

การติดตามคุณภาพน้ำในระบบผลิตน้ำประปา :
กรณีศึกษาเทศบาลตำบลน้ำคำ จังหวัดศรีสะเกษ

จิตรกร อยู่หนูพะเนา

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี



**MONITORING OF WATER QUALITY IN WATER SUPPLY SYSTEM :
A CASE STUDY OF MUNICIPAL TUMBON NUMKUM, SISAKEH**

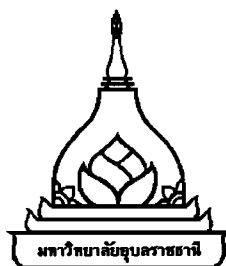
JITTAGORN UNUPANOW

**AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING
MAJOR IN ENVIRONMENTAL ENGINEERING**

**FACULTY OF ENGINEERING
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY**

YEAR 2012

COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY



ใบรับรองการค้นคว้าอิสระ

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์

เรื่อง การติดตามคุณภาพน้ำในระบบผลิตน้ำประปา : กรณีศึกษาเทศบาลตำบลน้ำคำ
จังหวัดศรีสะเกษ

ผู้วิจัย นายจิตรกร อยู่หนูพะเนา

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรรณิกา รัตนพงศ์เลขา)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมนา สิริพัฒนากุล)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพัฒน์พงษ์ มัตราข)

..... คณบดี
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นท แสงเทียน)

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี รับรองแล้ว

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2555

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้ได้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดีด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก
ผศ. ดร.กรรณิกา รัตนพงศ์เลขา อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและ
ข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะแนวทางในการศึกษาเป็นอย่างดีมาตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา
ขอขอบพระคุณ ผศ. ดร.สุมนา สิริพัฒนากุล ประธานกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ และ
ผศ. ดร.สุพัฒน์พงษ์ มัตราข กรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ ที่กรุณาได้ให้ความรู้ คำแนะนำ ในการ
จัดทำรูปเล่มให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่านที่อบรมสั่งสอน
วิทยาการที่เป็นประโยชน์และมอบประสบการณ์ที่ดีตลอดระยะเวลาของการศึกษา

ขอขอบคุณ เทศบาลตำบลน้ำคำ อำเภอเมืองศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ ที่ให้
การสนับสนุนงบประมาณเป็นทุนการศึกษา และให้โอกาสผู้วิจัยได้มาศึกษาในระดับปริญญาโท
จนสำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
ตลอดจนให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องและเป็นประโยชน์กับการศึกษาค้นคว้าอิสระเป็นอย่างดี


(นายจิตรกร อยู่หนูพะเนา)
ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การติดตามคุณภาพน้ำในระบบผลิตน้ำประปา : กรณีศึกษาเทศบาลตำบลน้ำคำ
: จังหวัดศรีสะเกษ

โดย : จิตรกร อยู่หนูพะเนา

ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ประธานกรรมการที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรรณิกา รัตนพงศ์เสนา

ศัพท์สำคัญ : น้ำประปา ระบบประปาผิวดิน คุณภาพน้ำประปา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำประปาที่ได้จากระบบประปาแบบผิวดิน และปริมาณสารส้มที่เหมาะสมสำหรับเติมลงถังตกตะกอน ช่วงระยะเวลาการศึกษา คือ มกราคม ถึง มีนาคม พ.ศ. 2555 โดยแหล่งน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตมาจากกุดเรือ จังหวัดศรีสะเกษ มีคุณลักษณะของน้ำดิบ คือ ค่าความเป็นกรด - ด่าง 6.94 ความขุ่น 12.2 NTU ของแข็งละลายน้ำ 106 มิลลิกรัมต่อลิตร ของแข็งแขวนลอย 8.33 มิลลิกรัมต่อลิตร ความกระด้าง 25.35 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียส 0.038 มิลลิกรัมต่อลิตร เหล็ก 0.694 มิลลิกรัมต่อลิตร และไม่พบแบคทีเรียชนิดฟีคอล โคลิฟอร์ม ผลการศึกษาคุณภาพน้ำที่ผ่านระบบประปาแบบผิวดินพบว่า มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.64 ความขุ่น 10.19 NTU ของแข็งแขวนลอย 7.3 มิลลิกรัมต่อลิตร และเหล็ก 0.243 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่ามาตรฐานเล็กน้อยอาจเนื่องมาจากปริมาณสารส้มที่เติมลงในระบบ และค่าความขุ่นสูงเกินมาตรฐานอาจเกิดจากการปนเปื้อนในระบบท่อส่ง ส่วนการทดสอบหาปริมาณสารส้มที่เหมาะสมสำหรับเติมลงในถังตกตะกอนพบว่าควรใช้สารส้มปริมาณ 20 มิลลิกรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ซึ่งจะให้ค่าความเป็นกรด - ด่างของน้ำเป็น 6.38 และความขุ่นลดลงเหลือ 2.8 NTU

ABSTRACT

TITLE : MONITORING OF WATER QUALITY IN WATER SUPPLY SYSTEM :
A CASE STUDY OF MUNICIPAL TUMBON NUMCUM, SISAKET
BY : JITTAGORN UNUPANOW
DEGREE : MASTER OF ENGINEERING
MAJOR : ENVIRONMENTAL ENGINEERING
CHAIR : ASST. PROF. KARNIKA RATANAPONGLEKA, Ph.D.

KEYWORDS : WATER SUPPLY / SURFACE WATER SUPPLY SYSTEM /
WATER SUPPLY QUALITY

The purpose of this research was to investigate water supply quality from surface water supply system and to find out a suitable quantity of alum using in sedimentation tank. The period of the study was from January to March, 2012. Raw water for a production was from Kud-rua, Sisaket. The characteristics of raw water were pH 6.94, turbidity 12.2 NTU, total dissolved solids 106 mg/l, suspended solids 8.33 mg/l, hardness 25.35 mg/l, manganese 0.038 mg/l, iron 0.694 mg/l and undetected fecal coliform bacteria. The results of water quality from surface water supply system showed that pH was 5.64, turbidity was 10.19 NTU, suspended solids was 7.3 mg/l and iron was 0.243 mg/l. The pH value was found little below standard water quality which was probably because of the alum quantity in the system. The turbidity was above standard since there were some contaminations in distribution system. The alum quantity for adding in sedimentation tank was tested and found that the suitable quantity was 20 mg per liter of water. The pH value was 6.38 and the turbidity decreased to 2.8 NTU.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่	
1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 สถานที่ทำการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ระบบประปาแบบฝัวดิน	4
2.2 แหล่งน้ำฝัวดิน	5
2.3 คุณภาพน้ำประปาฝัวดิน	5
2.4 องค์ประกอบหลักของการผลิตน้ำประปาฝัวดิน	7
2.5 การดูแลระบบผลิตของน้ำประปาฝัวดิน	9
2.6 การทดสอบหาปริมาณสารส้มโดยวิธีจาร์เทสต์	10
2.7 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	14
3.2 การเก็บตัวอย่างและวิธีเก็บรักษาน้ำตัวอย่าง	15
3.3 จุดเก็บตัวอย่างน้ำและพารามิเตอร์ในการตรวจวิเคราะห์	15
3.4 การทดสอบหาปริมาณสารส้มโดยวิธีจาร์เทสต์	18

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	
4.1 ระบบประปาผิวดิน	20
4.2 คุณลักษณะของน้ำดิบที่ใช้ในการผลิต	25
4.3 คุณภาพของน้ำประปาที่ผ่านแต่ละหน่วยการผลิต	26
4.4 การศึกษาปริมาณสารส้ม	28
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
5.1 ระบบประปาผิวดิน	30
5.2 คุณลักษณะของน้ำดิบที่ใช้ในการผลิต	30
5.3 คุณภาพของน้ำประปาที่ผ่านแต่ละหน่วยการผลิต	30
5.4 การศึกษาปริมาณสารส้ม	31
5.5 ข้อเสนอแนะแนวทางการวิจัยต่อไป	31
เอกสารอ้างอิง	32
ภาคผนวก	
ก วิธีการตรวจวิเคราะห์	35
ข ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำตัวอย่าง	45
ประวัติผู้วิจัย	73

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำดิบ	25
4.2	ผลการวิเคราะห์จุดเก็บน้ำตัวอย่างที่โรงสูบน้ำดิบเพื่อทดสอบหาปริมาณสารส้ม	29
ก.1	การกำหนดประเภทแหล่งน้ำผิวดิน	38
ก.2	มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน	39
ก.3	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค	42
ข.1	การเตรียมสารละลายมาตรฐาน (พีเอชบัฟเฟอร์) สูตรต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 °C	48
ข.2	การเตรียมสารละลายมาตรฐานความขุ่น	51
ข.3	ค่าความเข้มข้นสูงสุดของโลหะที่รบกวนการวิเคราะห์	62

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
3.1	รูปแบบแผนงานการวิจัย	14
3.2	แผนผังแสดงขั้นตอนการผลิตน้ำประปาและจุดเก็บตัวอย่างน้ำประปา	18
4.1	แหล่งน้ำดิบ	21
4.2	โรงสูบน้ำดิบ	21
4.3	บ่อรวมตะกอนและเติมสารส้ม	22
4.4	บ่อดกตะกอน	23
4.5	บ่อกรองน้ำ	23
4.6	ถังน้ำใส	24
4.7	หอถังสูง	24
4.8	ค่าความเป็นกรด- ค่างของน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง	26
4.9	ค่าความขุ่นของน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง	27
4.10	ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำของแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง	27
4.11	ปริมาณเหล็กในน้ำของแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง	28

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

“น้ำ” เป็นปัจจัยสำคัญของการดำรงชีวิต และความเป็นอยู่ของสิ่งมีชีวิตทั้งปวง ไม่ว่ามนุษย์หรือสัตว์ต่างก็มีน้ำเป็นองค์ประกอบสำคัญสำหรับมนุษย์นั้น น้ำที่มีค่าสูงที่สุดคือ “น้ำสะอาด” “น้ำสะอาด” คือ น้ำที่ปราศจากเชื้อโรคต่างๆ ที่เหมาะสมสำหรับมนุษย์ในการใช้อุปโภค-บริโภค ซึ่งนั่นก็คือ “น้ำประปา” “น้ำประปา” เป็นน้ำที่ผ่านขบวนการต่างๆ มากมาย ซึ่งกว่าจะเป็นน้ำประปาให้บริการแก่ประชาชนได้นั้น มีขั้นตอนการผลิตหลายขั้นตอน และต้องมีการลงทุนที่สูงมาก

น้ำสะอาดเพื่อการบริโภค-อุปโภค เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อชีวิต และสุขภาพที่ดีของมนุษย์รวมไปถึงการดำรงชีวิตประจำวันในด้านต่างๆ ความพยายามดำเนินการร่วมกันของหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน ในระยะเวลาที่ผ่านมาได้เพิ่มความครอบคลุมของน้ำสะอาด ทั้งในเขตเมืองและเขตชนบทขึ้นเป็นลำดับ ความครอบคลุมของน้ำสะอาด เป็นทั้งตัวชี้วัดความก้าวหน้า และประเมินผลโครงการที่สำคัญจึงมีการสำรวจและวิจัยต่อเนื่องหลายครั้งในระยะเวลาที่ผ่านมาตัวเลขที่ได้จากการสำรวจแต่ละครั้งใช้วิธีการ และคำถามที่แตกต่างกันไป อย่างไรก็ตามสามารถบอกถึงแนวโน้มที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน น้ำที่ใช้เพื่อการอุปโภค-บริโภคในปัจจุบันได้มาจากหลายแหล่ง ได้แก่ น้ำฝน แหล่งน้ำผิวดิน แหล่งน้ำใต้ดิน โดยแหล่งน้ำผิวดินเป็นแหล่งน้ำที่พบเห็นโดยทั่วไปบนพื้นผิวโลก เช่น ห้วย หนอง คลอง บึง แม่น้ำ ทะเล ทะเลสาบ มหาสมุทร เป็นต้น ซึ่งแหล่งน้ำผิวดินที่ใช้เป็นแหล่งน้ำผลิตน้ำประปานั้น ถึงแม้จะมีปริมาณน้ำที่เพียงพอต่อความต้องการ แต่ก็ยังไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้อุปโภค-บริโภค เพราะมีเชื้อโรคและสิ่งสกปรกต่างๆ ปัญหาของคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินที่พบมาก ได้แก่ สภาพการปนเปื้อนของน้ำที่เกิดมาจากสภาพพื้นที่ หรือสภาพของฤดูกาลที่ส่งผลทำให้คุณภาพของน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ การสร้างระบบประปาหมู่บ้านถือว่าเป็นการพัฒนาแหล่งน้ำ เพื่อให้มีน้ำสะอาดไว้ใช้อุปโภค-บริโภคได้ดีที่สุดวิธีหนึ่ง

เทศบาลตำบลน้ำคำ อำเภอเมืองศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ ได้ดำเนินการก่อสร้างระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดิน (ขนาดใหญ่) เมื่อเดือนกันยายน ปีงบประมาณ 2549 โดยใช้แบบมาตรฐานของกรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม งบประมาณในการก่อสร้าง 3,000,000 บาท (สามล้านบาทถ้วน) โดยจ่ายน้ำประปาให้กับ 3 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านหนองคำ

หมู่ที่ 9 บ้านบั่ววอ หมู่ที่ 4 และบ้านน้ำคำ หมู่ที่ 6 ซึ่งระบบประปาตั้งกล่าวตั้งอยู่ที่ บ้านหนองคำ หมู่ที่ 9 โดยใช้น้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน (กุดเรือ) มาทำการผลิตน้ำประปาและได้ประสบปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพของน้ำประปาที่ผลิตได้ยังไม่ได้มาตรฐาน เนื่องจากน้ำยังมีความขุ่นและมีเศษวัชพืชปะปนไปกับน้ำประปา หรือสาเหตุอื่นๆ ที่เกิดขึ้นจากการดูแลระบบ เช่น การเติมสารส้มในปริมาณที่ไม่พอเหมาะกับสภาพน้ำผิวดินที่นำมาใช้ผลิตน้ำประปา การไม่เติมคลอรีนเนื่องจากเครื่องจ่ายคลอรีนชำรุดไม่มีการกำจัดวัชพืชในแหล่งน้ำผิวดิน น้ำประปาไม่ไหลเนื่องจากเครื่องสูบน้ำชำรุด เป็นต้น ในด้านปัญหาคุณภาพของแหล่งน้ำผิวดิน เกิดจากน้ำมีความขุ่นสูงในช่วงต้นฤดูฝน โดยน้ำฝนได้ชะล้างสิ่งเจือปนต่างๆ ในพื้นที่ใกล้เคียงไหลลงสู่แหล่งน้ำผิวดิน ทำให้สภาพน้ำไม่สามารถตกตะกอนได้ในทันทีโดยธรรมชาติ ซึ่งส่งผลให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงคุณภาพน้ำมากขึ้น ปัญหาสาหร่าย และวัชพืช เป็นปัญหามาจากสภาพของแหล่งน้ำ นับว่าเป็นปัญหาสำคัญของการผลิตน้ำประปาเป็นอย่างยิ่ง เพราะทำให้เกิดการอุดตันของหน้าทรายกรองเร็วกว่าปกติและก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นจากสาหร่ายและวัชพืช ปัญหาในด้านปริมาณน้ำน้อย อันเนื่องมาจากสภาพปัญหาหลายประการ เช่น ประชากรมีความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตรมากขึ้น เนื่องจากขยายเขตและปริมาณการเพาะปลูก ความต้องการใช้น้ำประปาในครัวเรือนสูงขึ้นตามอัตราการเพิ่มของประชากร หรือในช่วงเทศกาลทำบุญประเพณีของท้องถิ่น ในช่วงฤดูฝนมีปัญหามีปริมาณน้ำมากเกินไป เป็นผลมาจากสภาพของฝนตกหนักและระดับน้ำล้นตลิ่ง ทำให้เกิดความขุ่นของน้ำผิวดิน ที่นำมาใช้ผลิตน้ำประปา ซึ่งไม่สามารถตกตะกอนได้อย่างเหมาะสมตามธรรมชาติ ทั้งนี้ ปัญหาในด้านคุณภาพน้ำประปาที่ผลิตได้ยังเป็นปัญหาใหญ่ ซึ่งยังไม่เหมาะสมในการนำมาใช้เพื่อการอุปโภค - บริโภค ดังนั้น การจัดหาแหล่งน้ำสะอาดที่ได้มาตรฐานให้กับประชาชนชาวตำบลน้ำคำ จึงต้องคำนึงถึงคุณภาพของแหล่งน้ำที่จะนำมาใช้อุปโภคและบริโภค โดยเฉพาะสิ่งต่างๆ ที่ปนเปื้อนมา กับน้ำเนื่องจากสิ่งต่างๆ ที่ปนเปื้อนมานั้น จะเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคต่างๆ ตลอดจนระบบการผลิตน้ำประปาต้องได้รับการดูแลเอาใจใส่จากผู้รับผิดชอบ เพื่อให้ได้น้ำประปาที่มีคุณภาพ

จากข้อมูลเบื้องต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะติดตามคุณภาพน้ำในระบบการผลิตน้ำประปาผิวดินของเทศบาลตำบลน้ำคำ อำเภอเมืองศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ แล้วใช้ผลการศึกษาที่ได้ เป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตน้ำประปา อันจะส่งผลให้สามารถผลิตน้ำประปาที่มีความสะอาด ปลอดภัย และมีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิจัยในระบบผลิตน้ำประปาแบบผิวดิน (ขนาดใหญ่) ของกรมทรัพยากรน้ำ ที่ดำเนินการโดยเทศบาลตำบลน้ำคำ อำเภอเมืองศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

- 1.2.1 เพื่อศึกษาระบบผลิตน้ำประปาของระบบประปาแบบผิวดิน
- 1.2.2 เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำประปาที่ได้จากระบบประปาแบบผิวดิน
- 1.2.3 เพื่อศึกษาปริมาณสารส้มที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงคุณภาพน้ำประปา

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาเฉพาะกรณีระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดิน (ขนาดใหญ่) โดยเก็บตัวอย่างน้ำประปา ในขั้นตอนการผลิต เพื่อทำการศึกษาวเคราะห์ใน 4 พารามิเตอร์ คือ ความเป็นกรด-ด่าง (pH), ความขุ่น (Turbidity), ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids) และเหล็ก (Fe) จากจุดเก็บตัวอย่าง 6 จุด จำนวน 3 ครั้ง พร้อมทั้งทดสอบหาปริมาณสารส้มที่เหมาะสมสำหรับการตกตะกอนในน้ำดิบ โดยดำเนินการเดือนมกราคม – เดือนมีนาคม พ.ศ. 2555

1.4 สถานที่ทำการวิจัย

1.4.1 ระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดิน (ขนาดใหญ่) ที่อยู่ในความดูแล และรับผิดชอบของเทศบาลตำบลน้ำคำ อำเภอเมืองศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ

1.4.2 ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบแนวทางการปรับปรุงคุณภาพน้ำประปา ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา

1.5.2 ทราบปริมาณสารส้มที่เหมาะสมในการตกตะกอนของน้ำผิวดินในระบบประปาผิวดิน

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบประปาแบบฝวดิน (สำนักบริหารจัดการน้ำ, 2555)

ระบบประปาแบบฝวดิน เป็นระบบประปาที่นำน้ำจากแหล่งน้ำฝวดินผ่านขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยการทำให้น้ำดิบตกตะกอนด้วยกระบวนการทางเคมี (เติมสารละลายสารส้ม) หลังจากผ่านกระบวนการตกตะกอน น้ำจะไหลเข้าสู่ระบบการกรองและไหลเข้าเก็บในถังน้ำใส ทำการฆ่าเชื้อโรคด้วยสารละลายคลอรีน จากนั้นทำการสูบน้ำจากถังน้ำใสด้วยเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งขึ้นหอถังสูง แล้วจึงจ่ายน้ำสะอาดจากหอถังสูงลงสู่ท่อจ่ายน้ำประปา เพื่อจ่ายน้ำให้แก่ประชาชนในหมู่บ้านได้มีน้ำใช้ในการอุปโภค-บริโภค โดยจ่ายน้ำตามท่อส่งน้ำผ่านมาตรวัดน้ำ

2.1.1 เงื่อนไขในการพิจารณาคัดเลือกระบบประปาฝวดิน มีดังนี้

2.1.1.1 มีแหล่งน้ำฝวดินที่มีปริมาณน้ำพอเพียงต่อการผลิตน้ำประปา

2.1.1.2 มีระบบไฟฟ้าในหมู่บ้าน (ถ้าไม่มีไฟฟ้าอาจจะต้องใช้พลังงานแสงอาทิตย์หรือเครื่องยนต์ ซึ่งจะทำให้งบประมาณการก่อสร้างเพิ่มขึ้น)

2.1.1.3 มีบริเวณที่ดินที่จะก่อสร้างระบบประปาหมู่บ้าน ขนาด 25 m x 25 m เป็นที่สาธารณะหรือที่บริจาค

2.1.1.4 มีจำนวนผู้ใช้น้ำ 121-300 หลังคาเรือน

2.1.2 รูปแบบสิ่งก่อสร้างระบบประปาฝวดินขนาดใหญ่ โดยทั่วไปประกอบด้วย

2.1.2.1 โรงสูบน้ำดิบ และเครื่องสูบน้ำดิบ

2.1.2.2 ระบบกรองน้ำฝวดิน ขนาด 10 m³/hr

2.1.1.3 ถังน้ำใสขนาด 100 m³

2.1.2.4 โรงสูบน้ำดีพร้อมเครื่องสูบน้ำดี

2.1.2.5 หอถังสูง ขนาด 30 m³

2.1.2.6 ระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยสารละลายคลอรีน

2.1.2.7 ท่อเมนจ่ายน้ำประปา

การศึกษานี้เป็นการติดตามคุณภาพน้ำในระบบผลิตน้ำประปา ของระบบประปาฝวดิน โดยศึกษาเฉพาะกรณีระบบประปาฝวดิน ซึ่งอยู่ในความดูแลรับผิดชอบ และบริหารจัดการการประปาของเทศบาลตำบลน้ำคำ อำเภอเมืองศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ

