

การกำจัดสารอินทรีย์ละลายน้ำชนิดชอบน้ำและไม่ชอบน้ำ
ในน้ำธรรมชาติโดยการโคแอกกูเลชันด้วยสารส้ม



นางสาวสุปรีดา หอมกลิ่น

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-53-2209-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

REMOVAL OF HYDROPHILIC AND HYDROPHOBIC DISSOLVED ORGANIC MATTERS
IN NATURAL WATERS BY ALUM COAGULATION

Miss Supreeda Homklin

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Environmental Management (Inter-Department)

Graduate School

Chulalongkorn University

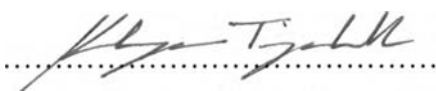
Academic Year 2004

ISBN 974-53-2209-1


Copyright of Chulalongkorn University

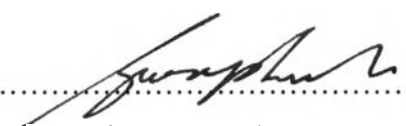
Thesis Title REMOVAL OF HYDROPHILIC AND HYDROPHOBIC DISSOLVED
ORGANIC MATTERS IN NATURAL WATERS BY ALUM
COAGULATION.
By Miss Supreeda Homklin
Field of Study Environmental Management
Thesis Advisor Assistant Professor Suraphong Wattanachira, D.Eng

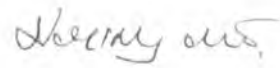
Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial
Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree.


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

THESIS COMMITTEE

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

..... Thesis Advisor
(Assistant Professor Suraphong Wattanachira, D.Eng)

..... Member
(Associate Professor Prasert Pavasant, Ph.D.)

..... Member
(Assistant Professor Chavalit Ratanatamskul, Ph.D.)

สุปรिता หอมกลิ่น : การกำจัดสารอินทรีย์ละลายน้ำชนิดชอบน้ำและไม่ชอบน้ำในน้ำธรรมชาติโดยการโคแอกกูเลชันด้วยสารส้ม (REMOVAL OF HYDROPHILIC AND HYDROPHOBIC DISSOLVED ORGANIC MATTERS IN NATURAL WATERS BY ALUM COAGULATION) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.สุรพงษ์ วัฒนะจิวะ, 101 หน้า. ISBN 974-53-2209-1.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดสารอินทรีย์ละลายน้ำชนิดชอบน้ำและไม่ชอบน้ำในน้ำดิบโดยการโคแอกกูเลชันด้วยสารส้ม เพื่อหาโอกาสการก่อดัวของสารไตรฮาโลมีเทนที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารอินทรีย์ละลายน้ำชนิดชอบน้ำและไม่ชอบน้ำกับสารคลอรีน และเพื่อหาการลดลงของโอกาสการก่อดัวของสารไตรฮาโลมีเทนเนื่องจากการลดสารอินทรีย์ละลายน้ำชนิดชอบน้ำและไม่ชอบน้ำ ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำกระบวนการเรซินแฟรกชันเนชันโดย DAX-8 เรซินมาใช้แยกสารอินทรีย์ละลายน้ำออกเป็นสองชนิดคือสารอินทรีย์ละลายน้ำชนิดชอบน้ำและไม่ชอบน้ำ โดยเก็บตัวอย่างน้ำจาก 3 แหล่ง คืออ่างเก็บน้ำอ่างแก้ว, เขื่อนแม่กวง และแม่น้ำแม่สา จากผลการศึกษาพบว่า การโคแอกกูเลชันที่ ค่า pH เท่ากับ 5.5 และ ความเข้มข้นของสารส้มเท่ากับ 60 มิลลิกรัมต่อลิตร (มก./ลิตร) pH เท่ากับ 6.0 และ ความเข้มข้นของสารส้มเท่ากับ 40 มก./ลิตร และ pH เท่ากับ 6.0 และ ความเข้มข้นของสารส้มเท่ากับ 40 มก./ลิตร เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำจากอ่างเก็บน้ำอ่างแก้ว, เขื่อนแม่กวง และแม่น้ำแม่สา ตามลำดับ โดยสภาวะดังกล่าวสามารถลดสารอินทรีย์ละลายน้ำชนิดชอบน้ำและไม่ชอบน้ำ ในน้ำดิบจาก อ่างเก็บน้ำอ่างแก้ว, เขื่อนแม่กวง และแม่น้ำแม่สา ได้ 33.0 และ 79.6 เปอร์เซ็นต์, 27.6 และ 50.2 เปอร์เซ็นต์, และ 50.9 และ 79.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าโอกาสการก่อดัวของสารไตรฮาโลมีเทนในน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำอ่างแก้ว, เขื่อนแม่กวง และแม่น้ำแม่สา มีค่าเท่ากับ 403.12, 235.87 และ 112.36 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ นอกจากนี้ค่าโอกาสการก่อดัวของสารไตรฮาโลมีเทนที่เกิดจากสารอินทรีย์ละลายน้ำชนิดชอบน้ำจากอ่างเก็บน้ำอ่างแก้ว, เขื่อนแม่กวง และแม่น้ำแม่สา มีค่าเท่ากับ 162.30, 124.61, และ 77.00 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ สำหรับค่าโอกาสการก่อดัวของสารไตรฮาโลมีเทนที่เกิดจากสารอินทรีย์ละลายน้ำชนิดไม่ชอบน้ำจากอ่างเก็บน้ำอ่างแก้ว, เขื่อนแม่กวง และแม่น้ำแม่สา มีค่าเท่ากับ 275.09, 156.82, และ 62.58 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ การโคแอกกูเลชันที่สภาวะที่เหมาะสมสามารถลดค่าโอกาสการก่อดัวของสารไตรฮาโลมีเทนจากสารอินทรีย์ละลายน้ำชนิดไม่ชอบน้ำจากอ่างเก็บน้ำอ่างแก้ว, เขื่อนแม่กวง และแม่น้ำแม่สา ได้ 68.5, 35.4, และ 43.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยสภาวะดังกล่าวสามารถลดค่าโอกาสการก่อดัวของสารไตรฮาโลมีเทนจากสารอินทรีย์ละลายน้ำชนิดชอบน้ำจากอ่างเก็บน้ำอ่างแก้ว, เขื่อนแม่กวง และแม่น้ำแม่สา ได้ 43.1 22.7 และ 25.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และจากการศึกษาพบว่า ลักษณะสัญญาณ EEMs สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อจำแนกชนิดของสารอินทรีย์ละลายน้ำชนิดชอบน้ำและไม่ชอบน้ำได้ โดยการวิเคราะห์ตำแหน่งของ peak และ fluorescent intensities ในลักษณะสัญญาณ EEM ของสารอินทรีย์ละลายน้ำทั้งสองชนิด

สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2547

ลายมือชื่อนิสิต..... สุปรिता หอมกลิ่น
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

4689504420: MAJOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

KEY WORD: TRIHALOMETHANE / FRACTIONATION /ALUM COAGULATION /HYDROPHILIC / HYDROPHOBIC

SUPREEDA HOMKLIN: REMOVAL OF HYDROPHILIC AND HYDROPHOBIC DISSOLVED ORGANIC MATTERS IN NATURAL WATERS BY ALUM COAGULATION. THESIS ADVISOR: ASSIST. PROF. SURAPHONG WATTANACHIRA, D.Eng, 101 pp. ISBN 974-53-2209-1.

The main objectives of this study were to remove hydrophilic and hydrophobic dissolved organic matters (DOMs) in natural waters by alum coagulation, to determine the trihalomethane formation potential (THMFP) created from hydrophilic and hydrophobic DOMs, and to study the reduction of THMFP resulting from the removal of hydrophilic and hydrophobic DOMs. Water samples were collected from Aung-Keaw Reservoir, Mae-Kuang Reservoir, and Mae-Sa River. DAX-8 resin was utilized to isolate DOM into hydrophobic and hydrophilic DOM fractions. According to the results from alum coagulation experiments under conditions of pH values ranging from 5.0 to 7.0 and alum dosages of between 0 and 100 mg/L, it was found that the optimal conditions for DOM removal from water in Aung-Keaw Reservoir, Mae-Kuang Reservoir, and Mae-Sa River were at pH of 5.5 and dosage of 60 mg/L, pH of 6.0 and dosage of 40 mg/L, and pH of 6.0 and dosage of 40 mg/L, respectively. The percentage removal of the hydrophilic DOM fraction in water samples from Aung-Keaw Reservoir, Mae-Kuang Reservoir, and Mae-Sa River by alum coagulation at optimal condition were 33.0, 27.6, and 50.9 percent, respectively. The percentage removal of the hydrophobic DOM fraction in water samples from Aung-Keaw Reservoir, Mae-Kuang Reservoir, and Mae-Sa River were 79.6, 50.2, and 79.9 percent, respectively. THMFPs of raw waters from Aung-Keaw Reservoir, Mae-Kuang Reservoir, and Mae-Sa River were observed at 403.12, 235.87, and 112.36 $\mu\text{g/L}$, respectively. THMFPs created from hydrophilic DOM fractions in water samples from Aung-Keaw Reservoir, Mae-Kuang Reservoir, and Mae-Sa River were observed at 162.30, 124.61, and 77.00 $\mu\text{g/L}$, respectively, while THMFPs created from hydrophobic DOM fractions were at 275.09, 156.82, and 62.58 $\mu\text{g/L}$, respectively. Alum coagulation at optimal condition could reduce THMFP created from hydrophobic fractions in water samples from Aung-Keaw Reservoir, Mae-Kuang Reservoir, and Mae-Sa River by about 68.5, 35.4 and 43.1 percent, respectively, while the percent reduction of THMFP created from hydrophilic fractions of about 43.1, 22.7, and 25.7 percent were observed, respectively. Finally, the EEM technique could be applied for preliminary classification of the major DOM fractions in water according to their peak positions and fluorescent intensities.

