration in the permeate (mol m^{-3})
C^*_{pi}	ion i concentration in the membrane at the permeate interface (mol m^{-3})
D/DBPs	disinfectant/disinfection byproduct
DBPs	disinfection byproduct
D_i	diffusion coefficient of the ion i (m^2 s^{-1})
EBCT	empty bed contact time
F	Faraday (=96487) (C mol^{-1})
F_d	steric hindrance factor relative to diffusive (dimensionless) (=$(1-q)^2$)
F_c	steric hindrance factor relative to convection (dimensionless) (=$2(1-q)^2)-(1-q)^4$)
f(q)	correction factor for wall effects inside the pore relative to diffusion (dimensionless) (=$(1-2.1q+2.1q^3-1.7q^5+0.73q^6)/1-0.76q^5$)
GC/ECD	gaschromatography/electron capture column
g(q)	correction factor for wall effects inside the pore relative to convection (dimensionless) (=$(1-(2/3)q^2-0.2q^5)/1-0.76q^5$)
HAAs	haloacetic acids

HAA_5	five of the regulated haloacetic acid (monochloroacetic acid, dichloroacetic acid, trichloroacetic acid, monobromoacetic acid dibromoacetic acid)
H_2SO_4	sulfuric acid
J_i	ion i flux (mol s^{-1} m^{-2})
J_v	volumetric flux (m s^{-1})
K_{eff}	effective salt transfer coefficient (m s^{-1})
K_{effi}	effective ion i transfer coefficient (m s^{-1})
L_{p}	pure water permeability (m s^{-1} Pa^{-1})
M	factor relative to salt diffusion (m^2 s^{-1})
M_i	factor relative to ion i diffusion (m^2 s^{-1})
M'	factor relative to salt convection (dimensionless)
M'_i	factor relative to ion i convection (dimensionless)
MCLs	maximum contaminant levels
m/s	meter per second
mg/L	milligram per liter
mm	millimeter
MTBE	metyl tert butyl ether
MWCO	molecular weight cutoff
NF	nanofiltration
ppb	part per billion
p_i	ion permeability (m^2 s^{-1})
ΔP	transmembrane pressure (Pa)
q	ratio between the Stokes±Einstein radius of the solute molecule to the pore radius (dimensionless)
R	perfect gas constant (=8.31) (J K^{-1} mol^{-1})
R	observed salt rejection (%)
R_{i}	observed ion rejection (%)
T	absolute temperature (K)
USEPA	United State Environmental Protection Agency
x	distance variable (m)
Δx	capillary length (m)

Z_i	ion charge number (dimensionless)
z_i	ion i valence number (dimensionless)

Greek letters

δ	film thickness (m)
$\Delta\pi$	osmotic pressure difference (Pa)
$\Delta\Psi_D$	Donnan potential (V)
λ	membrane thickness (m)
Φ	solute transmittance (%)
Φi	ion transmittance (%)
Ψ	electrostatic potential of the system (V)
ω	salt permeability ($m\ s^{-1}$)
ω_i	ion permeability ($m\ s^{-1}$)
σ	salt reflection coefficient (dimensionless)
σ_i	ion reflection coefficient (dimensionless)