2.2 แหล่งน้ำผิวดิน

แหล่งน้ำผิวดิน หมายถึง น้ำฝนที่ตกลงสู่พื้นดิน แล้วไหลลงสู่ที่ต่ำตามแม่น้ำลำคลอง ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ หนอง และบึง น้ำผิวดินนี้จะรวมทั้งน้ำที่ไหลล้นจากใต้ดินเข้ามาสมทบด้วย ดังจะเห็นได้จากลำธารหรือลำห้วยที่มีน้ำไหลอยู่ตลอดปี ไม่ว่าจะมีความฝนตกหรือไม่ ปริมาณน้ำที่ไหลในลำห้วยหรือลำน้ำในระหว่างฤดูแล้ง เป็นน้ำที่สะสมไว้ใต้ดิน และซึมซับมาตลอดเวลาที่ฝนไม่ตก การไหลนองบนพื้นดิน ทำให้น้ำผิวดินได้รับความสกปรกจากสิ่งแวดล้อมในรูปแบบแตกต่างกัน น้ำผิวดินอาจมีความขุ่น และสารอินทรีย์สูง ปริมาณเกลือแร่ในน้ำอาจมีมากหรือน้อยก็ได้ นอกจากนี้ น้ำฝนยังชะล้างสารพิษต่างๆ จากบริเวณเกษตรกรรมให้ไหลมาปนเปื้อนในน้ำผิวดินหรือโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งปล่อยน้ำเสียที่ประกอบด้วยสารพิษหลายชนิดก็จะไหลมาปนเปื้อนในน้ำผิวดินได้เช่นกัน โดยทั่วไปน้ำผิวดินจะมีปริมาณเหล็ก และแมงกานีสเพียงเล็กน้อย และมีค่าการนำไฟฟ้าส่วนใหญ่อยู่ในช่วงของน้ำประปา เพราะน้ำประปาส่วนใหญ่ก็ทำมาจากน้ำดิบ ซึ่งก็คือน้ำผิวดิน

ดังนั้นแหล่งน้ำดิบที่ใช้แหล่งน้ำผิวดินไม่ว่าจะเป็น แม่น้ำ ลำคลอง ห้วย หนอง จะต้องมีการตรวจสอบระดับน้ำสูงสุด และต่ำสุดจากประวัติเดิม เพื่อประโยชน์ในการออกแบบโรงสูบน้ำ และเครื่องสูบน้ำ และจะต้องสำรวจข้อมูลแหล่งน้ำว่ามีน้ำเพียงพอตลอดปี ไม่เคยมีประวัติน้ำแห้ง เพื่อให้แน่ใจว่ามีน้ำดิบมาผลิตน้ำประปาได้ทั้งปี

2.3 คุณภาพน้ำประปาผิวดิน

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการพัฒนาทางเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยีต่าง ๆ มากขึ้น ทำให้มีมลพิษปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมมากขึ้น การพิจารณาคุณภาพน้ำจากการใช้ประสาทสัมผัสของคนเราอย่างเดียวย่อมไม่เพียงพอที่จะทำให้เราเกิดความมั่นใจได้ เพราะสารบางชนิดปนเปื้อนอยู่ในน้ำ โดยที่เราไม่สามารถสังเกตเห็นได้ เช่น ตะกั่ว สารหนู และเชื้อโรคต่าง ๆ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญในการทำให้เกิดโรคต่างๆ ดังนั้น จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ซึ่งมีหน้าที่ในการจัดหาน้ำสะอาดเพื่อใช้ในการอุปโภค-บริโภคของประชาชนให้ได้มาตรฐาน จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบคุณภาพน้ำ โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลัก คือ ทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีววิทยา

การประปาเป็นวิธีทำน้ำให้สะอาด หลักการทำน้ำประปานั้น ก็เพื่อให้ได้น้ำสะอาดปลอดภัย มีปริมาณเพียงพอต่อการผลิต และจ่ายน้ำให้ประชาชนได้ใช้กันอย่างทั่วถึง โดยนำน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินหรือน้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำดิบก็ได้ ระบบการผลิตน้ำประปาผิวดินที่ดำเนินการวิจัย

ในครั้งนี้ ใช้แหล่งน้ำดิบจากแหล่งน้ำผิวดิน จึงจำเป็นต้องผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนจะส่งจ่ายตามท่อให้แก่ผู้ใช้น้ำ เนื่องจากน้ำผิวดินส่วนใหญ่จะมีสารบางอย่าง หรือมีเชื้อโรคเจือปนอยู่ อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรค และเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ โดยตามประกาศกรมอนามัย เรื่อง เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ ซึ่งเห็นควรปรับปรุงคุณภาพน้ำประปา พ.ศ. 2543 เพื่อสนับสนุนนโยบายการส่งเสริมสุขภาพของกรมอนามัย ที่ต้องการให้ประชาชนมีน้ำบริโภคที่สะอาดปลอดภัย อันจะส่งผลให้ประชาชนมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น จึงกำหนดหลักเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาขึ้น เพื่อรับรองเป็นน้ำประปาดื่มได้ โดยต้องมีคุณภาพไม่ด้อยไปกว่าข้อกำหนดดังต่อไปนี้

2.3.1 คุณภาพน้ำทางกายภาพ

2.3.1.1 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 6.5–8.5

2.3.1.2 ความขุ่น (Turbidity) ต้องมีค่าไม่เกิน 5 เอ็นทียู

2.3.1.3 สี (Color) ต้องมีค่าไม่เกิน 15 หน่วย แพลทินัม-โคบอลต์

2.3.2 คุณภาพน้ำทางเคมีทั่วไป

2.3.2.1 สารละลายทั้งหมดที่เหลือจากการระเหย (Total Dissolved Solids)

ต้องมีค่าไม่เกิน 1,000 mg/L

2.3.2.2 ความกระด้าง (Hardness) ต้องมีค่าไม่เกิน 500 mg/L

2.3.2.3 ซัลเฟต (SO_4) ต้องมีค่าไม่เกิน 250 mg/L

2.3.2.4 คลอไรด์ (Cl) ต้องมีค่าไม่เกิน 250 mg/L

2.3.2.5 ไนเตรท (NO_3 as NO_3^-) ต้องมีค่าไม่เกิน 50 mg/L

2.3.2.6 ฟลูออไรด์ (F) ต้องมีค่าไม่เกิน 0.7 mg/L

2.3.3 คุณภาพน้ำทางโลหะหนักทั่วไป

2.3.3.1 เหล็ก (Fe) ต้องมีค่าไม่เกิน 0.5 mg/L

2.3.3.2 แมงกานีส (Mn) ต้องมีค่าไม่เกิน 0.3 mg/L

2.3.3.3 ทองแดง (Cu) ต้องมีค่าไม่เกิน 1.0 mg/L

2.3.3.4 สังกะสี (Zn) ต้องมีค่าไม่เกิน 3.0 mg/L

2.3.4 คุณภาพน้ำทางโลหะหนักที่เป็นพิษ

2.3.4.1 ตะกั่ว (Pb) ต้องมีค่าไม่เกิน 0.01 mg/L

2.3.4.2 โครเมียม (Cr) ต้องมีค่าไม่เกิน 0.05 mg/L

2.3.4.3 แคดเมียม (Cd) ต้องมีค่าไม่เกิน 0.003 mg/L

2.3.4.4 สารหนู (As) ต้องมีค่าไม่เกิน 0.01 mg/L

2.3.4.5ปรอท (Hg) ต้องมีค่าไม่เกิน 0.001 mg/L

2.3.5 คุณภาพน้ำทางแบคทีเรีย

2.3.5.1 แบคทีเรียประเภทโคลิฟอร์ม (Coliform bacteria) ต้องตรวจไม่พบในตัวอย่าง 100 cm³

2.3.5.2 แบคทีเรียประเภทฟีคัลโคลิฟอร์ม (Faecal Coliform bacteria) ต้องตรวจไม่พบในตัวอย่าง 100 cm³

โดยการตรวจวิเคราะห์ วิธีการเก็บตัวอย่าง และรักษาตัวอย่างคุณภาพน้ำประปาจะต้องเป็นไปตามวิธีการหนังสือ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Edition 21st 2005 APHA AWWA WEF (กระทรวงสาธารณสุข, 2553)

2.4 องค์ประกอบหลักของการผลิตน้ำประปาผิวดิน

ระบบผลิตน้ำประปาโดยใช้แหล่งน้ำผิวดินเป็นแหล่งน้ำดิบนั้นจำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้มีคุณภาพตามมาตรฐานน้ำประปา ก่อนที่จะส่งจ่ายให้กับผู้ใช้น้ำ เนื่องจากแหล่งน้ำดิบหรือแหล่งน้ำผิวดินนั้นเป็นแหล่งน้ำที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ซึ่งอาจมีสารปนเปื้อนบางชนิดหรือเชื้อโรคปะปนอยู่ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคร้ายต่างๆ โดยจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้น้ำในระยะสั้นและระยะยาว

วัตถุประสงค์ของการทำระบบประปา ตามนิยามขององค์การอนามัยโลก (Readity Available to the Users) มีอยู่ด้วยกัน 3 ประการ ดังนี้

- (1) ผลิตน้ำสะอาดเพื่อใช้ในการอุปโภคได้โดยปลอดภัย (Safe and Wholesome)
- (2) ผลิตน้ำให้พอกับความต้องการของผู้ใช้น้ำ (Adequate Quantity)
- (3) ใช้ต้นทุนการผลิตต่ำและพร้อมที่จะจ่ายน้ำให้แก่ผู้ต้องการใช้น้ำได้อย่างทั่วถึง

ดังนั้นวัตถุประสงค์หลักในการผลิตน้ำประปาในหมู่บ้าน ชุมชน คือ การผลิตน้ำประปาให้ได้ปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการและมีคุณภาพ ระบบผลิตน้ำประปาโดยทั่วไปที่ใช้น้ำดิบจากแหล่งน้ำผิวดินจำเป็นต้องมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ แหล่งน้ำ โรงผลิตน้ำ และระบบจ่ายน้ำ โดยในส่วนของโรงผลิตน้ำจะเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของการผลิตน้ำประปา ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการทำ ความสะอาดน้ำ ปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบให้มีคุณภาพที่สามารถนำมาใช้ในการอุปโภค-บริโภคได้อย่างปลอดภัย ทั้งนี้แหล่งน้ำดิบและระบบจ่ายน้ำ ก็มีความสำคัญต่อการผลิตน้ำประปาให้มีคุณภาพเช่นกัน ดังนั้น ในการก่อสร้างระบบผลิตน้ำประปาจะต้องให้ความสำคัญกับองค์ประกอบทั้ง 3 ส่วน ไปพร้อมๆ กัน

2.4.1 การสูบน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน การผลิตน้ำประปา เริ่มจาก “โรงสูบน้ำแรงต่ำ” ทำการสูบน้ำดิบจากแหล่งน้ำธรรมชาติ เพื่อลำเลียงเข้าสู่ระบบผลิต ซึ่งน้ำดิบที่สามารถนำมาผลิต

น้ำประปาได้นั้นต้องเป็นน้ำที่ไม่มีสี ไม่มีรส ไม่มีสิ่งสกปรกโสโครกปนเปื้อนเกินกว่าที่กำหนด ซึ่งได้ผ่านการวิเคราะห์ตรวจสอบแล้วว่าสามารถนำมาใช้ผลิตเป็นน้ำประปาได้ และต้องมีปริมาณมากเพียงพอที่จะนำมาผลิตน้ำประปาได้อย่างต่อเนื่อง

2.4.2 การปรับปรุงคุณภาพน้ำผิวดิน น้ำผิวดินที่สูบเข้ามาแล้วจะผสมด้วยสารเคมี เช่น สารส้มและปูนขาวเพื่อทำการปรับปรุงคุณภาพน้ำ สารละลายสารส้มจะช่วยให้มีการตกตะกอนได้ดียิ่งขึ้น และสารละลายปูนขาวจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของตะไคร่น้ำ หรือสาหร่ายในน้ำ หรือบางครั้งจะมีการเติมคลอรีน เพื่อทำการฆ่าเชื้อโรคที่อาจจะปนมากับน้ำ

2.4.3 การตกตะกอน ขั้นตอนนี้จะปล่อยน้ำที่ผสมสารส้ม และปูนขาวแล้วที่ทำให้เกิดการหมุนเวียนเพื่อให้ น้ำกับสารเคมีรวมตัวกันจะช่วยให้มีการจับตัวของตะกอน และจะนำน้ำเหล่านี้ให้เข้าสู่ถังตะกอนที่มีขนาดใหญ่ เพื่อทำให้เกิดน้ำนิ่ง ตะกอนที่มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมากจะตกลงสู่ก้นถังและถูกดูดทิ้ง น้ำใสด้านบนจะไหลตามรางรับน้ำเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

2.4.4 การกรอง ในการกรองจะใช้ทรายหยาบ และทรายละเอียดเพื่อการกรองตะกอนขนาดเล็กมากในน้ำ และให้มีความใสสะอาดมากขึ้น ซึ่งในขั้นตอนนี้ น้ำที่ผ่านการกรองจะมีความใสมาก แต่จะมีความขุ่นหลงเหลืออยู่ประมาณ 0.2 - 2.0 หน่วยความขุ่น และทรายกรองจะต้องล้างทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้การกรองมีประสิทธิภาพ

2.4.5 การฆ่าเชื้อโรค น้ำที่ผ่านการกรองมาแล้วจะมีความใส แต่อาจจะมีเชื้อโรคเจือปนมากับน้ำ ฉะนั้นจึงจะต้องทำการฆ่าเชื้อโรค โดยใช้คลอรีน ซึ่งคลอรีนนี้สามารถฆ่าเชื้อโรคได้เป็นอย่างดี น้ำที่ได้รับการผสมคลอรีนแล้ว เรียกกันว่า “น้ำประปา” สามารถนำมาใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคได้ และจะทำการจัดเก็บไว้ในถังขนาดใหญ่ เรียกว่า ถังน้ำใส

2.4.6 การสูบน้ำ น้ำประปาที่ผลิตมาแล้วนั้น จะต้องให้บริการถึงบ้านเรือนของประชาชนผู้ใช้น้ำ โดยส่งผ่านไปตามเส้นทางจากหอถังสูงที่สามารถให้บริการได้ในพื้นที่ใกล้เคียง และในพื้นที่ห่างไกลออกไป

ดังนั้นทุกขั้นตอนต้องมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการทั้งสิ้น เริ่มจากการสูบน้ำดิบที่จะใช้ทั้งกระแสไฟฟ้า หรือน้ำมันเชื้อเพลิง สารเคมี เช่น สารส้ม ปูนขาว และคลอรีน ก็ต้องมีการจัดซื้อเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำ และฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปา รวมถึงการจัดเก็บและสูบน้ำมายังบ้านเรือนของผู้ใช้น้ำก็ต้องมีเครื่องสูบน้ำ และเส้นทางตลอดจนการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ต่างๆ ของขบวนการผลิต และการส่งลำเลียงที่จะต้องมียกจ่ายเพื่อให้ทุกขั้นตอนการดำเนินการที่สมบูรณ์ น้ำประปาถึงแม้จะมีการเรียกเก็บค่าน้ำ ค่าบริการจากผู้ใช้น้ำนั้นนับได้ว่าเป็นราคาน้ำที่ถูกที่สุด เมื่อพิจารณาถึงคุณภาพน้ำ รวมถึงขั้นตอนการผลิตและส่งจ่ายน้ำประปาถึงทุกครัวเรือน นับว่าเป็นสาธารณูปโภค

ที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิต แต่มีราคาสูงอย่างมาก หากเปรียบเทียบกับการที่จะทำการผลิตน้ำประปาเอง หรือการซื้อน้ำที่มีการจำหน่ายอยู่ทั่วไป

2.5 การดูแลระบบผลิตของระบบประปาผิวดิน (สำนักบริหารจัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ, 2555)

2.5.1 การบำรุงรักษาระบบน้ำดิบ

โดยการเฝ้าระวังแหล่งน้ำไม่ให้เกิดปัญหามลพิษในแหล่งน้ำ และมีการปรับปรุงสภาพแหล่งน้ำโดยการขุดลอก กำจัดวัชพืช

2.5.2 การบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำดิบ และระบบควบคุม

โดยผู้ควบคุมดูแลระบบประปาควรมีสมาชิกที่การใช้งาน และการบำรุงรักษา โดยอาจตรวจสอบเป็นรายวัน รายสัปดาห์ รายเดือน หรือตรวจสอบประจำปี ตามรายละเอียดการตรวจสอบดังต่อไปนี้

2.5.3 การบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำหอยโข่ง

2.5.3.1 ตรวจสอบหัวมิตที่ผิวของห้องหล่อลิ้น โดยใช้เครื่องจับ

2.5.3.2 ตรวจสอบความดันทางเข้าและออกของน้ำ

2.5.3.3 ตรวจสอบการรั่วไหลจากซีลต่าง ๆ

2.5.3.4 ตรวจสอบกระแสไฟฟ้าที่เข้ามอเตอร์

2.5.3.5 ฟังการสั่นสะเทือนและเสียง

2.5.3.6 ตรวจสอบปริมาณน้ำหล่อลิ้นในเสื้อเครื่องสูบน้ำ

2.5.3.7 ตรวจสอบกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าจากหน้าปัดตู้ควบคุม

2.5.3.8 ทำความสะอาดตู้ควบคุม

2.5.3.9 ทำความสะอาดมอเตอร์ไฟฟ้า

2.5.4 การบำรุงรักษาท่อส่งน้ำดิบ

โดยการตรวจสอบการรั่วไหล ของน้ำในเส้นทางที่ปรากฏบนพื้นดิน และได้ดิน ซึ่งบนพื้นดินสามารถตรวจดูได้ด้วยตาเปล่า โดยสังเกตความผิดปกติบริเวณรอบๆ การรั่วไหลใต้ดิน ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการค้นหา เช่น การวัดแรงดันของน้ำ หรือวัดเครื่องเสียง เป็นต้น

2.5.5 การบำรุงรักษาดังสร้างตะกอนและถังตกตะกอน

2.5.5.1 เปิดประตูน้ำระบายตะกอนหลังเสร็จสิ้นการผลิตทุกวัน เพื่อระบายตะกอน

2.5.5.2 ตรวจสอบและซ่อมแซมประตูน้ำที่ชำรุด

2.5.5.3 ตักตะไคร่น้ำและตะกอนเบาที่ลอยน้ำหรือเศษใบไม้ตก ทำความสะอาด
ด้านบนรอบถังตกตะกอน

2.5.5.4 ล้างถังทุก 3 เดือน

2.5.6 การบำรุงรักษาดังกรองน้ำ

2.5.6.1 ดูแลรักษาอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพดี หากมีการรั่วซึม ควรรีบซ่อมแซม
หรือเปลี่ยนใหม่

2.5.6.2 อย่าให้น้ำหน้าทรายกรองแห้ง

2.5.6.3 ล้างถังทุก 3 เดือน

2.5.6.4 ทำความสะอาดทรายกรองตามกำหนด

2.5.7 การบำรุงรักษาดังน้ำใส

2.5.7.1 ดูแลรักษาฝาปิดให้มีมิดชิดไม่ให้มีสิ่งของตกลงไปได้

2.5.7.2 ทำความสะอาดโดยรอบถัง

2.5.7.3 ตรวจสอบสภาพปั๊บบอกระดับน้ำให้อยู่สภาพใช้งานได้

2.5.7.4 ตรวจสอบอุปกรณ์ประตุน้ำให้อยู่สภาพพร้อมใช้งาน

2.5.8 การบำรุงรักษาระบบจ่ายน้ำประปา

2.5.8.1 ตรวจสอบเครื่องสูบน้ำหอยโข่งหากมีอาการผิดปกติ เช่น สูบน้ำได้น้อยลงหรือใช้เวลาสูบน้ำขึ้นถึงสูงนานกว่าปกติ มีกลิ่นเหม็นออกมาจากเครื่องสูบน้ำ หรือมีเสียงดังผิดปกติเกิดขึ้น มอเตอร์ร้อนกว่าปกติ

2.5.8.2 ตรวจสอบการรั่วซึมของระบบท่อและอุปกรณ์ เช่น มีการรั่วซึมของน้ำตามข้อต่อต่าง ๆ หรือไม่ หรือมีการรั่วซึมของน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องสูบน้ำหรือไม่