Field of study Environmental Management

Academic year 2004

Student's signature.....*Supreeda H.*

Advisor's signature.....*Suraphong*

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my sincere gratitude to my thesis advisor, Assistant Professor Dr. Suraphong Wattanachira, for his kindness, valuable suggestions, guidance and strong encouragement through out the thesis work. Special respect and thanks are also extended to Professor Dr. Hiroaki Furumai, for his valuable suggestions and guidance as co-advisor. I am also thankful to Dr. Manaskorn Rachakornkit, Associate Professor Dr. Prasert Pavasant and Assistant Professor Dr. Chavalit Ratanatamkul for their valuable comments.

Special thanks also go to all of the students and staff at the National Research Center for Environmental and Hazardous Waste Management (NRC-EHWM) program. My appreciation also goes to all the staff members of the Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University for the use of their laboratory facilities and providing me with valuable information. Moreover, I would like to express gratitude to all staffs and friends at Department of Environmental Engineering, Faculty of Environmental Engineering, Chiang Mai University for their warm support and helps over the entire period of this research.

I am also thankful to Mr. Charongpun Musikavong for his valuable, guidance and helping me to fix my thesis report.

Finally, gratitude thanks to my parents, my sister, my aunt and my uncle for their love and inspiration throughout my thesis.

CONTENTS

	Page
ABSTRACT (IN THAI).....	iv
ABSTRACT (IN ENGLISH).....	v
ACKNOWLEDGEMENTS.....	vi
CONTENTS.....	vii
LIST OF FIGURES.....	x
LIST OF TABLES.....	xiii
LIST OF ABBREVIATIONS.....	xiv
CHAPTER I INTRODUCTION.....	1
1.1 Motivation.....	1
1.2 Objectives	2
1.3 Hypotheses.....	2
1.4 Scopes of the work.....	2
1.5 Benefit of this work.....	3
CHAPTER II THEORETICAL BACKGROUND AND LITERATURE	
REVIEWS.....	4
2.1 Disinfection by-product (DBPs).....	4
2.1.1 Chemistry of THMs.....	5
2.1.2 Toxicity of disinfection by-product.....	9
2.1.3 Regulation.....	11
2.1.4 Trihalomethane formation potential.....	14
2.1.5 Factors effecting THM formation	16
2.1.6 THMs precursor parameters.....	20
2.2 Dissolved organic matter.....	20
2.3 Resin fractionation.....	23
2.4 Removal of THM precursor by coagulation.....	24
2.5 Coagulation.....	27
2.5.1 Coagulants.....	27
2.5.2 Jar test.....	29