2.5.9 การตรวจสอบหอถังสูง

2.5.9.1 ตรวจสอบปั๊บบอกระดับน้ำทุกวัน

2.5.9.2 ตรวจสอบสายล่อฟ้าให้อยู่ในสภาพดี ไม่มีการสัมผัสระหว่างทองแดงกับ
หอถังสูง

2.5.9.3 ตัวหอถังสูงต้องไม่มีการรั่วซึม

2.5.9.4 ประตูระบายน้ำอยู่ในสภาพดีไม่เกิดสนิมและมีการรั่วซึม

2.5.9.5 ตรวจสอบการหมุนของมิเตอร์น้ำที่จ่ายน้ำจากหอถังสูงออกสู่ท่อจ่ายน้ำ

2.6 การทดสอบหาปริมาณสารส้มโดยวิธีจาร์เทสต์

การทดสอบหาปริมาณสารส้มที่พอเหมาะสำหรับใช้ตกตะกอนสารแขวนลอยในน้ำดิบ

โดยวิธีจาร์เทสต์ (Jar Test) ซึ่งอาศัยเครื่องมือสำหรับกวนน้ำที่สามารถปรับความเร็วรอบได้ โดยจะมี 6 ใบพัด ซึ่งเรียกว่า Jar Tester และบีกเกอร์ ซึ่งเป็นภาชนะสำหรับใส่น้ำ ในการทดสอบแต่ละครั้งจะเลือกชนิดของสารเคมี และกำหนดสภาวะต่างๆ ได้แก่ ปริมาณน้ำตัวอย่าง ความเร็วรอบ และระยะเวลาการกวนน้ำ ทั้งกวนเร็วและกวนช้า รวมถึงระยะเวลาตกตะกอน การศึกษาปริมาณสารส้มที่เหมาะสมเพื่อตกตะกอนความขุ่นออกจากน้ำดิบ คือ การสร้างตะกอน เป็นกระบวนการทำให้อนุภาคแขวนลอยขาดเสถียรภาพ การเติมสารเคมีในน้ำที่ทำให้ลักษณะสมบัติของน้ำในธรรมชาติที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาและสถานที่ การใช้สารเคมีในปริมาณที่เหมาะสมจึงต้องอาศัยการทดสอบที่เรียกว่า “Jar Test” ซึ่งเป็นการทดสอบหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของการเติม และผสมสารเคมีสำหรับการตกตะกอน และใช้กันแพร่หลายในโรงประปา อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำ Jar Test ส่วนใหญ่เป็นชุดของอุปกรณ์ที่สามารถทำงานพร้อมกันในการทดลองเดียว ซึ่งการทำ Jar Test มีประโยชน์หลายประการ คือ (ก) เปรียบเทียบผลของการใช้สารเคมีสร้างตะกอน ความเข้มข้น ชนิดของสารเคมี (ข) ค่าพีเอชที่เหมาะสม (ค) การเติมและควบคุมความเป็นด่าง (ง) ระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดตะกอน (จ) เงื่อนไขที่เหมาะสมด้านพลังงานที่ใช้ในการกวนเร็วและกวนช้า (ฉ) การทดสอบอื่นๆ เช่น ค่า zeta potential (electrophoretic mobility) ก่อนการทำ Jar Test ควรวิเคราะห์น้ำตัวอย่างเบื้องต้น เช่น วัดค่าพีเอช ความขุ่น ความเป็นด่าง เป็นต้น

สารช่วยสร้างตกตะกอนที่ใช้มีหลายชนิด สารบางประเภทเป็นที่นิยม สารบางชนิดอาจมีข้อจำกัดในการใช้ สารบางชนิดมีราคาแพง การเลือกใช้สารชนิดใดเป็นประเด็นที่ผู้ดูแลระบบประปาแต่ละแห่งต้องพิจารณา เพราะปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการสร้างตะกอนส่วนใหญ่จะแตกต่างกัน เช่น ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย ค่าใช้จ่าย วิธีกำจัดกับเศษตะกอนที่เกิดขึ้นประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น เช่น สารช่วยสร้างตะกอนประเภทที่เป็นสารประกอบของอลูมิเนียม และเหล็กมีใช้กันแพร่หลาย ในขณะที่สารประเภทโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ $[PACl - Al(OH)_x(Cl)_3]$ มีประสิทธิภาพดีในการจับอนุภาคแขวนลอยขนาด 1-2 ไมครอน และช่วยจับตะกอนได้เร็วกว่า แต่ปัญหาคือค่าใช้จ่ายสูงกว่าประมาณสองเท่าของการใช้สารส้ม

2.7 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนตรชนก จันทร์สว่าง นิตยา แซ่ซิ้ม และสุนันท์ บุตรศาสตร์ (2540) ได้ศึกษาคุณภาพน้ำประปาและน้ำกรอง สถาบันราชภัฏมหาสารคาม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำประปาและน้ำกรองที่สถาบันราชภัฏผลิตขึ้นใช้ โดยเก็บตัวอย่างน้ำตรวจหาปัจจัยต่างๆ ผลจากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำพบว่า ค่าพีเอช อยู่ระหว่าง 6.2-7.4 ปริมาณซัลเฟต มีค่าอยู่ระหว่าง 5.17-30.67 mg/L ปริมาณของแข็งทั้งหมด มีค่าอยู่ระหว่าง 121-2,830 mg/L ความกระด้าง มีค่า

อยู่ระหว่าง 60.12-385.77 mg/L คลอไรด์ มีค่าอยู่ระหว่าง 3.92-254.74 mg/L แคลเซียมมีค่า อยู่ระหว่าง 14-219 mg/L แมกนีเซียม มีค่าอยู่ระหว่าง 3-7 mg/L แมงกานีส มีค่าอยู่ระหว่าง 0.10-0.77 mg/L เหล็ก มีค่าอยู่ระหว่าง 0-1.69 mg/L ตะกั่ว มีค่าอยู่ระหว่าง 0-0.08 mg/L โดยส่วนใหญ่ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มของกระทรวงอุตสาหกรรม (มอก.) ยกเว้นน้ำตัวอย่างบางจุดที่มีความ กระด้าง แคลเซียม แมงกานีส เหล็ก และตะกั่ว สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานดังกล่าว สรุปได้ว่า น้ำประปา และน้ำกรองสถาบันราชภัฏมหาสารคาม อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มกระทรวง อุตสาหกรรม (มอก.) อย่างไรก็ดี เพื่อความปลอดภัยในการนำน้ำไปใช้ในการบริโภคควรผ่าน การกรอง และการฆ่าเชื้อโดยการต้ม

สัมพันธ์ พลันสังเกตุ และคณะ (2545) ได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำเพื่อ การประปาของมหาวิทยาลัยทักษิณวิทยาเขตพัทลุงเพื่อให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับสภาพทั่วไปของน้ำ ปริมาณโลหะหนักและไอออนลบบางอย่างที่เจือปนอยู่ในน้ำว่ามีปริมาณเกินมาตรฐานที่จะนำไปผลิต น้ำประปาได้หรือไม่ ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยของน้ำตัวอย่างมีดังนี้ อุณหภูมิ 30.4 °C ค่าความเป็น กรด-ด่าง 6.59 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ 7.0 mg/L ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ 348 mg/L ความกระด้างของน้ำ 11.7 mg/L ปริมาณคลอไรด์ เท่ากับ 9.4 mg/L ปริมาณซัลไฟด์ 7.9 mg/L ปริมาณซัลเฟต 0.3407 mg/L ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 0.20 mg/L ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน 0.485 mg/L ส่วนปริมาณโลหะหนักที่วัดได้ คือ เหล็ก 0.3986 mg/L สังกะสี 0.0723 mg/L ทองแดง 0.0832 mg/L ตะกั่ว ตรวจไม่พบ และแคดเมียม 0.00063 mg/L ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า คุณภาพน้ำในแหล่งเก็บน้ำอยู่ในสภาพดีสามารถนำไปผลิตน้ำประปาได้

วารงคณา สังสิทธิสวัสดิ์ และคณะ (2545) ได้สำรวจคุณภาพแหล่งน้ำดิบและน้ำประปา ในระบบประปาหมู่บ้านในเขตอำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น โดยได้ตรวจวิเคราะห์คุณภาพ น้ำทางกายภาพ ทางเคมีและทางชีวภาพ ดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำดิบสำหรับผลิต ประปาและน้ำประปาหมู่บ้านรวม 10 แห่ง ผลการตรวจวิเคราะห์พบว่าแหล่งน้ำดิบมีคุณภาพน้ำ ทางกายภาพ มีค่าพีเอช 7.5-8.1 ค่าความขุ่น 65-105 NTU คุณภาพน้ำทางเคมีทั่วไป มีสารละลายน้ำ 191-385 mg/L ไนเตรต 0.05-0.30 mg/L ออกซิเจนละลาย 4.98-6.31 mg/L และคุณภาพน้ำทาง ชีวภาพของน้ำดิบจากทุกแหล่งยังอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยต่อการนำมาอุปโภคบริโภคมีจำนวนแบคทีเรีย กลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด 130-9,000 MPN ต่อ 100 ml แบคทีเรียชนิดฟิคอลโคลิฟอร์ม 80-5,000 MPN ต่อ 100 ml แมงกานีส 0.182-0.832 mg/L สังกะสี 0.021-0.052 mg/L ตะกั่ว 0.001-0.049 mg/L โครเมียม 0.002-0.006 mg/L แคดเมียม 0.002-0.004 mg/L คุณภาพน้ำประปาด้านกายภาพ มีค่า พีเอช 6.6-7.5 ค่าความขุ่น 47-81 NTU คุณภาพน้ำทางเคมี มีค่าของแข็งละลายน้ำ 151-329 mg/L ความกระด้าง 65-113 mg/L ไนเตรต 0.1-0.3 mg/L คุณภาพน้ำทางชีวภาพ มีจำนวนแบคทีเรีย

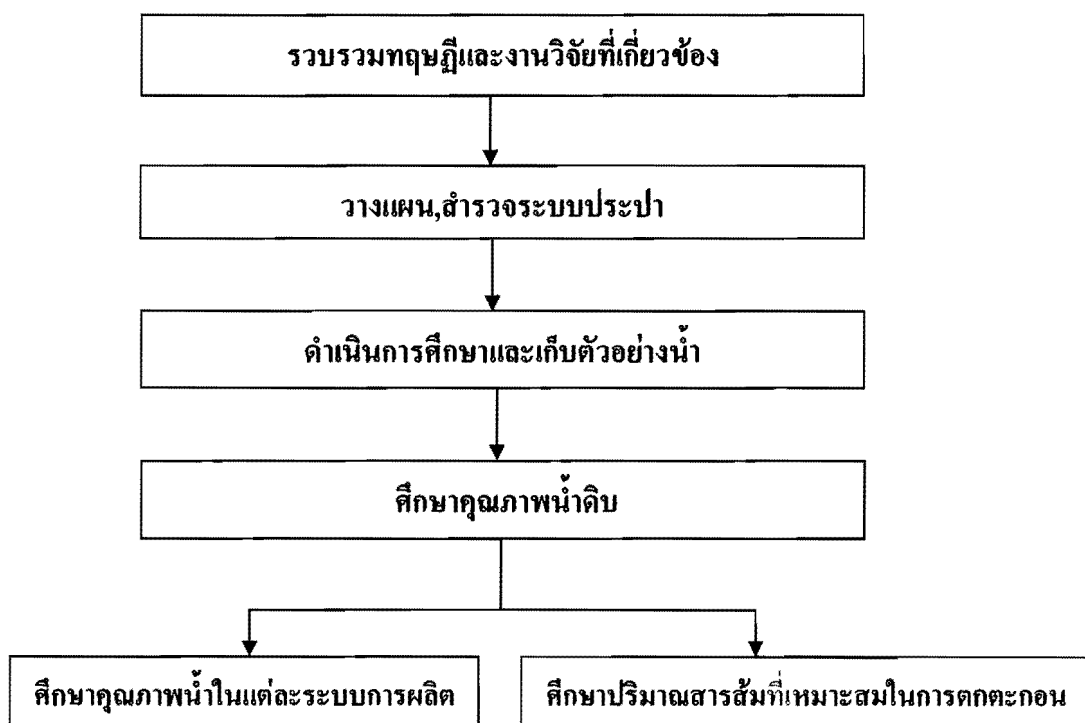
สูงเกินกว่าค่ามาตรฐาน ตรวจพบกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด 210–14,000 MPN/100 ml และแบคทีเรียชนิดฟีคอลโคลิฟอร์ม 130–1,100 MPN/100 ml

นฤมล ประภาสบุตร (2549) ได้ศึกษาการดูแลระบบผลิตและคุณภาพน้ำประปาของระบบประปาผิวดินในเขตจังหวัดขอนแก่น โดยคัดเลือกระบบประปาหมู่บ้านของกรมอนามัยจำนวน 11 แห่ง และระบบประปาของการประปาส่วนภูมิภาคจำนวน 6 แห่ง โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบสำรวจ และเก็บตัวอย่างน้ำประปามาวิเคราะห์คุณภาพ ผลการศึกษาพบว่า ผู้ดูแลระบบประปาหมู่บ้านของกรมอนามัยมีคะแนนการปฏิบัติงาน เฉลี่ยร้อยละ 38.17 คะแนนสภาพระบบประปาเฉลี่ยร้อยละ 59.11 ผู้ดูแลระบบประปาของการประปาส่วนภูมิภาคมีคะแนนการปฏิบัติงานเฉลี่ยร้อยละ 78.70 คะแนนสภาพระบบประปา เฉลี่ยร้อยละ 86.21 คุณภาพน้ำประปาทางด้านกายภาพเคมีและจุลชีววิทยา พบว่า คุณภาพน้ำประปาของระบบประปาหมู่บ้านของกรมอนามัย ร้อยละ 90.10 ไม่ผ่านเกณฑ์กำหนดสูงสุดของมาตรฐานน้ำบริโภค โดยคุณภาพน้ำที่มีปัญหามากที่สุด คือ ด้านจุลชีววิทยา ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 68.18 ด้านกายภาพพบว่าส่วนใหญ่มีปัญหาด้านสี ส่วนคุณภาพด้านเคมีนอกจากมีปริมาณคลอรีนหลงเหลือในน้ำประปาค่ากว่ามาตรฐานที่กำหนด ร้อยละ 77.27 แล้ว ยังพบว่า ประปาหมู่บ้านบางแห่งมีปริมาณคลอรีน เหล็ก แมงกานีส และอลูมิเนียมเกินมาตรฐานน้ำบริโภคด้วย คุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค พบว่ามีปัญหาทางด้านเคมี โดยมีปริมาณคลอรีนหลงเหลือในน้ำประปาน้อยกว่ามาตรฐาน ร้อยละ 33.33 และบางแห่งมีปริมาณอลูมิเนียมเกินมาตรฐานน้ำบริโภค ร้อยละ 25 ส่วนคุณภาพน้ำด้านกายภาพและจุลชีววิทยา พบว่า ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำบริโภคทั้งหมด

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยโดยการเก็บตัวอย่างน้ำในกระบวนการผลิตน้ำประปา แล้วนำไปทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการทางเคมี เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำประปา ในสถานะปัจจุบัน และทำการทดสอบหาปริมาณสารส้มที่เหมาะสมในการปรับสภาพน้ำเพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการปรับปรุงระบบประปาให้ได้คุณภาพน้ำที่สะอาดปราศจากเชื้อโรคและสารปนเปื้อน โดยดำเนินการเก็บข้อมูล 3 ครั้ง เว้นระยะห่างในการเก็บตัวอย่างครั้งละ 1 เดือน โดยเก็บครั้งที่ 1 ในเดือนมกราคม 2555 ครั้งที่ 2 เดือนกุมภาพันธ์ 2555 และครั้งที่ 3 เดือนมีนาคม 2555 โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานตามภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 รูปแบบแผนงานการวิจัย

3.1.1 รวบรวมข้อมูลทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำการค้นคว้าหาข้อมูลจากเอกสารงานวิจัย หนังสือ วารสาร สื่อข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลใช้เป็นแนวทางกำหนดแนวทาง และรูปแบบการวิจัย ใช้ระยะเวลาดำเนินการรวบรวม 4 เดือน เริ่มตั้งแต่เดือนมิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม และเดือนกันยายน 2554

3.1.2 วางแผนและสำรวจระบบประปาที่จะดำเนินการวิจัย ขั้นตอนการผลิตน้ำประปาฝวดิน (ขนาดใหญ่) พื้นที่ในการจ่ายน้ำ จำนวน 3 หมู่บ้าน คือ บ้านหนองคำ หมู่ที่ 9 บ้านข้าวตอก หมู่ที่ 4 บ้านน้ำคำ หมู่ที่ 6 ตำบลน้ำคำ อำเภอเมืองศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ ใช้ระยะเวลาในการวางแผนและสำรวจ 3 เดือน ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2554 ถึง เดือน ธันวาคม 2554

3.1.3 ดำเนินการศึกษา และเก็บตัวอย่างน้ำช่วงเดือน มกราคม 2555 - มีนาคม 2555 เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ ของภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี โดยเก็บตัวอย่าง เพื่อทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี

3.1.4 นำผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำตัวอย่างเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานต่างๆ ที่กำหนดในแต่ละพารามิเตอร์

3.1.5 สรุปผลการศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพน้ำประปา

3.2 การเก็บตัวอย่างและวิธีเก็บรักษาน้ำตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำในขวดพลาสติกใสขนาด 1.25 ลิตร ที่ล้างสะอาดแล้วเก็บน้ำให้เต็มขวด แล้วทำการปิดฝาให้แน่นเพื่อไม่ให้อากาศเข้า จดบันทึกรายละเอียดของตัวอย่างน้ำ วันที่ เวลา สถานที่เก็บตัวอย่าง และจุดที่เก็บตัวอย่างน้ำติดไว้ที่ขวดพลาสติก นำกระดาษอลูมิเนียมฟอยด์ห่อขวดน้ำตัวอย่างเพื่อไม่ให้โดนแสงแดด และใส่ในถังน้ำแข็งเพื่อเก็บรักษาคุณลักษณะของตัวอย่างน้ำให้ใกล้เคียงกับแหล่งที่เก็บมากที่สุด นำมาตรวจวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ในระหว่างรอการวิเคราะห์ แช่ตัวอย่างน้ำในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C

3.3 จุดเก็บตัวอย่างน้ำและพารามิเตอร์ในการตรวจวิเคราะห์

เก็บตัวอย่างน้ำเป็นเวลา 3 เดือน เดือนที่ 1 จำนวน 6 ตัวอย่าง เดือนที่ 2 และเดือนที่ 3 จำนวน 5 ตัวอย่าง เพื่อทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ โดยวิธีวิเคราะห์ตาม Standard Methods For Examination Of Water And Wastewater โดยมีรายการที่วิเคราะห์ ดังนี้ (ดังแสดงในภาพที่ 3.2)

3.3.1 จุดเก็บน้ำตัวอย่าง จุดที่ 1 คือ ที่แหล่งน้ำดิบก่อนที่จะสูบน้ำมาผลิตน้ำประปา พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์มีดังนี้ (วิธีวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ข)

3.3.1.1 ความเป็นกรด - ค่า (pH)

3.3.1.2 ความขุ่น (Turbidity)

3.3.1.3 ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)

3.3.1.4 สารละลายทั้งหมดที่เหลือจากการระเหย (Total Dissolved Solids)

3.3.1.5 ความกระด้าง (Hardness)

3.3.1.6 เหล็ก (Fe)

3.3.1.7 แมงกานีส (Mn)

3.3.1.8 ฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform bacteria)

3.3.2 จุดเก็บน้ำตัวอย่าง จุดที่ 2 คือ น้ำที่ผ่านถังตกตะกอนมาแล้วในกระบวนการผลิตน้ำประปา (น้ำที่ออกจากถังตกตะกอน) ณ สถานีสูบน้ำจ่ายน้ำประปา พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์มีดังนี้

3.3.2.1 ความเป็นกรด - ค่า (pH)

3.3.2.2 ความขุ่น (Turbidity)

3.3.2.3 ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)

3.3.2.4 เหล็ก (Fe)

3.3.3 จุดเก็บตัวอย่าง จุดที่ 3 คือ น้ำที่ผ่านบ่อกรองน้ำมาแล้วในกระบวนการผลิตน้ำประปา (น้ำที่ออกจากบ่อกรองน้ำ) ณ สถานีสูบน้ำจ่ายน้ำประปา พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์มีดังนี้

3.3.3.1 ความเป็นกรด - ค่า (pH)

3.3.3.2 ความขุ่น (Turbidity)

3.3.3.3 ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)

3.3.3.4 เหล็ก (Fe)

3.3.4 จุดเก็บตัวอย่าง จุดที่ 4 คือ น้ำที่ถังเก็บน้ำใส่ก่อนที่จะสูบน้ำขึ้นหอถังสูง (น้ำที่ออกจากถังเก็บน้ำใส่) ณ สถานีสูบน้ำจ่ายน้ำประปา พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์มีดังนี้

3.3.4.1 ความเป็นกรด - ค่า (pH)

3.3.4.2 ความขุ่น (Turbidity)

3.3.4.3 ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)

3.3.4.4 เหล็ก (Fe)

3.3.5 จุดเก็บตัวอย่าง จุดที่ 5 คือ เก็บน้ำจากปลายท่อส่งน้ำที่สิ้นสุดของระบบประปา พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์มีดังนี้

3.3.5.1 ความเป็นกรด- ค่า (pH)

3.3.5.2 ความขุ่น (Turbidity)

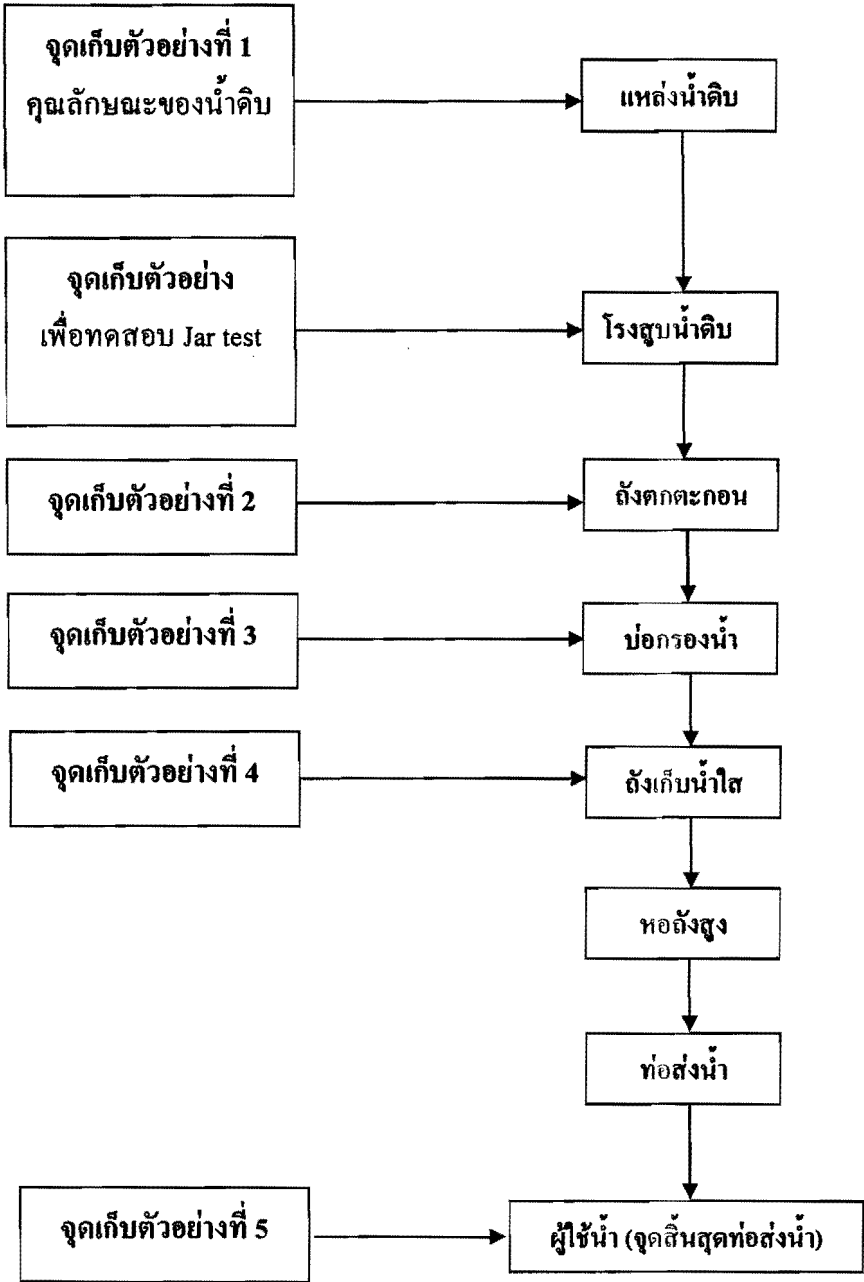
3.3.5.3 ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)

3.3.5.4 เหล็ก (Fe)

3.3.6 จุดเก็บน้ำตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบ ที่โรงสูบน้ำดิบเพื่อทดสอบหาปริมาณสารส้ม (จาร์เทศ) พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์มีดังนี้ (วิธีวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ข)

3.3.6.1 ความเป็นกรด - ด่าง (pH)

3.3.6.2 ความขุ่น (Turbidity)



ภาพที่ 3.2 แผนผังแสดงขั้นตอนการผลิตน้ำประปาและจุดเก็บตัวอย่างน้ำประปา

3.4 การทดสอบหาปริมาณสารส้มโดยวิธีจาร์ทดสอบ

Jar test คือ การทดสอบการสร้างตะกอนสำหรับทำน้ำประปา และการบำบัดน้ำเสีย เพื่อหาปริมาณ และชนิดของสารเคมีที่ใช้ในการสร้างตะกอนที่เหมาะสมกับลักษณะสมบัติของน้ำที่ต้องการ

3.4.1 ขั้นตอนการทดสอบ มีดังนี้

3.4.1.1 เก็บตัวอย่างน้ำผิวดินมาประมาณ 20 ลิตร

3.4.1.2 นำตัวอย่างน้ำดิบจากข้อ 1 มาวัดค่าความขุ่นด้วยเครื่องวัดความขุ่น

3.4.1.3 ตวงน้ำตัวอย่างปริมาตร 1,000 ml ใส่ในบีกเกอร์ จำนวน 6 บีกเกอร์

3.4.1.4 เตรียมสารส้มให้อยู่ในรูปของสารละลาย ที่ความเข้มข้น 5%w/v แล้วเติมลงในบีกเกอร์ตัวอย่าง ในข้อ 3 ที่ความเข้มข้นของสารส้ม 20, 40, 60, 80, 100 mg/L

3.4.1.5 ศึกษาปริมาณสารส้มที่เหมาะสมในการกำจัดความขุ่น ด้วยเครื่อง Jar test โดยกวนเร็ว 100 rpm เป็นเวลา 1 นาที และกวนช้า 30 rpm เป็นเวลา 20 นาที แล้วทิ้งให้ตกตะกอนเป็นเวลา 30 นาที

3.4.1.6 เก็บตัวอย่างจากชุดทดลองทั้ง 6 บีกเกอร์ มาวัดค่าความขุ่นและบันทึกผลการทดลอง

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ได้ดำเนินการศึกษาระบบผลิตน้ำประปา คุณภาพน้ำประปา ที่ได้จากระบบผลิตน้ำประปา พร้อมทั้งทดสอบหาปริมาณสารส้มที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำประปา ในระบบประปาผิวดิน (ขนาดใหญ่) ของเทศบาลตำบลน้ำคำ อำเภอเมืองศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ โดยมีผลการศึกษา ดังนี้

4.1 ระบบประปาผิวดิน

จากการศึกษาระบบประปาผิวดินของเทศบาลตำบลน้ำคำ เป็นระบบประปาที่นำน้ำจากแหล่งผิวดิน คือ กุดเรือโดยใช้เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง นำมาผ่านขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ โดยทำให้น้ำดิบตกตะกอนซึ่งใช้สารละลายสารส้ม เมื่อผ่านกรรมวิธีการรวมตะกอน และการตกตะกอนแล้วนำน้ำเข้าสู่ระบบกรองต่อไปและนำน้ำที่ผ่านกระบวนการกรองแล้วเข้าสู่ถังเก็บน้ำใส และทำการฆ่าเชื้อโรคด้วยสารละลายคลอรีน โดยสูบน้ำไปยังถังน้ำใส จากนั้นทำการสูบน้ำจากถังน้ำใสด้วยเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งขึ้นหอถังสูงแล้วจ่ายน้ำจากหอถังสูงลงสู่ท่อจ่ายน้ำประปาให้กับประชาชน โดยการจ่ายน้ำตามท่อผ่านมาตรวัดน้ำ จากการศึกษาสามารถอธิบายขั้นตอนการผลิตได้ดังนี้

4.1.1 แหล่งน้ำผิวดิน

แหล่งน้ำผิวดิน (ภาพที่ 4.1) ที่นำมาผลิตเป็นน้ำประปาเป็นแหล่งน้ำตามธรรมชาติ มีชื่อว่า กุดเรือ ซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่มีอัตราการไหลน้อยมากเนื่องจากเป็นจุดสุดท้ายของลำน้ำ ตั้งอยู่ห่างแม่น้ำมูลประมาณ 800 เมตร แต่ไม่เชื่อมต่อกับแม่น้ำมูล สภาพน้ำค่อนข้างนิ่ง มีวัชพืชลอยอยู่ผิวน้ำบ้างเล็กน้อย ในช่วงฤดูฝนมีความขุ่นค่อนข้างสูง ตลอดสองฝั่งของลำน้ำประกอบไปด้วยพื้นที่การเกษตร ป่าไม้ ไม่มีโรงงานอุตสาหกรรมและบ้านเรือนของประชาชน อยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำ



ภาพที่ 4.1 แหล่งน้ำดิบ

4.1.2 โรงสูบน้ำดิบ

โรงสูบน้ำดิบ (ภาพที่ 4.2) ทำหน้าที่สูบน้ำดิบจากแหล่งน้ำผิวดิน เข้าสู่ระบบประปาเพื่อทำการผลิตน้ำประปา ตั้งอยู่ห่างจากแหล่งน้ำดิบประมาณ 90 เมตร มีเครื่องสูบน้ำหอยโข่ง จำนวน 2 เครื่อง สูบน้ำจากแหล่งน้ำดิบผ่านท่อเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว เข้าสู่ระบบรวมตะกอนและกระบวนการเติมสารส้ม จากการศึกษาพบว่า มีการนำเครื่องสูบน้ำหอยโข่งไปติดตั้งที่แหล่งน้ำดิบเพื่อสูบน้ำเข้าสู่ระบบผลิตประปา เนื่องจากท่อสูบน้ำดิบมีการรั่วซึมและมีอากาศเข้าไปในท่อ ทำให้เครื่องสูบน้ำหอยโข่งที่โรงสูบน้ำดิบไม่สามารถสูบน้ำขึ้นมาจากแหล่งน้ำดิบได้ เทศบาลตำบลน้ำคำ จึงได้เคลื่อนย้ายเครื่องสูบน้ำหอยโข่งไปติดตั้งที่แหล่งน้ำดิบเพื่อสูบน้ำส่งมาตามท่อสูบน้ำดิบเดิม เป็นการแก้ไขปัญหานี้เบื้องต้น



ภาพที่ 4.2 โรงสูบน้ำดิบ

4.1.3 บ่อรวมตะกอนและเติมสารส้ม

บ่อรวมตะกอนและเติมสารส้ม (ภาพที่ 4.3) ทำหน้าที่รวมตะกอนหรือตกตะกอนในเบื้องต้นโดยให้น้ำไหลวนเวียนภายในบ่อและเติมสารส้มเพื่อลดความขุ่นของน้ำก่อนที่จะไหลต่อไปยังบ่อตกตะกอน บ่อรวมตะกอนนี้ตั้งอยู่ใกล้กับโรงสูบน้ำดิบ ซึ่งเป็นอาคารรวมของระบบผลิตน้ำประปา ประกอบด้วย บ่อรวมตะกอนและเติมสารส้ม บ่อตกตะกอน บ่อกรองน้ำ ระบบสูบน้ำไปยังถังน้ำใสและระบบสูบขึ้นหอถังสูงพร้อมเติมคลอรีน จากการศึกษาพบว่าระบบรวมตะกอนไม่มีการล้างทำความสะอาดทำให้มีเศษตะกอนสะสม มีคราบตะกอนติดตามขอบบ่อเป็นจำนวนมาก ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่บ่อไม่สม่ำเสมอทำให้การไหลวนของน้ำไม่เป็นที่ไปตามระบบการรวมตะกอนที่ถูกต้อง มีการเติมสารส้มโดยใช้วิธีการสังเกตความขุ่นของน้ำดิบซึ่งเป็นการเติมสารส้มที่ไม่ถูกต้องและเหมาะสม



ภาพที่ 4.3 บ่อรวมตะกอนและเติมสารส้ม

4.1.4 บ่อตกตะกอน

บ่อตกตะกอน (ภาพที่ 4.4) ทำหน้าที่เก็บกักน้ำเพื่อให้น้ำเกิดการตกตะกอนให้มากที่สุดก่อนที่จะน้ำจะไหลเข้าบ่อกรองน้ำ จากการศึกษาพบว่าบ่อตกตะกอนมีเศษตะกอนลอยอยู่บนผิวน้ำเล็กน้อย สภาพบ่อไม่มีการทำความสะอาด มีคราบตะไคร่น้ำติดตามผนังของบ่อ น้ำที่อยู่บ่อตกตะกอนยังมีความขุ่นอยู่พอสมควร มีเศษวัชพืชปะปนอยู่ในน้ำ สีของน้ำยังใกล้เคียงกับสีของน้ำที่แหล่งน้ำดิบ



ภาพที่ 4.4 ป่อตกตะกอน

4.1.5 บ่อกรองน้ำผิวดิน

บ่อกรองน้ำ (ภาพที่ 4.5) ทำหน้าที่กรองเศษวัชพืช ตะกอนและสารแขวนลอยเล็กๆ เพื่อต้องการให้ได้สภาน้ำที่ใส โดยผ่านชั้นกรวดกรองและทรายกรองตามลำดับ เป็นกระบวนการก่อนที่น้ำจะไหลเข้าสู่ถังน้ำใส จากการศึกษาพบว่า วัสดุกรองไม่ได้มีการเปลี่ยน และทำความสะอาด บ่อกรองเป็นเวลานาน วัสดุกรองไม่ได้มีวิธีการเรียงลำดับที่ถูกต้อง วัสดุกรอง ยังไม่ได้คุณภาพ ทำให้น้ำที่ไหลออกจากบ่อกรองน้ำยังมีความขุ่นหลงเหลืออยู่



ภาพที่ 4.5 บ่อกรองน้ำ

4.1.6 ถังน้ำใส

ถังน้ำใส (ภาพที่ 4.6) ทำหน้าที่เก็บน้ำใสที่ผ่านบ่อกรองน้ำมาแล้ว ก่อนที่จะสูบจ่ายขึ้นหอถังสูงพร้อมเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคจากการศึกษาพบว่าถังน้ำใสมีตะกอนสะสมที่ก้นถังเป็นจำนวนมาก เนื่องจากการไม่มีการล้างถังน้ำใสเป็นเวลานานทำให้เกิดตะกอนสะสม มีคราบตะไคร่

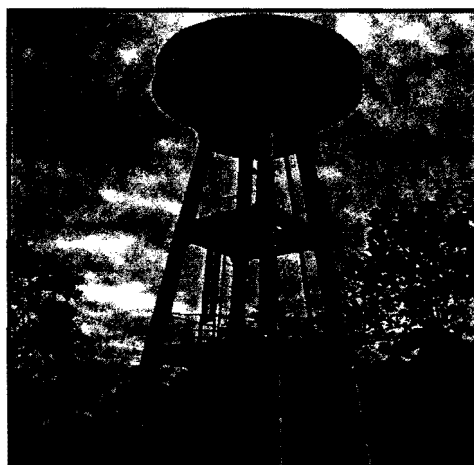
น้ำติดตามผนังเล็กน้อย ในขณะที่ดำเนินการศึกษา เครื่องเคมิสารถ่ายคลอรีนไม่สามารถใช้งาน
ได้เนื่องจากชำรุดเสียหาย แต่ยังไม่มีการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนเครื่องใหม่ ทำให้น้ำที่สูบขึ้นหอถังสูง
เป็นน้ำที่ไม่มีการเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรค มาตรการวัดปริมาณน้ำในถังอยู่สภาพใช้งานได้ สภาพน้ำ
ในถังน้ำใสมีความขุ่นลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพน้ำก่อนผ่านบ่อกรองน้ำ



ภาพที่ 4.6 ถังน้ำใส

4.1.7 หอถังสูง

หอถังสูง (ภาพที่ 4.7) ทำหน้าที่จ่ายน้ำจากถังเก็บน้ำเพื่อจ่ายน้ำประปาที่ผ่าน
กระบวนการผลิตน้ำประปาทั้งระบบไปตามเส้นทางท่อเมนขนาด 3 นิ้ว เพื่อจ่ายน้ำให้กับประชาชน
จำนวน 3 หมู่บ้าน จากการศึกษาพบว่าเมื่อรวบรวมน้ำบริเวณกันดั๋งทำให้น้ำไหลซึมออกจากถังเล็กน้อย
มาตรการวัดปริมาณน้ำในถังอยู่ในสภาพใช้งานได้



ภาพที่ 4.7 หอถังสูง

4.2 คุณลักษณะของน้ำดิบที่ใช้ในการผลิต

จากผลการศึกษาคุณลักษณะของน้ำดิบ ที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา ของเทศบาลตำบล น้ำคำ อำเภอเมืองศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ โดยดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำประปา เดือนมกราคม ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2555 จำแนกตามพารามิเตอร์ต่างๆ เทียบกับมาตรฐานตามประกาศกรมอนามัย เกณฑ์คุณภาพน้ำประปา พ.ศ. 2553 ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความขุ่น (Turbidity) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids) สารละลายทั้งหมดที่เหลือจากการระเหย (Total Dissolved Solids) ความกระด้าง (Hardness) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) แบคทีเรียประเภทโคลิฟอร์ม (Coliform bacteria) แบคทีเรียชนิดฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform bacteria) ผลดังตารางที่ 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำดิบ

พารามิเตอร์ในการวิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์ (เดือน)			ค่าเฉลี่ยที่วัดได้	ค่ามาตรฐาน*ที่กำหนด
	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม		
pH	7.06	6.73	7.03	6.94	6.5-8.5
Turbidity (NTU)	7.15	11	18.45	12.2	ไม่เกิน 5
Total Dissolved Solids (mg/L)	110	96	112	106	ไม่เกิน 1,000
Suspended Solids	12	7	6	8.33	-
Hardness (mg/L)	26.05	24	26	25.35	ไม่เกิน 500
Iron (Fe) (mg/L)	0.389	1.131	0.563	0.694	ไม่เกิน 0.5
Manganese (mg/L)	0.033	0.034	0.047	0.038	ไม่เกิน 0.3
Fecal coliform bacteria (MPN/100ml)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	-	ต้องไม่พบ

หมายเหตุ : * หมายถึง เกณฑ์กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประปา พ.ศ. 2553 กรมอนามัย

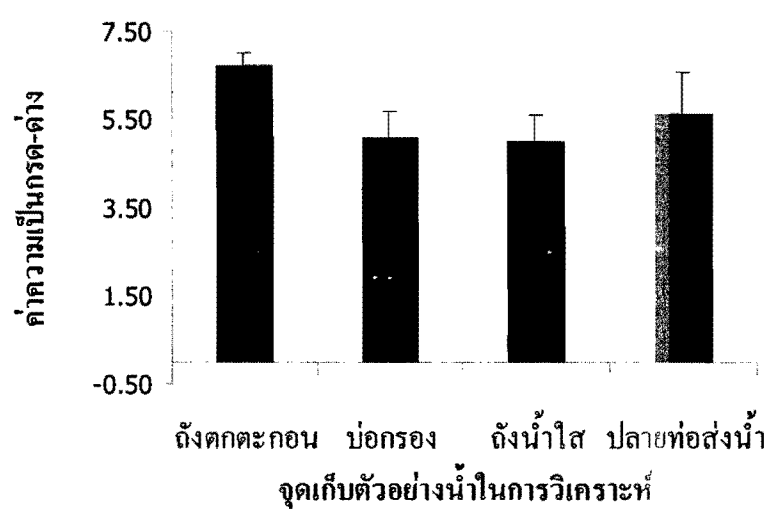
ผลการศึกษาและวิเคราะห์ในแต่ละพารามิเตอร์พบว่าแหล่งน้ำดิบที่นำมาใช้ในการผลิตระบบประปา มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าของแข็งละลายน้ำ ของแข็งแขวนลอย อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้นค่าความขุ่นและค่าเหล็กที่มีค่าเกินมาตรฐานกำหนดไว้ โดยค่าความขุ่นที่วัดได้เฉลี่ย 12.2 NTU มากกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ไม่เกิน 5 NTU ซึ่งอาจเกิดจากในขณะดำเนินการเก็บตัวอย่างยังมีฝนตกชุก โดยเฉพาะช่วงเดือนมีนาคม จึงทำให้ค่าเฉลี่ยที่วัดได้สูงขึ้น

ค่าเหล็กที่วัดได้เฉลี่ย 0.694 mg/L มากกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ ไม่เกิน 0.5 mg/L สาเหตุอาจมาจากแร่ธาตุที่ปนอยู่ในดิน

4.3 คุณภาพของน้ำประปาที่ผ่านแต่ละหน่วยการผลิต

จากการศึกษาและวิเคราะห์คุณภาพของน้ำประปาที่ผ่านแต่ละหน่วยการผลิต จำแนกตามพารามิเตอร์ จำนวน 4 พารามิเตอร์ คือ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความขุ่น (Turbidity) ของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ (Suspended Solids) และ เหล็ก (Fe) ปรากฏผล ดังนี้

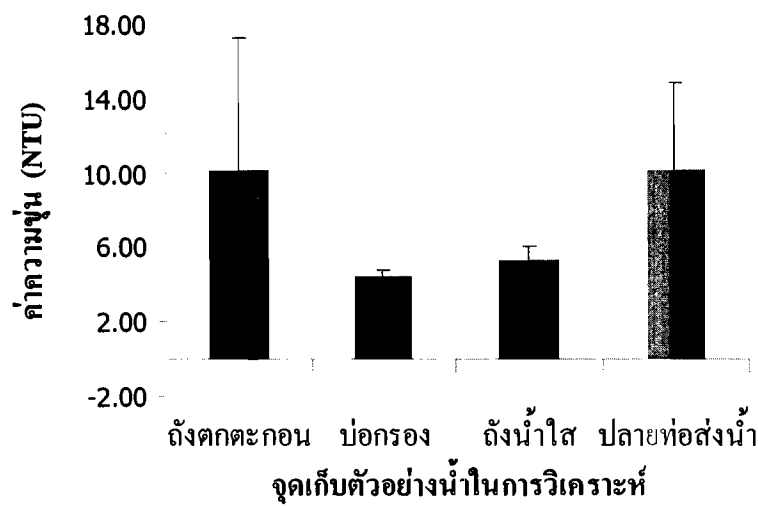
4.3.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ ตามภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

ผลจากการศึกษาและวิเคราะห์พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่จุดดึงตกตะกอนมีค่าเฉลี่ย 6.72 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน น้ำที่จุดบ่อกรองน้ำ มีค่าเฉลี่ยที่ 5.09 น้ำที่จุดดึงน้ำใส มีค่าเฉลี่ย 5.01 และน้ำที่จุดปลายน้ำ มีค่าเฉลี่ย 5.64 ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐาน โดยสาเหตุที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง เริ่มลดลงที่จุดบ่อกรองน้ำอาจมีสารส้มตกค้างอยู่ที่ผิวทรายกรองและเมื่อน้ำผ่านถึงน้ำใสไปถึงปลายท่อมียค่าความความเป็นกรด-ด่าง เพิ่มขึ้น