CHAPTER III METHODOLOGY.....	30
3.1 Sources of raw water.....	30
3.1.1 Aung-Keaw Reservoir.....	30
3.1.2 Mae-Kuang Reservoir.....	31
3.1.3 Mae-Sa Reservoir.....	31
3.2 Sample collection and preservation.....	32
3.3 Experimental procedure.....	32
3.3.1 DOM fractionation.....	34
3.3.2 Coagulation experiment.....	37
3.4 Analytical method and instrument.....	38
3.4.1 pH.....	38
3.4.2 Temperature.....	38
3.4.3 Alkalinity.....	38
3.4.4 Turbidity.....	38
3.4.5 TOC and DOC.....	38
3.4.6 UV-254.....	38
3.4.7 THMFP.....	39
3.4.8 Excitation-Emission Matrix (EEM).....	40
CHAPTER IV RESULTS AND DISCUSSIONS.....	42
4.1 Characteristic of raw waters from Aung-Keaw Reservoir, Mae-Kuang Reservoir, and Mae-Sa River.....	42
4.2 SUVA removal by alum coagulation.....	44
4.3 Optimal condition from DOC removal by alum coagulation.....	47
4.4 Mass distribution of DOM in terms of DOC in raw waters and coagulated water.....	51
4.5 Reduction of trihalomethane formation potential by alum coagulation.....	57
4.6 Specific THMFP.....	61
4.7 Change of EEM signature of total hydrophilic and hydrophobic in raw water and coagulated	64

4.8 Correlation between THMFP and DOM surrogate parameters.....	70
4.9 Application and management.....	79
CHAPTER V CONCLUSIONS	80
CHAPTER VI RECOMMENDATIONS FOR FUTURE WORK.....	82
REFERENCES.....	83
APPENDIX	91
BIOGRAPHY.....	101

LIST OF FIGURES

x

Figure		Page
2.1	Relationships between definitions used in the formation potential test, a sample that did not contain free chlorine at the time of sampling.....	15
2.2	Relationships between definition used in the formation potential test, for a sample that already contained free chlorine at the time of sampling.....	15
3.1	The pictorial view of Aung-Keaw Reservoir.....	30
3.2	The pictorial view of Mae-Kuang Reservoir.....	31
3.3	The pictorial view of Mae-Sa River.....	31
3.4	Overall diagram of experimental procedure.....	34
3.5	Schematic diagram of resin fractionation procedure.....	36
4.1	Residual SUVA and percentage of SUVA removal of the coagulated water of Ang-Keaw Reservoir as a function of alum dosage a different controlled pH.....	45
4.2	Residual SUVA and percentage of SUVA removal of the coagulated water of Mae-Kuang Reservoir as a function of alum dosage a different controlled pH.....	46
4.3	Residual SUVA and percentage of SUVA removal of the coagulated water of Mae-Sa River as a function of alum dosage a different controlled pH.....	47
4.4	Residual DOC and percentage of DOC removal in the coagulated water of Ang-Keaw Reservoir as a function of alum dosage a different controlled pH.....	50
4.5	Residual DOC and percentage of DOC removal in the coagulated water of Mae-Kuang Reservoir as a function of alum dosage a different controlled pH.....	50
4.6	Residual DOC and percentage of DOC removal in the coagulated water of Mae-Sa River as a function of alum dosage a different controlled pH.....	51
4.7	Hydrophilic and hydrophobic dissolved organic matter fractions in term of DOC in raw water.....	52

Figure	Page
4.8 Hydrophilic and hydrophobic dissolved organic matter fractions in term of DOC in raw water and coagulated water from Aung-Keaw Reservoir.....	53
4.9 Hydrophilic and hydrophobic dissolved organic matter fractions in term of DOC in raw water and coagulated water from Mae-Kuang Reservoir.....	54
4.10 Hydrophilic and hydrophobic dissolved organic matter fractions in term of DOC in raw water and coagulated water from Mae-Sa River.	54
4.11 Trihalomethane formation potential of raw water, coagulated water, and their fractionation from Aung-Keaw Reservoir.....	58
4.12 Trihalomethane formation potential of raw water, coagulated water and their fractionation from Mae-Kuang Reservoir.....	59
4.13 Trihalomethane formation potential in raw water, coagulated water, and their fractionation from Mae-Sa River.....	59
4.14 Specific THMFP of raw water, coagulated water, and their fractionated water of Aung-Keaw Reservoir.....	62
4.15 Specific THMFP of raw water, coagulated water, and their fractionated water of Mae-Kuang Reservoir.....	63
4.16 Specific THMFP of raw water, coagulated water, and their fractionated water of Mae-Sa River.....	63
4.17 EEM signature of raw water, coagulated water, and their fractionation from Aung-Keaw Reservoir.....	66
4.18 EEM signature of raw water, coagulated water, and their fractionated water from Mae-Kuang Reservoir.....	67
4.19 EEM signature of raw water, coagulated water, and their fractionated water from Mae-Sa River.....	68
4.20 Correlation between THMFP and DOM surrogate parameters of hydrophilic fractions.....	72
4.21 Correlation between THMFP and DOM surrogate parameters of hydrophobic fractions.....	73