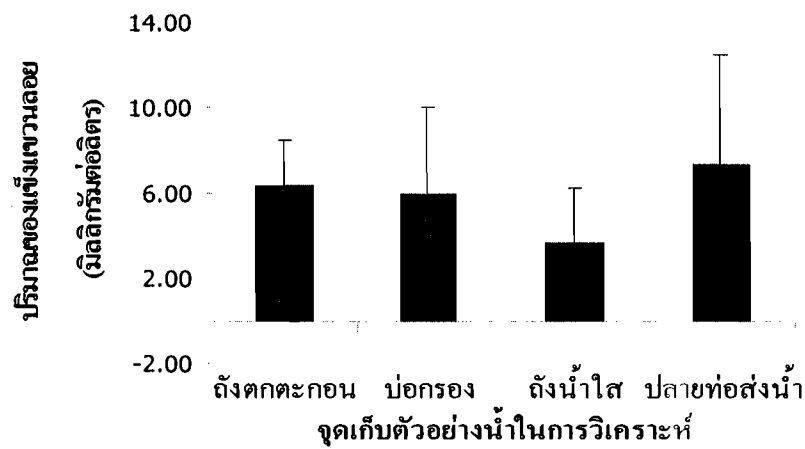
4.3.2 ค่าความขุ่น Turbidity (NTU) สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ ตามภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 ค่าความขุ่นของน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

ผลจากการศึกษาและวิเคราะห์ค่าความขุ่น พบว่า ค่าความขุ่นในน้ำที่ออกจากถังตกตะกอน มีค่าเฉลี่ย 10.21 NTU ซึ่งเกินค่ามาตรฐานกำหนด เนื่องมาจากน้ำจากแหล่งน้ำดิบมีค่าความขุ่นสูง น้ำที่ออกจากบ่อกรองน้ำมีค่าความขุ่นลดลงเหลือ 5.13 NTU น้ำที่ออกจากถังน้ำใสมีค่าความขุ่นเพิ่มเป็น 5.23 NTU ค่าความขุ่นที่ปลายท่อส่งน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 10.19NTU สาเหตุเนื่องจาก ไม่ได้มีการทำความสะอาดบ่อกรองและถังน้ำใสทำให้ความขุ่นเพิ่มขึ้นตามลำดับ

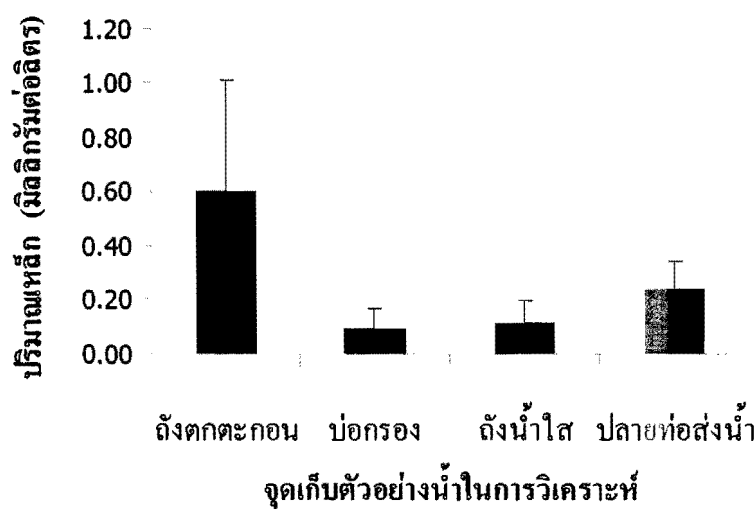
4.3.3 ค่า Suspended Solids สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ตามภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำของแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

ผลจากการศึกษาและวิเคราะห์ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำของแต่ละจุดเก็บตัวอย่างพบว่าปริมาณใกล้เคียงกันโดยในจุดดังกล่าวมีค่าเฉลี่ย 7 mg/L จุดบ่อกรองน้ำมีค่าเฉลี่ย 6 mg/L จุดถังน้ำใสมีค่าเฉลี่ย 3.6 mg/L และที่จุดปลายทางส่งน้ำมีค่า 7.3 mg/L

4.3.4 ปริมาณเหล็ก (Fe) (mg/L) สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ ตามภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.11 ปริมาณเหล็กในน้ำของแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

ผลจากการศึกษาและวิเคราะห์ปริมาณเหล็กพบว่าทั้ง 4 จุด ค่าที่ได้ไม่ได้แตกต่างกันมาก โดยในแต่ละจุดไม่ได้กำจัดปริมาณเหล็กให้หมดไป โดยปริมาณเหล็กที่ดังกตะกอนมีปริมาณ 0.605 mg/L ที่บ่อกรองมีปริมาณ 0.092 mg/L ที่ถังน้ำใสมีปริมาณ 0.114 mg/L และที่ปลายทางส่งน้ำมีปริมาณ 0.243 mg/L

4.4 การศึกษาปริมาณสารส้ม

จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่โรงสูบน้ำดิบก่อนที่จะเติมสารส้มเพื่อทำการทดสอบหาปริมาณสารส้มที่พอเหมาะกับการผลิตเป็นน้ำประปา โดยวิธี Jar test ดังแสดงในตารางที่ 4.2 สามารถอธิบายได้ดังนี้

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์จุดเก็บน้ำตัวอย่างที่โรงสูบน้ำดิบเพื่อทดสอบหาปริมาณสารส้ม

ความเข้มข้น ของสารส้ม	ผลการวิเคราะห์ จาร์เทสต์	
	ค่าความเป็นกรด - ด่าง	ค่าความขุ่น (NTU)
0	7.47	17.2
20	6.38	2.8
40	4.93	3.3
60	4.64	3.1
80	4.49	2.4
100	4.38	3.1

จากผลการทดสอบพบว่าความเข้มข้นของสารส้มที่ 20 mg/L ทำให้ความขุ่นลดลงร้อยละ 16.27 เมื่อเทียบกับน้ำดิบที่ไม่ได้เติมสารส้มและเมื่อใช้สารส้มที่ความเข้มข้นสูงขึ้นจนถึง 100 mg/L ทำให้ค่าความขุ่นเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ในขณะที่ค่าความเป็น กรด-ด่าง ของน้ำเมื่อเติมสารส้มจะมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง จากผลการทดลองจะเห็นว่าความเข้มข้นของสารส้มที่ 80 mg/L ทำให้ค่าความขุ่นลดลงมากที่สุดเหลือเพียง 2.4 NTU แต่ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเหลืออยู่ 4.49 ซึ่งถ้าจะนำน้ำดังกล่าวไปใช้ต้องทำการปรับสภาพน้ำให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.5-8.5 ก่อน โดยอาจใช้การเติมปูนขาวลงไปซึ่งต้องสิ้นเปลือง ค่าสารเคมีประกอบกับค่าความขุ่นของสารส้มที่ความเข้มข้น 20 และ 80 mg/L ไม่ได้แตกต่างกันมากนัก ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับการศึกษานี้ คือ ใช้ความเข้มข้นสารส้ม 20 mg/L ค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.38 ค่าความขุ่น 2.8 NTU

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบผลิตและวิเคราะห์คุณภาพน้ำประปาในระบบผลิตน้ำประปาผิวดิน โดยศึกษาระบบผลิต พร้อมเก็บตัวอย่างน้ำประปาในแต่ละขั้นตอนการผลิตน้ำประปา และทดสอบหาปริมาณสารสัมผัสที่เข้ากับน้ำดิบแล้วเสนอแนะแนวทางปรับปรุงระบบผลิตและคุณภาพน้ำประปา โดยเก็บตัวอย่างน้ำประปามาวิเคราะห์ เพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประปาตามพารามิเตอร์ต่างๆ

ผลการศึกษาเพื่อศึกษาระบบผลิตและวิเคราะห์คุณภาพน้ำประปาในระบบผลิตน้ำประปาผิวดินในระยะเวลา 3 เดือน (มกราคม 2555– มีนาคม 2555) สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

5.1 ระบบประปาผิวดิน ของเทศบาลตำบลน้ำคำ อำเภอเมืองศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ

ระบบประปาผิวดินของเทศบาลตำบลน้ำคำ ประกอบไปด้วย โรงสูบน้ำ ระบบกรองน้ำ ผิวดินขนาด $10 \text{ m}^3/\text{hr}$ ถังน้ำใสขนาด 100 m^3 หอถังสูงขนาด 30 m^3 มีขั้นตอนการผลิตโดยสูบน้ำดิบจากแหล่งน้ำผิวดินนำมาปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยการตกตะกอน การกรอง การฆ่าเชื้อโรค และสูบจ่ายไปตามเส้นทาง โดยพื้นที่บริการ 3 หมู่บ้าน

5.2 คุณลักษณะของน้ำดิบที่ใช้ในการผลิต

คุณลักษณะของน้ำดิบจากแหล่งน้ำดิบจากผลการวิเคราะห์ พารามิเตอร์ที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานประกอบไปด้วยค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าของแข็งแขวนลอย ค่าความกระด้าง และค่าแมกนีสิียม พารามิเตอร์ที่มีค่าเฉลี่ยเกินมาตรฐานประกอบไปด้วย ค่าความขุ่น และ ปริมาณเหล็ก

5.3 คุณภาพของน้ำประปาที่ผ่านแต่ละหน่วยการผลิต

ในขั้นตอนกระบวนการตกตะกอนปริมาณเหล็กและค่าความขุ่นยังมีค่าสูงกว่ามาตรฐาน

กำหนดเมื่อผ่านกระบวนการกรองสามารถกำจัดปริมาณเหล็กได้ตามมาตรฐาน ค่าความขุ่นลดลง แต่ยังมีค่าสูงกว่ามาตรฐาน เมื่อน้ำผ่านออกจากถังเก็บน้ำใสและที่จุดปลายท่อส่งน้ำปริมาณเหล็ก มีค่าสูงขึ้นแต่ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานส่วนค่าความขุ่นมีค่าเพิ่มขึ้นสูงกว่ามาตรฐานกำหนด

5.4 การศึกษาปริมาณสารส้ม

จากการศึกษาปริมาณสารส้ม โดยวิธี Jar test พบว่า ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมที่จะใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำดิบคือใช้ความเข้มข้นของสารส้ม 20 mg/L ทำให้ค่าความขุ่นลดลงเหลือ 2.8 NTU และมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.38

5.5 ข้อเสนอแนะแนวทางการวิจัยต่อไป

5.5.1 ติดตามคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำดิบและในกระบวนการผลิตน้ำประปาในทุกฤดูกาล เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนว่าในแต่ละฤดูกาลคุณภาพน้ำที่ผลิตได้เป็นอย่างไร

5.5.2 ศึกษาวิธีการปรับปรุงสภาพน้ำดิบก่อนนำมาผลิตน้ำประปา

5.5.3 การดูแลรักษา การทำความสะอาดในทุกขั้นตอนของการผลิตน้ำประปา

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข. 2553. เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้. นนทบุรี : กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.
- กรมควบคุมมลพิษ. “มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค”, มาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการบริโภค. http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water01.html#s1. สิงหาคม, 2555.
- _____. “มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน”, มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน. http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water05.html#s3. กรกฎาคม, 2555.
- เชษฐพันธุ์ กาพแก้ว. “ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดิน”, วารสารการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม. 22(3) : กรกฎาคม- กันยายน, 2542.
- เนตรชนก จันทร์สว่าง และคณะ. 2540. รายงานการวิจัย เรื่อง การศึกษาน้ำประปาและน้ำกรอง. มหาสารคาม : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏมหาสารคาม.
- นันทิน ดันทุลเวศน์. 2543. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร : คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์ และคณะ. 2545. รายงานการวิจัยเรื่อง คุณภาพแหล่งน้ำดิบและน้ำประปาในระบบประปาหมู่บ้าน. ขอนแก่น : คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สัมพันธ์ พลันสังเกตุ และคณะ. 2545. รายงานการวิจัย เรื่อง การวิเคราะห์คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำเพื่อการประปาของมหาวิทยาลัยทักษิณ. พัทลุง : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- สำนักบริหารจัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. “เงื่อนไขการใช้แบบมาตรฐานการก่อสร้างระบบประปาหมู่บ้าน”, แบบมาตรฐานระบบประปาผิวดินขนาดใหญ่. <http://202.129.59.73/tw/tw/std6/index.htm>. สิงหาคม, 2555.

ภาคผนวก

.....

|

ภาคผนวก ก
การกำหนดมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำ

1.1 การกำหนดมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำ

มาตรา 32 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 บัญญัติให้คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติกำหนดมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมเพื่อเป็นเป้าหมายในการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ซึ่งมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมนี้จะต้องอาศัยหลักวิชาการ และหลักการทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานโดยจะต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

1.2 มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำเป็นมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมชนิดหนึ่งมีวัตถุประสงค์

1) เพื่อควบคุมและรักษาคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำให้เหมาะสมกับการใช้ประโยชน์ และมีความปลอดภัยต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน

2) เพื่ออนุรักษ์ทรัพยากรและสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ

2 ฉบับ คือ มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน และมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ต่อคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติซึ่งฯพณฯ นายกรัฐมนตรี ในฐานะประธานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ได้ลงนามเมื่อวันที่ 20 มกราคม 2537

หลักการสำคัญในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำได้แก่การกำหนดค่ามาตรฐานเพื่อรักษาคุณภาพน้ำให้เหมาะสมกับการใช้ประโยชน์ การจัดแบ่งลักษณะการใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำ และการกำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำ

1.3 หลักเกณฑ์ในการพิจารณากำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำ

ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำที่ได้จัดทำขึ้น มีหลักเกณฑ์ที่สำคัญดังนี้

1) ความเหมาะสมต่อการนำมาใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่อประเภทในกรณีแหล่งน้ำนั้นมีการใช้ประโยชน์หลายด้าน (Multi Purposes) โดยคำนึงถึงการใช้ประโยชน์หลักเป็นสำคัญ ทั้งนี้ ระดับมาตรฐานจะไม่ขัดแย้งต่อการใช้ประโยชน์หลายด้านพร้อมกัน

2) สถานการณ์คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำหลักของประเทศ และแนวโน้มของคุณภาพน้ำที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการพัฒนาต่าง ๆ ในอนาคต

3) คำนึงถึงสุขภาพและความปลอดภัยของชีวิตมนุษย์และสัตว์น้ำส่วนใหญ่

4) ความรู้สึกพึงพอใจในการยอมรับระดับคุณภาพน้ำในเขตต่าง ๆ ของประชาชนใน

พื้นที่ลุ่มน้ำหลักและของประชาชนส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตาม การปรับปรุงค่ามาตรฐานในอนาคต จำเป็นจะต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมของระดับการลงทุน และภาวะทางเศรษฐกิจในพื้นที่ลุ่มน้ำที่อยู่ในแผนการพัฒนาตลอดจนความเป็นไปได้ในเทคโนโลยีในการบำบัดของเสีย และสารพิษจากแหล่งกำเนิดของเสีย ซึ่งได้แก่ กิจกรรมที่เกิดขึ้นจากการวางแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมด้วย

1.4 วัตถุประสงค์ในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำ

เพื่อเป็นแนวทางการรักษาคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำที่คงสภาพดี เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ และฟื้นฟูคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำที่เสื่อมโทรม หรือมีแนวโน้มของการเสื่อมโทรมให้มีสภาพที่ดีขึ้น

1.5 เป้าหมายในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน

- 1) เพื่อให้มีการจัดทำแบ่งประเภทแหล่งน้ำโดยมีมาตรฐานระดับที่เหมาะสมและสอดคล้องกับการใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำ
- 2) เพื่อให้มีมาตรฐานคุณภาพน้ำและวิธีการตรวจสอบที่เป็นหลักสำหรับกาวางแผนโครงการต่างๆ ที่ต้องคำนึงถึงแหล่งน้ำเป็นสำคัญ
- 3) เพื่อรักษาคุณภาพแหล่งน้ำตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นต้นน้ำลำธารให้ปราศจากการปนเปื้อนจากกิจกรรมใดๆทั้งสิ้น กรมควบคุมมลพิษได้ประกาศกำหนดมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินไปแล้วจำนวน 26 สาย ได้แก่

แม่น้ำเจ้าพระยา	แม่น้ำท่าจีน	แม่น้ำแม่กลอง	แม่น้ำบางปะกง
แม่น้ำปราชินบุรี	แม่น้ำสงคราม	แม่น้ำพอง	แม่น้ำชี
ลำตะคอง	แม่น้ำเพชรบุรี	แม่น้ำปากพนัง	แม่น้ำปัตตานี
แม่น้ำพุมดวง	แม่น้ำระยอง	แม่น้ำจันทบุรี	แม่น้ำตรวด
แม่น้ำยม	แม่น้ำปิง	แม่น้ำน่าน	แม่น้ำกก
แม่น้ำอิง	แม่น้ำกวัง	แม่น้ำจาง	แม่น้ำป่าสัก
แม่น้ำน้อย	แม่น้ำสะแกกรัง	แม่น้ำนครนายก	แม่น้ำมูล
แม่น้ำตาปี	แม่น้ำวัง	แม่น้ำลี้	แม่น้ำลพบุรี

ตารางที่ ก.1 การกำหนดประเภทแหล่งน้ำผิวดิน

ประเภทแหล่งน้ำ	การใช้ประโยชน์
ประเภทที่ 1	ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน (2) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน (3) การอนุรักษ์ระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ
ประเภทที่ 2	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน (2) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ (3) การประมง (4) การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ
ประเภทที่ 3	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน (2) การเกษตร
ประเภทที่ 4	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน (2) การอุตสาหกรรม
ประเภทที่ 5	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

ตารางที่ ก.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (กรมควบคุมมลพิษ, 2555)

ดัชนีคุณภาพน้ำ ¹	หน่วย	ค่าทางสถิติ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด ² ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์					วิธีการตรวจสอบ
			ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5	
1.สี กลิ่นและรส (Colour,Odour and Taste)	-	-	๐	๐'	๐'	๐'	-	-
2.อุณหภูมิ (Temperature)	°C	-	๐	๐'	๐'	๐'	-	เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer) วัดขณะทำการเก็บตัวอย่าง
3.ความเป็นกรดและด่าง (pH)	-	-	๐	5-9	5-9	5-9	-	เครื่องวัดความเป็นกรดและด่างของน้ำ (pH meter)ตามวิธีหาค่าแบบ Electrometric
4.ออกซิเจนละลาย (DO) ²	mg/L	P20	๐	6.0	4.0	2.0	-	Azide Modification
5.บีโอดี (BOD)	mg/L	P80	๐	1.5	2.0	4.0	-	Azide Modificationที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วันติดต่อกัน
6.แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	MPN/100 ml	P80	๐	5,000	20,000	-	-	Multiple Tube Fermentation Technique
7.แบคทีเรียกลุ่มฟีคอล โคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bateria)	MPN/100 ml	P80	๐	1,000	4,000	-	-	Multiple Tube Fermentation Technique
8.ไนเตรต (NO3)ในหน่วยไนโตรเจน	mg/L	-	๐	5.0			-	Cadmium Reduction

ตารางที่ ก.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (กรมควบคุมมลพิษ, 2555) (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ ¹	หน่วย	ค่าทางสถิติ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด ² ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์					วิธีการตรวจสอบ
			ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5	
9.แอมโมเนีย (NH3)ในหน่วยไนโตรเจน	mg/L	-	๐	0.5			-	Distillation Nesslerization
10.ฟีนอล (Phenols)	mg/L	-	๐	0.005			-	Distillation,4-Amino antipyrène
11.ทองแดง (Cu)	mg/L	-	๐	0.1			-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
12.นิกเกิล (Ni)	mg/L	-	๐	0.1			-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
13.แมงกานีส (Mn)	mg/L	-	๐	1.0			-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
14.สังกะสี (Zn)	mg/L	-	๐	1.0			-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
15.แคดเมียม (Cd)	mg/L	-	๐	0.005* 0.05**			-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
16.โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ (Cr Hexavalent)	mg/L	-	๐	0.05			-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
17.ตะกั่ว (Pb)	mg/L	-	๐	0.05			-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
18.ปรอททั้งหมด (Total Hg)	mg/L	-	๐	0.002			-	Atomic Absorption-Cold Vapour Technique
19.สารหนู (As)	mg/L	-	๐	0.01			-	Atomic Absorption -Direct Aspiration
20.ไซยาไนด์ (Cyanide)	mg/L	-	๐	0.005			-	Pyridine-Barbituric Acid

ตารางที่ ก.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (กรมควบคุมมลพิษ, 2555) (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ ¹	หน่วย	ค่าทางสถิติ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด ² ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์					วิธีการตรวจสอบ
			ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5	
21.กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity) - ค่ารังสีแอลฟา (Alpha) - ค่ารังสีเบตา (Beta)	Bequerel/L	-	๖	0.1 1.0			-	Gas-Chromatography
22.สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด (Total Organochlorine Pesticides)	mg/L	-	๖	0.05			-	Gas-Chromatography
23.ดีดีที (DDT)	µg/L	-	๖	1.0			-	Gas-Chromatography
24.บีเอชซีชนิดแอลฟา (Alpha-BHC)	µg/L	-	๖	0.02			-	Gas-Chromatography
25.ดิลดริน (Dieldrin)	µg/L	-	๖	0.1			-	Gas-Chromatography
26.อัลดริน (Aldrin)	µg/L	-	๖	0.1			-	Gas-Chromatography
27.เฮปตาคลอร์และเฮปตาคลออีพอกไซด์ (Heptachor & Heptachlorepoxyde)	µg/L	-	๖	0.2			-	Gas-Chromatography
28.เอนดริน (Endrin)	µg/L	-	๖	ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด			-	Gas-Chromatography

หมายเหตุ :

- 1/กำหนดค่ามาตรฐานเฉพาะในแหล่งน้ำประเภทที่ 2-4 สำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามธรรมชาติ และแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ไม่กำหนดค่า
- 2/ ค่า DO เป็นเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุด
- ร เป็นไปตามธรรมชาติ
- ร'อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติเกิน 3 °C
- * น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO₃ ไม่เกินกว่า 100 mg/L
- ** น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO₃ เกินกว่า 100 mg/L
- P 20 ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 20 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง
- P 80 ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

ตารางที่ ก.3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค (กรมควบคุมมลพิษ, 2555)

คุณลักษณะ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	มาตรฐาน	
			เกณฑ์กำหนดสูงสุด (Maximum Acceptable Concentration)	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด [*] (Maximum Allowable Concentration)
ทางกายภาพ	1.สี (Colour)	Platinum-Cobalt	5	15
	2.รส (Taste)	-	ไม่เป็นที่รังเกียจ	ไม่เป็นที่รังเกียจ
	3.กลิ่น (Odour)	-	ไม่เป็นที่รังเกียจ	ไม่เป็นที่รังเกียจ
	4.ความขุ่น (Turbidity)	Silica scale unit	5	20
	5.ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	6.5-8.5	9.2
ทางเคมี	6.ปริมาณสารทั้งหมด (Total Solids)	mg/L	500	1,500
	7.เหล็ก (Fe)	mg/L	0.5	1.0
	8.แมงกานีส (Mn)	mg/L	0.3	0.5
	9.เหล็กและแมงกานีส (Fe& Mn)	mg/L	0.5	1.0
	10.ทองแดง (cu)	mg/L	1.0	1.5
	11.สังกะสี (Zn)	mg/L	5.0	15.0
	12.แคลเซียม (Ca)	mg/L	75 ^b	200
	13.แมกนีเซียม (Mg)	mg/L	50	150
	14.ซัลเฟต (SO ₄)	mg/L	200	250 ^c

ตารางที่ ก.3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค (กรมควบคุมมลพิษ, 2555) (ต่อ)

คุณลักษณะ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	มาตรฐาน	
			เกณฑ์กำหนดสูงสุด (Maximum Acceptable Concentration)	เกณฑ์อนุโมสูงสุด (Maximum Allowable Concentration)
ทางเคมี	15.คลอไรด์ (Cl)	mg/L	250	600
	16.ฟลูออไรด์ (F)	mg/L	0.7	1.0
	17.ไนเตรด (NO ₃)	mg/L	45	45
	18.อัลคิลเบนซิลซัลโฟเนต (Alkylbenzyl Sulfonate,ABS)	mg/L	0.5	1.0
	19.ฟีนอลิกซับสแตนซ์ (Phenolicsubstances as phenol)	mg/L	0.001	0.002
สารเป็นพิษ	20.ปรอท (Hg)	mg/L	0.001	-
	21.ตะกั่ว (Pb)	mg/L	0.05	-
	22.อาร์เซนิก (As)	mg/L	0.05	-
	23.ซีลีเนียม (Se)	mg/L	0.01	-
	24.โครเมียม (Cr hexavalent)	mg/L	0.05	-
	25.ไซยาไนด์ (CN)	mg/L	0.2	-
	26.แคดเมียม (Cd)	mg/L	0.01	-
	27.แบเรียม (Ba)	mg/L	1.0	-
ทางจุลชีววิทยา	28.แอสตนคาร์ดเพลตเคานต์ (Standard Plate Count)	Colonies/cm ³	500	-
	29.เอ็มทีเอ็ม (MPN)	Coliform Organism/100 cm ³	น้อยกว่า 2.2	-
	30.อีโคไล (E.coli)	-	ไม่มี	-

หมายเหตุ :

a. เกณฑ์ที่อนุโมให้สูงสุดเป็นเกณฑ์ที่อนุญาตให้สำหรับน้ำประปาหรือน้ำบาดาลที่มีความจำเป็นต้องใช้บริโภคเป็นการชั่วคราวและน้ำที่มีคุณลักษณะอยู่ในระหว่างเกณฑ์กำหนดสูงสุดกับเกณฑ์อนุโมสูงสุดนั้นไม่ใช่หน้าที่ให้เครื่องหมายมาตรฐานได้

b. หากคล็เซียม มีปริมาณสูงกว่าที่กำหนด และแมกนีเซียม มีปริมาณต่ำกว่าที่กำหนด ในมาตรฐานให้พิจารณาคล็เซียม และแมกนีเซียมในเทอมของความกระด้างทั้งหมด (Total Hardness) ถ้าวรวมความกระด้างทั้งหมดเมื่อคำนวณเป็นคล็เซียมคาร์บอเนต มีปริมาณต่ำกว่า 300 mg/L ให้ถือว่าน้ำนั้นเป็นไปตามมาตรฐานการแบ่งระดับความกระด้างของน้ำดังต่อไปนี้

0 ถึง 75 mg/L เรียก น้ำอ่อน
75 ถึง 150 mg/L เรียก น้ำกระด้างปานกลาง
150 ถึง 300 mg/L เรียก น้ำกระด้าง
300 mg/L เรียก น้ำกระด้างมาก

c. หากซัลเฟต มีปริมาณถึง 250 mg/L แมกนีเซียม ต้องมีปริมาณไม่เกิน 30 mg/L

ภาคผนวก ข
วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

1.1 การวิเคราะห์ พีเอช วิธีไฟฟ้า (Electrometric Method)

1.1.1 หลักการ

การวัดพีเอช คือ การวัดสภาพความเป็นกรดหรือเป็นด่างของสารละลาย ที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย (Aqueous Solution) โดยวัดความต่างศักย์ (Potential) ที่เกิดขึ้น ระหว่างอิเล็กโทรดอ้างอิง (Reference Electrode) กับอิเล็กโทรดตรวจวัด (Sensing Electrode) ความต่างศักย์ที่เกิดขึ้น จากจำนวนของไฮโดรเจนไอออน (H^+) อิเล็กโทรดจะเปลี่ยนความต่างศักย์ที่เกิดจากไอออน (Ionic Potential) ให้เป็นความต่างศักย์ไฟฟ้า (Electronic Potential) แล้วขยายให้มีความต่างศักย์ สูงขึ้นด้วยเครื่องวัดพีเอช (Potentiometer)

1.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องวัดพีเอช เป็นเครื่องมือทางไฟฟ้าที่ใช้วัดพีเอชของสารละลาย โดยหลักการ วัดความต่างศักย์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ อิเล็กโทรดและตัวเครื่อง

1.1.2.1 อิเล็กโทรด

ทำหน้าที่เป็นภาคตรวจรับ ในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นอิเล็กโทรดรวม (Combined Electrode) ซึ่งออกแบบไว้ให้สะดวกในการใช้งานโดยรวมอิเล็กโทรดอ้างอิงและอิเล็กโทรดตรวจวัดมาอยู่ด้วยกัน อิเล็กโทรดตรวจวัดทำด้วยแก้วพิเศษที่ยอมให้ไฮโดรเจนไอออนผ่าน ส่วนใหญ่ออกแบบเป็นรูปกระเปาะภายในบรรจุบัฟเฟอร์เอาไว้ อิเล็กโทรดอ้างอิงทำหน้าที่ให้ ศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ขั้วตรวจวัดเกิดครบวงจร โดย KCl ชนิดอิ่มตัวที่อยู่ในอิเล็กโทรดอ้างอิงซึมผ่าน ออกมาเป็น Salt Bridge เชื่อมกับอิเล็กโทรดตรวจวัด

1.1.2.2 ตัวเครื่อง (Potentiometer) ทำหน้าที่สำคัญ 3 ประการ คือ

- 1) ปรับความต่างศักย์ให้กับอิเล็กโทรดอ้างอิงให้มีค่าความต่างศักย์เป็น ศูนย์และคงที่
- 2) แปลสัญญาณจากความต่างศักย์ของไอออนของอิเล็กโทรดให้เป็น ความต่างศักย์ทางไฟฟ้า
- 3) ขยายสัญญาณของความต่างศักย์ทางไฟฟ้าให้เพิ่มมากขึ้นอย่าง เพียงพอให้เข็มหรือตัวเลขแสดงออกทางมิเตอร์

1.1.3 สารละลายมาตรฐานพีเอช (บัฟเฟอร์)

การเตรียมสารละลายมาตรฐานพีเอช (บัฟเฟอร์) สามารถทำได้ โดยดูจาก ตารางที่ 2.1 สารละลายบัฟเฟอร์เป็นสารอินทรีย์ จึงอาจเสื่อมคุณภาพเพราะการเจริญเติบโตของเชื้อราหรือจากการปนเปื้อนของสารอื่น ดังนั้น จึงควรเตรียมใช้ใหม่ๆ เสมอ สำหรับน้ำกลั่นที่นำมาใช้

เตรียม ควรมีค่าสภาพนำไฟฟ้าที่ 25°C น้อยกว่า $2\ \mu\text{mho/cm}$ และมีพีเอชอยู่ในช่วง 5.6-6.0 สารละลายบัฟเฟอร์ควรเก็บในขวดพีอี (Polyethylene)

1.1.4 วิธีวัดพีเอช

1.1.4.1 หลังจากเปิดเครื่องวัดพีเอช ควรปล่อยให้เครื่องร้อนอย่างน้อย 15 นาที ก่อนใช้งาน

1.1.4.2 ปรับเทียบมาตรฐาน (Standardization) เครื่องให้พร้อมวัดก่อนที่จะวัดพีเอชตัวอย่าง โดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานที่ทราบค่าพีเอชแน่นอน วิธีปรับเทียบโดยทั่วไป มี 2 วิธี คือ

1) การเทียบมาตรฐานพีเอชแบบจุดเดียว (Single Point Standardization) คือ การใช้สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานตัวเดียวเป็นตัวเทียบโดยการจุ่มอิเล็กโทรดลงในสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน ดูค่าพีเอชที่ได้ ถ้าค่าพีเอชที่ได้ไม่เท่ากับค่าพีเอชจริงของสารละลายบัฟเฟอร์ให้ใช้ปุ่ม Calibrate ปรับค่าให้ได้เท่ากัน จากนั้นเครื่องก็พร้อมวัดตัวอย่างต่อไป วิธีนี้มีข้อเสียคือ ถ้าตัวอย่างน้ำมีค่าพีเอชไม่ใกล้เคียงกับสารละลายมาตรฐานบัฟเฟอร์ ค่าที่ได้จะมีโอกาสผิดพลาดมาก

2) การเทียบมาตรฐานพีเอชแบบ 2 จุด (Two Point Standardization) คือ การใช้สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน 2 ตัว เป็นตัวเทียบมาตรฐานโดยการจุ่มอิเล็กโทรดลงในสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานตัวแรก (มีพีเอช 7) ใช้ปุ่ม Calibrate ปรับค่าให้ได้เท่ากับค่าของสารละลายบัฟเฟอร์ แล้วจุ่มอิเล็กโทรดด้วยน้ำกลั่น ชั้บด้วยกระดาษนุ่มๆ เบาๆ แล้วจุ่มลงในสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานตัวที่สอง (มีค่าพีเอช 4 หรือ 10)

ตารางที่ ข.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน (พีเอชบัฟเฟอร์) สูตรต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 °C

สารละลายมาตรฐานปฐมภูมิ (primary standards)	ค่าพีเอช ที่ 25 °C	น้ำหนักสารเคมี (กรัม) ที่ต้องใช้ต่อน้ำกลั่น 1,000 มล.
1. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (อัดตัว)	3.557	KHC ₄ H ₄ O ₆ 6.4 กรัม ^(A)
2. โซเดียมไดไฮดรอกซีอะซิเตด 0.05 N	3.776	KH ₂ C ₆ H ₅ O ₇ 11.14 กรัม
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.05 N	4.008	KHC ₈ H ₄ O ₄ 10.12 กรัม
4. โซเดียมไดไฮดรอกซีฟอสเฟต 0.025 N + โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.025 N	6.865	KH ₂ PO ₄ 3.388 กรัม ^(B) + Na ₂ HPO ₄ 3.533 กรัม ^(B,C)
5. โซเดียมไดไฮดรอกซีฟอสเฟต 0.00869 N + โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.03043 1N	7.413	KH ₂ PO ₄ 1.179 กรัม ^(B) + Na ₂ HPO ₄ 4.301 กรัม ^(B,C)
6. โซเดียมโบเรตเคคคาไฮเครด (บอแรกซ์) 0.01 N	9.180	Na ₂ B ₄ O ₇ 10H ₂ O 03.80 กรัม ^(C)
7. โซเดียมไบคาร์บอเนต 0.025 N + โซเดียมคาร์บอเนต 0.025 N	10.012	NaHCO ₃ 2.092 กรัม + NaHCO ₃ 2.640 กรัม
8. โซเดียมเตตระออกไซด์ไดไฮเครด 0.05 N	1.679	KH ₂ C ₄ O ₈ 2H ₂ O 12.61 กรัม
9. แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (อัดตัวที่ 25 องศาเซลเซียส)	12.454	Ca(OH) ₂ 1.5 กรัม ^(A)

หมายเหตุ :

- (A) อ่านการละลายโดยประมาณ
- (B) สารเคมีแห้ง หลีกเลี่ยงความร้อนที่ 110 – 130 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
- (C) เตรียมด้วยน้ำกลั่นที่คั้นจนเค็ดยาวและปล่อยให้เย็น (เพื่อไล่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์)

ถ้าอ่านค่าได้ไม่ตรงให้ใช้ Stop Control ปรับให้ตรง สำหรับเครื่องวัดพีเอชรุ่นใหม่ที่ควบคุมด้วย Microprocessor ก็มีหลักการเช่นเดียวกันนี้ แต่จะสะดวกสบายกว่าให้ทำควบคุมมือการใช้จากบริษัทผลิต วิธีเทียบมาตรฐานวิธีนี้จะวัดค่าพีเอชได้ถูกต้องกว่าวิธีแรก โดยเฉพาะเมื่อวัดพีเอชของตัวอย่างน้ำที่มีค่าอยู่ระหว่าง 2 จุด ที่ Standardize ไว้ควร Calibrate อย่างน้อยสัปดาห์ละครั้ง

3) ตัวอย่างน้ำที่จะนำมาวัดพีเอช ต้องปล่อยให้มีความอุณหภูมิคงที่เสียก่อน เช่น ในกรณีที่ตัวอย่างน้ำแช่เย็นไว้ ต้องนำออกจากตู้เย็น ตั้งทิ้งไว้จนหายเย็น จึงจะนำไปวัดพีเอช เพราะค่าพีเอชจะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ

4) ก่อนวัด เช้าตัวอย่างน้ำให้เข้ากันดี เทใส่บีกเกอร์และวางบนเครื่องกวนแม่เหล็ก จุ่มอิเล็กโทรด แล้วเปิดเครื่องกวนให้หมุนเบาๆ (ถ้าไม่มีเครื่องกวนแม่เหล็ก ให้ขยับอิเล็กโทรดเบาๆ) จนตัวเลขแสดงค่าพีเอชหยุดนิ่ง อ่านค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำ

5) เมื่อจะวัดตัวอย่างต่อไปให้ฉีดล้างอิเล็กโทรดด้วยน้ำกลั่นแล้วซับด้วยกระดาษหรือผ้านุ่มๆ แล้วจึงวัดตัวอย่างถัดไป แต่ถ้าจะเลิกวัดหลังจากที่ล้างอิเล็กโทรดด้วยน้ำกลั่นจนสะอาดและซับให้แห้งแล้วให้แช่อิเล็กโทรดไว้ในสารละลายที่มีไอออนมากพอควรและมีฤทธิ์เป็นกรด เช่น สารละลายบัฟเฟอร์ 4 หรือที่คิดที่สุดในน้ำยาสำหรับเก็บรักษาอิเล็กโทรด

1.1.5 ข้อเสนอแนะและข้อควรระวัง

- 1) ขณะวัดพีเอชต้องเปิดช่องอากาศของอิเล็กโทรดเพื่อให้ KCl ซึมผ่านออกมาได้เมื่อเลิกใช้ควรปิดด้วย
- 2) การใช้อิเล็กโทรดควรใช้ด้วยความระมัดระวัง โดยเฉพาะส่วนปลายสุดที่มีความบอบบางมาก ซึ่งถ้าเสียเพียงเล็กน้อยก็ทำให้อิเล็กโทรดตัวนั้นเสียเลย
- 3) ในกรณีไม่ได้ใช้เครื่องวัดพีเอช นานๆ ควรเก็บอิเล็กโทรดใส่กล่อง ก่อนเก็บให้สวมปลายอิเล็กโทรดด้วยที่ครอบที่มีความชื้นเพียงพอ เช่น ใช้สำลีชุบน้ำยาบัฟเฟอร์ หรือน้ำยาเก็บรักษาอิเล็กโทรด หุ้มไว้และควรปิดช่องอากาศด้วย ไม่ควรแช่อิเล็กโทรดในบีกเกอร์เพราะอาจผลอทิ้งไว้นานจนน้ำในบีกเกอร์แห้งหมด ซึ่งจะทำให้อิเล็กโทรดเสีย
- 4) สารละลายบัฟเฟอร์เสื่อมคุณภาพได้ เพราะการเจริญเติบโตของเชื้อราหรือจากการปนเปื้อนของสารอื่น จึงควรเตรียมใช้ใหม่ๆ

2.1 การวิเคราะห์ ค่าความขุ่น (Turbidity)

2.1.1 หลักการของวิธีเนฟฟีโลเมตริก

วิธีนี้วัดความขุ่น โดยเปรียบเทียบความเข้มของแสงที่กระจัดกระจายของตัวอย่างกับของสารมาตรฐานภายใต้สภาวะเดียวกัน ความเข้มของแสงที่กระจัดกระจายมากก็จะมีค่าความขุ่นมาก สารละลายความขุ่นมาตรฐานที่ใช้คือ ฟอร์มาซินโพลิเมอร์ (Formazin Polymer) ประกอบด้วยสารละลาย 2 อย่าง คือ สารละลายไฮดราซีนซัลเฟต (Hydrazine Sulfate) กับสารละลายเฮกซะเมทิลีน เทตระมิน (Hexamethylene Tetramine)

2.1.2 สิ่งรบกวนการวิเคราะห์

- 1) สิ่งเน่าเปื่อยและตะกอนหยาบ ซึ่งตกตะกอนเร็ว
- 2) เครื่องแก้วที่สกปรก มีรอยขีดข่วน
- 3) ฟองอากาศ
- 4) การสั่นสะเทือนที่ไปรบกวนผิวน้ำ
- 5) ตัวอย่างน้ำที่มีสีซึ่งเป็นสิ่งจริง ซึ่งเกิดจากสารซึ่งละลายน้ำดูดซึมแสงทำให้ค่าความขุ่นที่วัดต่ำไป

2.1.3 การเก็บและรักษาตัวอย่าง

ในการเก็บตัวอย่างน้ำควรจะรีบวัดความขุ่นเลข แต่ถ้าไม่สามารถทำได้ให้เก็บไว้ในที่มืด และไม่ควรรเกิน 24 ชม. ก่อนวัดความขุ่นต้องเขย่าให้ตัวอย่างเข้ากันอย่างดีก่อน

2.1.4 เครื่องมือและอุปกรณ์

2.1.4.1 เครื่องวัดความขุ่นแบบเนฟโฟโลมิเตอร์

เครื่องวัดต้องสามารถวัดค่าความแตกต่างของความขุ่นได้ 0.02 เอ็นทียู หรือน้อยกว่าในกรณีที่มีความขุ่นมีค่าน้อยกว่า 1 เอ็นทียู ตัวอย่างของเครื่องวัดประเภทนี้ ได้แก่ เครื่องวัดความขุ่นยี่ห้อ HACH

2.1.4.2 หลอดวัดตัวอย่างน้ำ (Sample Tubus)

หลอดวัดตัวอย่างน้ำต้องเป็นแก้วใสไม่มีสีต้องดูแลให้สะอาดอยู่เสมอทั้งด้านนอกด้านในอย่าให้มีรอยขีดข่วน

2.1.5 สารเคมี

2.1.5.1 น้ำกลั่นที่ใสไม่มีมีความขุ่น

นำน้ำกลั่นกรองผ่านแผ่นกรองเมมเบรนขนาด 0.2 ไมครอน ใช้น้ำนี้เพื่อเตรียมสารละลายความขุ่นมาตรฐานและการเจือจางตัวอย่าง

2.1.5.2 สารละลายสต็อกความขุ่นมาตรฐาน 4,000 NTU เตรียมได้ดังนี้

- 1) ละลาย Hydrazine Sulfate ($\text{N}_2\text{H}_4\text{H}_2\text{SO}_4$) 2,500 g ในน้ำกลั่น 200 ml
- 2) ละลาย Hexamethylene Tetramine 25.00 g ในน้ำกลั่น 100 ml
- 3) นำสารละลายข้อ 2.1 และ 2.2 มาผสมกันและเติมน้ำกลั่นจนได้ 500 ml นำเข้าสู่ควบคุมอุณหภูมิที่ $20-22^\circ\text{C}$ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง (สามารถเก็บได้ 6-12 เดือน)

2.1.5.3 สารละลายสต็อกความขุ่นมาตรฐานอื่นๆ

สามารถเตรียมสารละลายมาตรฐานความขุ่นต่างๆได้ โดยนำสารละลายสต็อกความขุ่น 4,000 NTU มาเจือจาง ดังนี้

ตารางที่ ข.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐานความขุ่น

ความขุ่น (NTU)	ปริมาตร มล. ของสารละลายสต็อก ที่เจือจางให้เป็น 100 ml
1,000	25
500	12.5
100	2.5
50	1.25
ความขุ่น (NTU)	ปริมาตร มล. ของสารละลายสต็อก ที่เจือจางให้เป็น 100 ml
10	2.5
5	1.25
1	0.25