Figure		Page
4.22	Correlation between THMFP and DOM surrogate parameters of raw water and coagulated water before fractionation.....	74
4.23	Correlation between THMFP and DOM surrogate parameters of raw waters, coagulated waters before fractionation, and their fractionated waters.....	75

LIST OF TABLES

xiii

Figure		Page
2.1	List of DBPs.....	5
2.2	Basic chemical and physical characteristic of chloroform.....	6
2.3	Basic chemical and physical characteristic of bromodichloromethane.....	7
2.4	Basic chemical and physical characteristic of dibromochloromethane.....	8
2.5	Basic chemical and physical characteristic of bromoform.....	8
2.6	Cancer classification of THMs.....	11
2.7	Schematic for categorizing chemicals according to carcinogen potential.....	11
2.8	National Primary Drinking Water Regulation Establishing Maximum Contaminant Levels (MCLs) and Maximum Contaminant Level Goals (MCLGs) Related to THMs.....	13
2.9	Dissolved organic matter fraction and chemical group.....	21
2.10	Enhanced coagulation requirement for TOC removal, stage 1 of D/DBP rule.....	26
3.1	The coagulation condition.....	37
3.2	Temperature programs for analyzing THMs.....	40
3.3	Analytical methods, standard and instruments.....	41
4.1	Characteristic of raw waters.....	42
4.2	Mass distribution of DOM in raw water and coagulated water.....	56
4.3	Trihalomethane formation potential (THMFP) in raw waters, coagulated waters and their fractionated water.....	60
4.4	Fluorescent intensity at peak positions of raw water, coagulated water, and their fractionated water from Aung-Keaw Reservoir, Mae-Kuang Reservoir, and Mae-Sa River.....	69
4.5	Correlation between THMFP and DOM surrogate parameters.....	76

LIST OF ABBREVIATIONS

xiv

Al ₂ O ₃	Aluminium Oxide
Al(OH) ₃	Aluminium Hydroxide
Al ₂ (SO ₄) ₃	Aluminium Sulfate
AWWA	American Water Works Association
AWWARF	American Water Works Association Research Foundation
BAT	Best Available Technology
° C	Degree Celsius
CaCO ₃	Calcium Carbonate
Ca(HCO ₃) ₂	Calcium Hydrogen Carbonate
CaSO ₄	Calcium Sulfate
CHBr ₃	Bromoform
CHCl ₂ Br	Bromodichloromethane
CHCl ₃	Chloroform
CHClBr ₂	Dibromochloromethane
COOH	Carboxylic acid
d	Day
DBP	Disinfection By-Product
DBPFP	Disinfection By-Product Formation Potential
D/DBP	Disinfectants/Disinfection By-Product
DHHS	Department of Health and Human Services
DOC	Dissolved Organic Carbon
DOM	Dissolved Organic Matter
EEM	Excitation Emission Matrix
GAC	Granular Activated Carbon
GF/F	Grass Fiber Filter
g/cm ³	Gram per Cubiccentimeters
g/mol	Gram per Molar
HAA	Haloacetic Acid
HAN	Haloacetonitrite
HCl	Hydrochloric acid
HK	Haloketone
HPB	Hydrophobic dissolved organic matter fractions

LIST OF ABBREVIATIONS

HPL	Hydrophilic dissolved organic matter fractions
Hr	Hour
IESWTR	Interim Enhanced Surface Water Treatment
Kg/m ³	Kilogram per Cubicmeter
L/mg-m	Liter per Milligram Meter
lb/ft ³	Pound per Cubic feet
MCL	Maximum Contaminant Level
MCLG	Maximum Contaminant Level Goal
µg/L	Microgram per Liter
µm	Micrometer
m	Meter
M	Molar
m ³ /day	Cubic meter per Day
mg/L	Milligram per Liter
MW	Molecular Weight
nm	Nanometer
NOM	Natural Organic Matter
NTU	Nephero Turbidity Unit
ppm	Part per Million
QSU	Quinine Sulfate Unit
rpm	Round per Minute
SUVA	Specific Ultraviolet Absorption
THM	Trihalomethane
THMFP	Trihalomethane Formation Potential
TTHM	Total Trihalomethane
TOC	Total Organic Carbon
USEPA	United States Environmental Protection Agency
UV	Ultraviolet
UV-254	Ultraviolet Absorption at wave length 254 nanometer
UVA	Ultraviolet Absorption
WHO	World Health Organization