2.1.5.3 วิธีวิเคราะห์

- เปิดเครื่องวัดความขุ่นและเตรียมเครื่องตามคู่มือการใช้ และวัดความขุ่นของน้ำตัวอย่างตามวิธีของเครื่องนั้นๆ
- น้ำตัวอย่างต้องเขย่าให้เข้ากันดีก่อนเทใส่หลอดวัดตัวอย่างเพื่อไปวัดความขุ่น
- เครื่องวัดความขุ่นบางรุ่นจะมีสารละลายมาตรฐานความขุ่นมาให้แล้ว ต้องมีการตรวจเช็คว่าคุณภาพหรือไม่โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐานความขุ่นที่เตรียมขึ้น
- ถ้าตัวอย่างน้ำมีความขุ่นเกินที่เครื่องจะวัดได้ให้เจือจางตัวอย่างน้ำลงก่อน

2.1.5.4 ข้อเสนอนะและข้อควรระวัง

หลอดวัดตัวอย่าง ต้องระวังอย่าให้มีรอยขีดข่วน เมื่อใช้เสร็จแล้วให้ล้างด้วยน้ำประปាក่อนแล้วนำมาแช่กรดโครมิก เพื่อแก้จะได้ใส ไม่เป็นฝ้า เมื่อจะนำมาใช้ให้ล้างด้วยน้ำประปา และฉีดล้างด้วยน้ำกลั่น

3.1 การวิเคราะห์ของแข็งละลายน้ำ (TDS)

3.1.1 หลักการ

ตัวอย่างน้ำที่กรองผ่าน และกระดาษกรอง GF/C ในถ้วยระเหยทราบน้ำหนัก จะถูกนำไประเหยด้วยไอน้ำจนแห้งแล้วนำไปอบที่ $103 - 105^{\circ}\text{C}$ ทำให้เย็นแล้วชั่ง น้ำหนักที่เพิ่มคือน้ำหนักของของแข็งละลายน้ำทั้งหมด หรืออาจหาได้จากน้ำหนักของแข็งแขวนลอยทั้งหมดมาหักออกจากราคาของแข็งทั้งหมด

3.1.2 สิ่งรบกวนการวิเคราะห์

สิ่งรบกวน ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม คลอไรด์ และซัลเฟตที่มีปริมาณสูงๆ จะดูความชื้นได้ง่าย ทำให้น้ำหนักเพิ่มขึ้นได้ค่าเกินจริง ดังนั้น ควรใช้เวลาในการทำให้แห้งให้มากขึ้น เก็บในโถทำแห้งนานๆ และเวลาชั่งต้องทำอย่างรวดเร็ว อีกอย่างคือ ควรเจือจางตัวอย่างก่อนเสมอ

3.1.3 การเก็บและรักษาตัวอย่าง

ควรเก็บตัวอย่างน้ำในขวดแก้วหรือขวดพลาสติกที่จะไม่ทำให้สารแขวนลอยติดที่ข้างภาชนะรีบนำส่งห้องวิเคราะห์ และควรจะรีบวิเคราะห์ทันที แต่ถ้าไม่สามารถทำได้ให้รักษาตัวอย่างไว้โดยนำไปแช่เย็นที่ 4°C ทางที่ดีไม่ควรเก็บไว้เกิน 1 วัน แต่ถ้าเก็บไว้เกิน 7 วัน ไม่ควรนำตัวอย่างนั้นมาใช้วิเคราะห์อีก เมื่อนำตัวอย่างน้ำที่แช่เย็นไว้มาวิเคราะห์ต้องทิ้งให้หายเย็นอยู่ที่อุณหภูมิห้องเสียก่อน

3.1.4 เครื่องมือและอุปกรณ์

- 1) ถ้วยระเหย (Evaporating dishes) ใช้ถ้วยกระเบื้อง (Porcelain) เส้นผ่าศูนย์กลาง 90 mm ซึ่งมีความจุ 100 ml
- 2) หม้ออั้งน้ำ (Water Bath)
- 3) โถทำแห้ง (Desiccator) พร้อมสารดูดความชื้นที่จะมีการเปลี่ยนแปลงสีให้เห็นเมื่อดูดความชื้นไว้มากๆ เพื่อจะได้นำไปอบไล่ความชื้นออกไปแล้วนำมาใช้ใหม่หรือจะเปลี่ยนสารดูดความชื้นใหม่เลย
- 4) ตู้อบ (Oven) ที่มีเครื่องควบคุมอุณหภูมิ
- 5) ตาชั่งละเอียด สามารถชั่งได้ถึง 0.0001 g
- 6) กระดาษกรอง GF/C (Glass Fiber Filter) ชนิดไม่มีสารอินทรีย์ติดอยู่ เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 cm
- 7) ชุดกรอง

8) เครื่องดูดอากาศ (Vacuum Pump) พร้อมขวดดูดสุญญากาศขนาด 500 ml ถึง 1,000 ml เครื่องดูดนี้อาจใช้อุปกรณ์อย่างง่ายที่มีราคาถูก เช่น Aspirator (บางที่เรียกว่า Suction Pump) ที่ใช้ติดหัวก๊อคน้ำประปาและใช้แรงดันน้ำทำให้เกิดแรงสุญญากาศ

3.1.4 วิธีวิเคราะห์

1) การกรองตัวอย่าง ต่อสายยางระหว่างปลายท่อดูดของเครื่องดูด และของขวดกรอง วางกระดาษกรอง GF/C บนกรวยบุคเนอร์ เปิดเครื่องดูดอากาศ ล้างกระดาษกรองด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง ครั้งละ 20 ml และปล่อยให้ดูดน้ำออกจากกระดาษกรองจนหมด ทิ้งน้ำล้างไป นำตัวอย่างน้ำมาเขย่าให้เข้ากันอย่างดี (เนื่องจากน้ำตัวอย่างที่เหลือในขวดเก็บตัวอย่างจะได้นำไปวิเคราะห์อย่างอื่นได้) มากกรองผ่านกระดาษกรอง GF/C ที่เตรียมไว้ ให้กรองได้มากกว่าปริมาตรที่เลือกใช้ที่จะนำไประเหย (จะใช้น้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองจากการหาค่าของแข็งแขวนลอยก็ได้)

2) ทำต่อเช่นเดียวกับการหาค่าของแข็งทั้งหมด

3) สามารถหาค่าของแข็งละลายทั้งหมดได้อีกทางหนึ่งคือ หาค่าของแข็งทั้งหมด และของแข็งแขวนลอยทั้งหมด นำมาลบกันผลต่างที่ได้ คือ ค่าของแข็งละลายทั้งหมด

3.1.5 การคำนวณ

ของแข็งละลายทั้งหมด (mg/L) = $\frac{(B - A) \times 10^6}{C}$ (1-1)

- A = น้ำหนักถ้วยระเหยอย่างเดียว (g)
- B = น้ำหนักถ้วยระเหยและของแข็ง (g)
- C = ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (ml)

หรือ

ของแข็งละลาย = ของแข็งทั้งหมด - ของแข็งแขวนลอย (1-2)

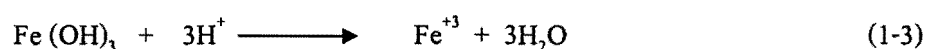
3.1.6 ข้อเสนอนะและข้อควรระวัง

ข้อเสนอนะและข้อควรระวังเป็นเช่นเดียวกับการหาค่าของแข็งทั้งหมด สิ่งที่ต้องระวังเพิ่ม คือ ถ้าตัวอย่างมีสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำอยู่สูงจะทำให้ได้ค่าไม่สอดคล้องกับค่าสภาพนำไฟฟ้า เนื่องจากสารอินทรีย์ไม่นำไฟฟ้า

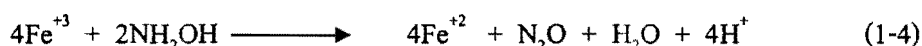
4.1 การวิเคราะห์ เหล็ก (Iron)

4.1.1 หลักการ

เหล็กเฟรัส (Fe^{2+}) จะทำปฏิกิริยาร่วมกับ 1, 10 ฟีนแอนโทรลีน ที่พีเอชประมาณ 3.2 – 3.3 เกิดเป็นอออนเชิงซ้อน (Complex Ion) ที่มีสีส้มแดง ความเข้มของสีจะขึ้นอยู่กับปริมาณของเหล็กเฟรัสที่มีอยู่ในน้ำซึ่งเป็นไปตามกฎของเบียร์ (Beer's Law) สีที่เกิดจะอยู่ตัวได้นานประมาณ 6 เดือนในกรณีที่ต้องการวิเคราะห์หาเหล็กทั้งหมด(เหล็กเฟริกและเหล็กเฟรัส)ที่อยู่ในน้ำ จำเป็นต้องเปลี่ยนเหล็กเฟริกให้เป็นเหล็กเฟรัสก่อน เหล็กเฟริกจะอยู่ในรูปตะกอนของ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ซึ่งไม่ละลายน้ำ ดังนั้น จึงต้องเติมกรดไฮโดรคลอริก เพื่อละลายตะกอนเฟริกไฮดรอกไซด์ให้เป็นอออนเหล็กเฟริกก่อน ดังสมการที่ (1-3)



และเปลี่ยนอออนของเหล็กเฟริกให้เป็นอออนของเหล็กเฟรัสโดยใช้ไฮดรอกซิลามีน(Hydroxylamine) เป็นตัวรีดิวส์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้



ปรับพีเอชของสารละลายให้อยู่ในช่วง 3.2 - 3.3 ด้วยสารละลายแอมโมเนียมอะเซเตดบัฟเฟอร์ แล้วเติม 1,10 ฟีนแอนโทรลีน โดย 3 โมเลกุลของฟีนแอนโทรลีน จะรวมกับเหล็กเฟรัส 1 ตัว เกิดเป็น อออนเชิงซ้อนขึ้น ดังสมการที่ (1-5)



โดยอาศัยแนวความคิดดังกล่าวข้างต้นอาจปรับปรุงวิธีเพื่อใช้วิเคราะห์เหล็กในรูปละลายน้ำ หรือรูปตะกอนแขวนลอย รวมทั้งเหล็กเฟรัสและเหล็กเฟรัสได้

4.1.2 สิ่งรบกวนการวิเคราะห์

สิ่งรบกวนการวิเคราะห์สำหรับวิธีนี้ ได้แก่ ออกซิไดซิงเอเจนต์ ไซยาไนด์ ไนไตรด์และฟอสเฟต (โพสฟอสเฟตจะรบกวนการวิเคราะห์มากกว่าอโรฟอสเฟต) นอกจากนี้ฟีนแอนโทรลีนจะตกตะกอนเนื่องจากโลหะหนักต่างๆ เช่น โครเมียม สังกะสี (ถ้ามีมากเป็น 10 เท่าของเหล็ก) โคบอลต์และทองแดง (ถ้ามีมากกว่า 5 mg/L) นิกเกิล (ถ้ามีมากกว่า 2 mg/L) บิสมัท แคลเมียม พรอท โมลิบเดตและเงิน การต้มตัวอย่างน้ำกับกรดจะเปลี่ยนโพสฟอสเฟตให้เป็น

ออโรฟอสเฟตและยังกำจัดไซยาไนด์และไนไตรต์ได้ การเติมไฮดรอกซีลามีนให้มากพอสามารถกำจัดความผิดพลาดที่เกิดจากออกซิไดซิงเอเจนต์ที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก ในกรณีที่มีการรบกวนเนื่องจากโลหะหนัก ต้องเติมฟีนานโทรีนให้เกินพอเพื่อให้ไปทดแทนส่วนที่สูญเสียเนื่องจากเกิดปฏิกิริยากับโลหะดังกล่าวข้างต้น แต่ถ้ามีโลหะหนักปริมาณมากๆ ต้องสกัดด้วยไดไอโซโพรพิลอีเทอร์ (Diisopropyl Ether) ก่อนที่จะเติมฟีนานโทรีน ถ้าตัวอย่างน้ำมีสีหรือสารอินทรีย์อยู่ให้ระเหยตัวอย่างให้แห้ง เติมน้ำให้เป็นกรดแล้วทำให้ละลายด้วยกรดไฮโดรคลอริก (1+1) ในถ้วยกระเบื้องเคลือบ (Crucible) เป็นเวลาหลายๆ ชม. ถ้ามีสารอินทรีย์จำนวนมากต้องย่อยก่อนนำมาสกัด

4.1.3 การเก็บและรักษาตัวอย่าง

ควรวางแผนการเก็บและรักษาตัวอย่างล่วงหน้า ภาชนะที่ใช้เก็บตัวอย่างควรล้างด้วยกรดและฉีดล้างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด ถ้าต้องการวิเคราะห์หาเหล็กทั้งหมดให้เก็บน้ำ และรักษาตัวอย่างด้วยกรดเพื่อให้เหล็กอยู่ในรูปละลายน้ำ และไม่ถูกดูดซับติดกับผนังของภาชนะ แต่ถ้าต้องการหาเหล็กในรูปละลายน้ำ ให้เตรียมเครื่องมือสำหรับกรองตัวอย่างน้ำ โดยกรองตัวอย่างน้ำที่เก็บทันทีผ่านแผ่นกรองเมมเบรนขนาด 0.45 ไมครอน ลงในขวดสูญญากาศ ซึ่งใส่กรดเกลือเข้มข้น 1 ml ต่อตัวอย่างน้ำ 100 ml เพื่อเอาไว้วิเคราะห์หาเหล็กละลายน้ำทั้งหมดหรือเหล็กละลายน้ำในรูปเฟรต ถ้าผู้วิเคราะห์ต้องการหาเหล็กในรูปเฟรต ถ้าเป็นไปได้ควรวิเคราะห์ที่แหล่งเก็บน้ำทันทีเลย เพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชันของเหล็กเฟรตเป็นเหล็กเฟริก แต่ถ้าไม่สามารถทำได้จริงๆ ให้เติมกรดเกลือเข้มข้น 2 ml ลงในขวดตัวอย่างขนาด 100 ml แล้วเติมตัวอย่างน้ำให้เต็มขวดรีบนำไปวิเคราะห์ต่อทันที

4.1.4 เครื่องมือและอุปกรณ์

- 1) สเปกโตรโฟโตมิเตอร์
- 2) หลอดเนสเลอร์ ขนาด 50 ml และ 100 ml
- 3) บีกเกอร์ขนาด 250 ml
- 4) เตาแผ่น
- 5) ชุดกรอง
- 6) กรวยแยก ขนาด 250 ml

4.1.5 สารเคมี

- 1) กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น
- 2) สารละลายไฮดรอกซีลามีน (Hydroxylamin Solution) ละลายไฮดรอกซีลามีน ($\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$) 10 g ในน้ำกลั่น 100 ml

3) สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ (Ammonium Acetate Buffer Solution) ละลายแอมโมเนียมอะซิเตต ($\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$) 250 g ในน้ำกลั่น 150 ml เติมกรดอะซิติกชนิด Glacial 700 ml ถึงแม้จะใช้แอมโมเนียมอะซิเตตเกรดดี แต่ก็ยังมีเหล็กเจือปนอยู่ ดังนั้นควรจะทำกราฟมาตรฐานใหม่ทุกครั้ง เมื่อเตรียมสารละลายแอมโมเนียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ใหม่

4) สารละลายฟีนแอนโทรลีน (Phenathroline Solution) ละลาย 1, 10 ฟีนแอนโทรลีนโมโนไฮเดรต ($\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2\text{H}_2\text{O}$) 100 mg ในน้ำกลั่น 100 ml คนและอุ่นให้ร้อนมีอุณหภูมิ 80°C อย่างน้อยให้เดือด ถ้าสารละลายมีสีเข้มให้เตรียมใหม่ ถ้าเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 2 หยดแทน ก็ไม่จำเป็นต้องทำให้ร้อนก็ได้ (สารละลายนี้ 1 ml เพียงพอสำหรับเหล็กไม่เกิน $100\text{ }\mu\text{g}$)

5) สารละลายสต็อกเหล็ก (Stock Iron Solution) เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 ml ลงในน้ำกลั่น 50 ml อย่างช้าๆ แล้วไปใช้ละลายเฟรัสแอมโมเนียม ซัลเฟต (Ferrous Ammonium Sulfate, $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) จำนวน 1,404 g เติมโพตัสเซียมเปอร์มันกานेट (KMnO_4) 0.1 N ที่ละลายจนกระทั่งเกิดสีชมพูอ่อนๆ เติมน้ำกลั่นจนได้ 1,000 ml แล้วเขย่าให้เข้ากัน

6) สารละลายมาตรฐานเหล็ก (Standard Iron Solution)

ปีเปิดสารละลายสต็อกเหล็ก 50.0 ml ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 ml เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนครบปริมาตร

7) ไดไอโซโพรพิลหรือไอโซโพรพิลอีเธอร์ (Diisopropyl or Isopropyl Ether)

4.1.6 ข้อเสนอนะและข้อควรระวัง

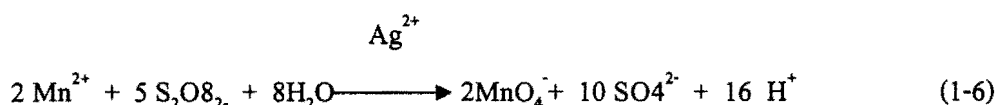
1) การเลือกปริมาตรตัวอย่างน้ำอาจสังเกตได้จากลักษณะตัวอย่างน้ำ โดยน้ำที่มีสีขุ่นเหลืองมักจะมีเหล็กสูงควรเจือจางตัวอย่างลง

2) น้ำตัวอย่างที่มีสีหรือความขุ่น ให้ทำตัวอย่างเหมือนกัน 2 ชุด โดยให้ชุดหนึ่งไม่เติมฟีนแอนโทรลีน และใช้ตัวอย่างนี้มาเป็นแบลนด์แทนแบลนด์ที่ทำจากน้ำกลั่น

5.1 การวิเคราะห์ แมงกานีส (Manganese)

5.1.1 หลักการ

แมงกานีสในน้ำมักละลายอยู่ในรูป Mn^{2+} เมื่อถูกออกซิไดส์ด้วยแอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟตโดยมีไอออนของเงิน (Ag^+) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ไอออนแมงกานีสจะกลายเป็นเปอร์แมงกานेट (MnO_4^-) ซึ่งมีสีม่วง ดังสมการที่ (1-6)



ความเข้มข้นสีแปรโดยตรงกับความเข้มข้นของแมงกานีสในน้ำ ถ้าใช้เปอร์ซัลเฟตให้มากเกินไปแล้ว และไม่มีสารอินทรีย์ในตัวอย่างน้ำ สีที่เกิดขึ้นจะคงทนอยู่ได้น้อย 24 ชั่วโมง วิธีเปอร์ซัลเฟต สามารถวัดแมงกานีสได้ละเอียดถึง 0.21 mg/L เมื่อใช้วิถีแสง (Light Path) สาร 1 cm หรือ 0.042 mg/L เมื่อใช้วิถีแสง cm

5.1.2 สิ่งรบกวนการวิเคราะห์

คลอไรด์และสารอินทรีย์ อาจรบกวนการวิเคราะห์แมงกานีสได้ เนื่องจากคลอไรด์ทำให้เกิดตะกอนปูนและสารอินทรีย์ทำให้สีของเปอร์แมงกานีสตกตะกอนและไม่คงตัว การแก้ปัญหการรบกวนของคลอไรด์สามารถทำได้โดยเติมปรอทซัลเฟต (HgSO_4) คลอไรด์จะจับกับปรอทอยู่ในรูปปรอทคลอไรด์ (HgCl_2) ซึ่งแตกตัวเป็นไอออนน้อยมาก ถ้ามีคลอไรด์ 0.1 กรัมในปริมาตรตัวอย่างน้ำ 50 มล. กำจัดได้โดยเติมปรอทซัลเฟต 1 กรัม แต่ถ้าในตัวอย่างน้ำมีคลอไรด์ปริมาณน้อย ปรอทซัลเฟตที่อยู่ในน้ำยาพิเศษก็เพียงพอที่จะกำจัดการรบกวนได้แล้ว ถ้าน้ำตัวอย่างที่มีคลอไรด์สูงๆ ต้องกำจัดคลอไรด์ โดยการต้มตัวอย่างน้ำกับกรดไนตริก สำหรับวิธีป้องกันการรบกวนของสารอินทรีย์ที่มีปริมาณต่ำ เช่น ในน้ำธรรมชาติกระทำโดยเพิ่มปริมาณเปอร์ซัลเฟตและเพิ่มระยะเวลาตัวอย่างน้ำ ถ้ามีปริมาณสูง เช่น ในน้ำเสีย ต้องใช้วิธีย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยกรดไนตริกและกรดซัลฟูริก

ตัวอย่างน้ำที่สัมผัสอากาศอาจเกิดการตกตะกอนของแมงกานีสในรูป MnO_2 ซึ่งอาจจะให้ผลวิเคราะห์ต่ำกว่าจริงได้ การแก้ไขโดยเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 30% 1 หยด ลงในตัวอย่างหลังจากเติมน้ำยาพิเศษ เพื่อจะละลายตะกอนแมงกานีส

5.1.3 การเก็บและรักษาตัวอย่าง

หลังจากเก็บตัวอย่างควรจะวิเคราะห์ทันที เพราะแมงกานีสที่อยู่ในรูปละลายน้ำ อาจจะถูกออกซิไดส์ทำให้เกิดเป็นตะกอนและอาจถูกดูดซับติดอยู่ที่ข้างภาชนะ แต่ถ้าไม่สามารถทำได้ต้องเก็บรักษาตัวอย่างให้เป็นกรด มีพีเอช น้อยกว่า 2 ด้วยกรดไนตริก

5.1.4 เครื่องมือและอุปกรณ์

- 1) สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ใช้ความยาวคลื่นที่ 525 nm
- 2) บีกเกอร์ ขนาด 250 ml
- 3) เตาแผ่น
- 4) หลอดเนสเลอร์ ขนาด 100 ml

5.1.5 สารเคมี

1) น้ำยาพิเศษ ละลายปรอทซัลเฟต (HgSO_4) 75 g ในกรดไนตริกเข้มข้น 400 ml และน้ำกลั่น 200 ml เติมกรดฟอสฟอริก (Phosphoric Acid) เข้มข้น 85% จำนวน 200 ml และซิลเวอร์ไนเตรด (AgNO_3) 35 mg ทิ้งให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 L

2) ผงแอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต ($(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$)

3) สารละลายโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตประมาณ 0.1N ละลายโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต (KMnO_4) 3.2 g ในน้ำกลั่นและทำให้เป็น 1 L ต้มให้ร้อนจนใกล้จุดเดือดเป็นเวลา 3-4 ชั่วโมง นำมากรองผ่านถ้วยกรองอย่างละเอียด (Fine Fritted-Glass Filter crucible) เทียบหาความเข้มข้นที่แน่นอนด้วยโซเดียมออกซาเลต (Sodium Oxalate, $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$) ดังนี้

ซึ่งโซเดียมออกซาเลต 100-200 mg (ซึ่งให้ละเอียดถึง 0.1 mg) หลายๆ ตัวอย่าง ใส่ในบีกเกอร์ ขนาด 400 ml แต่ละบีกเกอร์เติมน้ำกลั่น 100 ml คนให้ละลาย

แล้วเติมกรดซัลฟูริก (1+1) 10 ml ทำให้ร้อนมีอุณหภูมิ $90-95^\circ\text{C}$ อย่างเร็ว

ไตเตรตด้วยสารละลายเปอร์แมงกาเนต ที่จะเทียบหาความเข้มข้นทันทีจนได้สีชมพูเกิดขึ้นนานไม่น้อยกว่า 1 นาที แสดงว่าถึงจุดยุติแล้ว ระวังอย่าให้อุณหภูมิต่ำกว่า 85°C ถ้าจำเป็นก็ควรอุ่นบีกเกอร์ในระหว่างการไตเตรตด้วย ถ้าซึ่งโซเดียมออกซาเลต 100 mg จะใช้สารละลายโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต 15 ml

ทำแบบลงค์โดยทำเหมือนข้างต้นทุกอย่าง ยกเว้นเติม $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ความเข้มข้นของสารละลายเปอร์แมงกาเนตคำนวณ ได้ดังนี้

$$\text{นอร์มัลลิตีของสารละลายเปอร์แมงกาเนต} = \frac{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 \text{ (g)}}{(\text{A-B}) \times 0.06701} \quad (1-7)$$

โดยที่ A = ปริมาตรเป็น มล. ที่ได้จากการไตเตรตตัวอย่างสารละลายโซเดียมออกซาเลต

B = ปริมาตรเป็น มล. ที่ได้จากการไตเตรตแบบลงค์

คำนวณค่าเฉลี่ยนอร์มัลลิตีของสารละลายโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต

4) สารละลายสต็อกแมงกานีส (Stock Manganese Solution) คำนวณหาปริมาตรของสารละลายโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ต้องใช้ในการเตรียมสารละลายสต็อกแมงกานีสที่มีความเข้มข้น 1 มล.เท่ากับ แมงกานีส $50 \mu\text{g}$ โดยใช้สูตร ดังนี้

$$\text{ปริมาตร } \text{KMnO}_4 \text{ ที่ต้องใช้ (ml)} = 4.55/\text{N ของ } \text{KMnO}_4 \quad (1-8)$$

ปิเปตสารละลายโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตตามปริมาตรที่คำนวณได้ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 ml เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 2-3 ml แล้วเติมสารละลายโซเดียมไบซัลไฟต์ (NaHSO_3) ที่ละลายในขณะที่ยกจกกระทงสีชมพูของเปอร์แมงกาเนตหายไป นำไปต้มไล่ SO_2 ที่เกินพอออกไปปล่อยให้เย็นแล้วเทใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 1L ผิดล้างข้างๆ บีกเกอร์ด้วยน้ำกลั่นจนหมด เทรวมลงในขวดวัดปริมาตรแล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบ 1L

- 5) โซโครเจนเปอร์ออกไซด์ 30%
- 6) กรดไนตริกเข้มข้น
- 7) กรดซัลฟูริกเข้มข้น
- 8) สารละลายโซเดียมไนไตรต์ (Sodium Nitrite Solution) ละลายโซเดียมไนไตรต์ (NaNO_2) 5 g ในน้ำกลั่น 95 ml
- 9) โซเดียมออกซาลेट ใช้เป็นสารมาตรฐานขั้นแรก
- 10) โซเดียมไบซัลไฟต์ ละลายโซเดียมไบซัลไฟต์ (NaHSO_3) 10 g ในน้ำกลั่น 100 ml

5.1.5 วิธีวิเคราะห์

5.1.5.1 การเตรียมกราฟมาตรฐาน

- 1) เตรียมสารละลายมาตรฐานแมงกานีสให้มีความเข้มข้น 100 200 300 400 500 และ 600 μg โดยปิเปตสารละลายสต็อกแมงกานีสมา 2 4 6 8 10 และ 12 ml ใส่หลอดเนสเลอร์ขนาด 100 ml แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบปริมาตร 100 ml
- 2) เทสารละลายมาตรฐานแมงกานีสลงในบีกเกอร์ ขนาด 250 ml เติมน้ำยาพิเศษ 5 ml นำไปต้มน้ำเดือดบนเตาแผ่นจนเหลือปริมาตรประมาณ 90 ml
- 3) เติมแอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต ($(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$) 1 g ในขณะที่เดือด ต้มต่ออีก 1 นาที
- 4) ขกกลงตั้งทิ้งไว้ประมาณ 2 นาที แล้วทำให้เย็นโดยใช้น้ำก๊อก
- 5) ปรับปริมาตรเป็น 100 ml ด้วยน้ำกลั่น นำไปวัดค่า Absorbance ที่ความยาวคลื่น 525 nm โดยใช้น้ำกลั่นเป็นแบลนด์ พล็อตกราฟมาตรฐานแมงกานีสระหว่างความเข้มข้นเป็นไมโครกรัม และ Absorbance ดูตัวอย่างสีของสารละลายมาตรฐานแมงกานีสเริ่มต้นจากสีม่วงอ่อน→ สีม่วงเข้ม

5.1.5.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

- 1) ตวงตัวอย่างน้ำ 100 ml หรือใช้น้อยกว่าแล้วเติมน้ำกลั่นจนครบ 100 ml ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 ml เติมน้ำยาพิเศษ 5 ml แล้วทำเหมือนสารละลายมาตรฐานนำไปวัด Absorbance อ่านค่าไมโครกรัมจากกราฟมาตรฐาน
- 2) ถ้าตัวอย่างน้ำขุ่นหรือมีสี ให้ใช้น้ำตัวอย่างที่ไม่ได้เติม $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ เป็นแบลนด์
- 3) ถ้าเป็นน้ำเสียหรือน้ำที่มีสารอินทรีย์สูงต้องย่อยด้วยกรดไนตริกและซัลฟูริกก่อน

5.1.6 การคำนวณ

$$\text{แมงกานีส (mg/L)} = \frac{\text{ไมโครกรัม Mn ที่อ่านได้จากกราฟ}}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (ml)}} \quad (1-9)$$

5.1.7 ข้อเสนอแนะและข้อควรระวัง

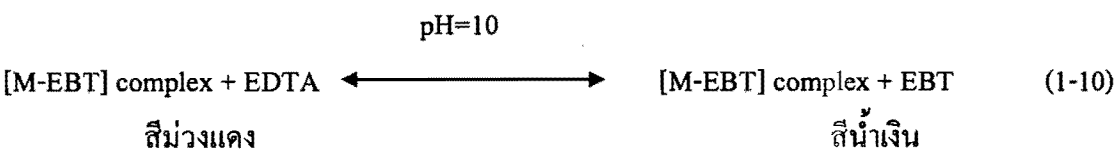
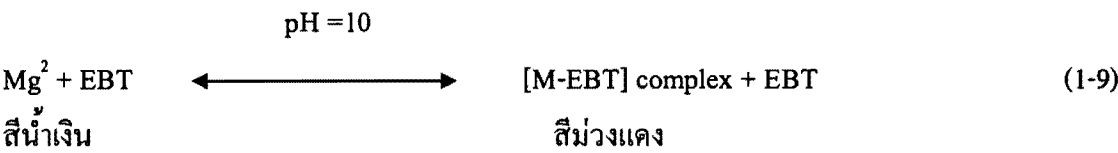
- 1) หลีกเลี่ยงแอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต อย่างน้อยนานเกิน 1 นาที และควรทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว เพราะไม่อย่างนั้นจะทำให้สีของเปอร์แมงกานีสหายไป
- 2) แอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟตเสื่อมง่าย ควรเก็บในตู้เย็น เมื่อเก็บไว้นานๆ ควรตรวจสอบกับตัวอย่างมาตรฐานเป็นครั้งคราว ถ้าไม่ได้วิเคราะห์เป็นประจำ

6.1 การวิเคราะห์ ความกระด้าง (Hardness)

6.1.1 หลักการ

อีดีทีเอเป็น Chelating Agent สามารถสร้างอออนเชิงซ้อนที่เสถียรกับ Ca^{2+} , Mg^{2+} และ Divalent Ion อื่นที่เป็นสาเหตุของความกระด้างของน้ำ เมื่อเติมอีริโอโครมแบล็คที (Eriochrome Black T, EBT) อินดิเคเตอร์ที่บัพเฟอร์น้ำให้มีพีเอช 10.0 ± 0.1 อีบีทีจะรวมกับ Ca^{2+} และ Mg^{2+} เกิดเป็นสารเชิงซ้อน ([M-EBT] complex) สีม่วงแดง (ถ้าไม่มีอออนของโลหะละลายอยู่จะได้สารละลายสีน้ำเงิน) ดังสมการที่ (1-9) และเมื่อไตเตรตด้วยอีดีทีเอ Ca^{2+} , Mg^{2+} และอออน +2 อื่นๆ (ที่สาเหตุของความกระด้างของน้ำ) จะรวมตัวกับอีดีทีเอเป็นสารเชิงซ้อน ([M-EBT] complex) ซึ่งไม่มีสีและคงตัวกว่า ([M-EBT] complex) โดยจะรวมตัวกับ Ca^{2+} ก่อนแล้วจึงรวมกับ Mg^{2+} เมื่ออีดีทีเอรวมตัวกับ Free Hardness Ions หมดแล้วจะไปดึงอออนโลหะ (M^{2+}) มาจาก ([M-EBT]

complex) จะหมดและปล่อยอีบีทีเป็นอิสระ สีของสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินของอีบีที แสดงว่าถึงจุดยุติดังสมการที่ (1-9)



6.1.2 สิ่งรบกวนการวิเคราะห์

ไอออนของโลหะบางตัวจะขัดขวางการหาความกระด้างโดยวิธีนี้ด้วยการทำให้สีของจุดยุติจางไปหรือเห็นไม่ชัด การแก้ไขทำได้โดยการเติมอินฮิบิเตอร์ (Inhibitors) ก่อนไตเตรตด้วยอีดีทีเอ ความเข้มข้นสูงสุดของสารรบกวนที่ยอมให้มีได้ในการไตเตรต ขนาดของตัวอย่างน้ำเท่ากับ 25 ml และเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 50 ml ถ้าตัวอย่างน้ำมีโลหะหนักมากๆ ไม่ควรจะวิเคราะห์โดยวิธีนี้ ควรตรวจวัดแคลเซียมและแมกนีเซียมก่อน โดยวิธีอื่นแล้วนำมาคำนวณตามวิธีในหัวข้อ 25.1 ในกรณีตัวอย่างน้ำมีสารแขวนลอยหรือสารอินทรีย์ที่จะรบกวนสีของจุดยุติสามารถกำจัดได้โดยการระเหยตัวอย่างจนแห้งบนเครื่องอังน้ำ แล้วนำไปเผาในตู้เผาที่อุณหภูมิ 550°C กระทั่งสารอินทรีย์ถูกออกซิไดส์จนสมบูรณ์ ละลายตะกอนที่เหลือด้วยกรดไฮโดรคลอริก 1N ปริมาตร 20 ml แล้วสะเทินให้เป็นกลางที่พีเอช 7 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 N เติมน้ำกลั่นจนได้ 50 ml ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วนำไปหาความกระด้างตามวิธีการที่จะได้กล่าวต่อไป

6.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

- 1) บิตเรต ขนาด 50 ml
- 2) ขวดรูปกรวย ขนาด 250 ml

6.1.4 สารเคมี

6.1.4.1 สารละลายบัฟเฟอร์ (Buffer Solution)

- 1) ละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (Ammonium Chloride, NH_4Cl) 16.9 g ในแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น (NH_4OH , Conc) 143 ml เติมเกลือแมกนีเซียมของอีดีทีเอ 1.25 g แล้วเจือจางให้เป็น 250 ml ด้วยน้ำกลั่น

ตารางที่ ข.3 ค่าความเข้มข้นสูงสุดของโลหะที่รบกวนการวิเคราะห์

โลหะ	ความเข้มข้นสูงสุดของสารรบกวน (mg/L)	
	อินฮิบิเตอร์ I	อินฮิบิเตอร์ II
อลูมิเนียม	20	20
แบเรียม	+	+
แคดเมียม	+	20
โคบอลท์	มากกว่า 20	0.3
ทองแดง	มากกว่า 20	20
เหล็ก	มากกว่า 20	5
ตะกั่ว	+	20
แมงกานีส (Mn ⁺²)	+	1
นิกเกิล	มากกว่า 20	0.3
สตรอนเทียม	+	+
สังกะสี	+	200
โพลิฟอสเฟต	+	10

2) ละลายเกลือไดโซเดียมของอีดีทีเอ (Disodium Salt of Ethylene Diamine Teraacetic Acid Dihydrate) 1.179 g และแมกนีเซียมซัลเฟต (MgSO₄·7H₂O) 780 mg หรือแมกนีเซียมคลอไรด์ (MgCl₂·6H₂O) 644 mg ในน้ำกลั่น 50 ml เติมสารละลายนี้ลงในสารละลายของแอมโมเนียมคลอไรด์ 16.9g กับแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 143 ml ผสมให้ขึ้นแล้วเติมน้ำกลั่นให้เป็น 250 ml เก็บสารละลายบัฟเฟอร์ในขวดพลาสติกหรือขวดแก้วบอโรซิลิเกตควรปิดจุกให้แน่นเพื่อป้องกันการสูญเสียแอมโมเนีย (NH₃) หรือการดูดซึมของคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศ ถ้าเติมสารละลายบัฟเฟอร์ลงในตัวอย่าง 1-2 ml แล้วไม่ทำให้พีเอชของตัวอย่างเมื่อถึงจุดยุติเท่ากับ 10.0±0.1 ต้องทิ้งไปไม่ควรนำมาใช้

3) สารละลายบัฟเฟอร์ที่ไม่มีกลิ่นและอยู่ตัวกว่า 2 ชนิดแรก ผสมกรดไฮโดรคลอริก 55 ml กับน้ำกลั่น 400 ml คนให้เข้ากันช้าๆ เติม 2-อะมิโนเอทานอล (2-Aminoethanol) 300 ml (ไม่มีอลูมิเนียมและโลหะหนักเจือปน) แล้วเติมเกลือแมกนีเซียมของอีดีทีเอ 5.0 g เจือจางให้เป็น 1L ด้วยน้ำกลั่น

6.1.4.2 Complexing Agents

น้ำส่วนใหญ่ไม่จำเป็นต้องใช้ Complexing Agents แต่ถ้าน้ำนั้นมีสิ่งรบกวนการวิเคราะห์จำเป็นต้องใช้ Complexing Agents เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ที่จุดยุติได้อย่างชัดเจน Complexing Agents ที่ใช้มีดังนี้

1) อินฮิบิเตอร์ I (Inhibitor I)

ถ้าตัวอย่างน้ำเป็นกรดควรปรับพีเอชให้เป็น 6 หรือสูงกว่าด้วยสารละลายบัฟเฟอร์หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N ก่อนเติมโซเดียมไซยาไนด์ (NaCN) 250 mg ลงไปในสารละลายตัวอย่าง แล้วเติมสารละลายบัฟเฟอร์ให้เพียงพอที่จะปรับพีเอชให้เป็น 10.0 ± 0.1 (ข้อควรระวัง : NaCN มีพิษร้ายแรงมาก จึงควรใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ)

2) อินฮิบิเตอร์ II (Inhibitor II)

ละลายโซเดียมซัลไฟด์โมโนไฮเดรต (Sodium Sulfide Monohydrate, $\text{Na}_2\text{S}\cdot\text{H}_2\text{O}$) 5.0 g หรือ $\text{Na}_2\text{S}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 3.7 g ในน้ำกลั่น 100 ml ปิดขวดให้แน่นด้วยจุกยางเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการออกซิเดชันเนื่องจากออกซิเจนในอากาศ อินฮิบิเตอร์ II จะทำให้โลหะหนักละลายโซเดียมซัลไฟด์โมโนไฮเดรต (Sodium Sulfide Monohydrate, $\text{Na}_2\text{S}\cdot\text{H}_2\text{O}$) 5.0 g หรือ $\text{Na}_2\text{S}\cdot\text{H}_2\text{O}$ 3.7 g ในน้ำกลั่น 100 ml ปิดขวดให้แน่นด้วยจุกยางเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการออกซิเดชันเนื่องจากออกซิเจนในอากาศ อินฮิบิเตอร์ II จะทำให้โลหะหนักซึ่งขัดขวางการวิเคราะห์ตกเป็นตะกอนซัลไฟด์ ปริมาณของอินฮิบิเตอร์ II ที่ควรใช้คือ 1 ml

3) Mg CDTA

(Magnesium Salt of 1, 2-Cyclohexanediaminetetraacetic Acid) เติม Mg CDTA 250 mg ต่อตัวอย่างน้ำ 100 ml ให้ละลายหมดก่อนจึงค่อยเติมสารละลายบัฟเฟอร์การใช้ Complexing Agent ชนิดนี้เพื่อต้องการหลีกเลี่ยงการใช้สารพิษหรือสารที่มีกลิ่นจากอินฮิบิเตอร์ I และ II

6.1.4.3 อิริโอโครม แบลค ที อินดิเคเตอร์ (Eriochrome Black T Indicator)

เตรียมได้ทั้งชนิดเป็นสารละลายและผงแห้ง ดังนี้

1) ชนิดเป็นสารละลาย

ละลายอิริโอโครม แบลค ที (Sodium Salt of 1-(1-Hydroxy-2-Naphthylazo)-5-Nitro-2-Naphthol-4-Sulfonic Acid; No.203 ในครรชนีสี) 0.5 g ใน 2,2',2''-ไนโตรโล-ไตรเอทานอล หรือเรียกอีกอย่างว่า ไตรเอทานอลามีน (Triethanolamine) หรือละลายใน 2-เมทอกซีเมทานอล (2-Methoxymethanol) หรือเรียกอีกชื่อว่า เอทิลีนไกลคอล โมโนเมทิลอีเธอร์) เติม 2 หยดต่อตัวอย่างน้ำ 50 ml

2) ชนิดเป็นผงแห้ง

ผสมอีรีโอโครม แบลค ที่ 0.5 g และโซเดียมคลอไรด์ 100 g ให้เข้ากัน (ชนิดเป็นผงแห้งจะเก็บไว้ใช้ได้นาน)

6.1.4.4 สารละลายมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนต

ชั่งแคลเซียมคาร์บอเนต CaCO_3 ซึ่งได้อบแห้งแล้วจำนวน 1,000 g ใส่ในขวดรูปกรวยขนาด 500 ml วางกรวยไว้ที่ตอขวดค่อยๆ เติมกรดไฮโดรคลอริก (1+1) ทีละน้อย จนกระทั่งแคลเซียมคาร์บอเนตละลายหมด เติมน้ำกลั่น 200 ml ต้มให้เดือดประมาณ 2-3 นาที เพื่อให้คาร์บอนไดออกไซด์ หนีให้เย็น เติมเมทิลเรดอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด ปรับให้เป็นสีส้มกลางๆ ด้วยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 3N หรือ กรดไฮโดรคลอริก (1+1) ถ่ายลงในขวดวัดปริมาตร 1L เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1L

การละลายมาตรฐานนี้ 1.00 mg = แคลเซียมคาร์บอเนต 1.00 mg

6.1.4.5 สารละลายมาตรฐานอีดีทีเอ 0.01M

ละลายผงอีดีทีเอไดโซเดียมซอลท์ (EDTA Disodium Salt) 3.723 g ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางให้เป็น 1L แล้วเทียบความเข้มข้นที่แน่นอน (Standardize) กับสารละลายมาตรฐานแคลเซียมที่ทราบความเข้มข้น (จากข้อ 4) ปรับความเข้มข้นของสารละลายอีดีทีเอให้ได้ $1.00 \text{ ml} = 1.00 \text{ mg}$ แคลเซียมคาร์บอเนต วิธีเทียบความเข้มข้นที่แน่นอนกระทำโดยปิเปตสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนตมา 25.0 ml เติมน้ำกลั่นให้เป็น 50 ml แล้วทำเหมือนวิธีวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ ถ้าสารละลายอีดีทีเอ $1.00 \text{ ml} = \text{แคลเซียมคาร์บอเนต } 1.00 \text{ ml}$ จะใช้อีดีทีเอ 25.0 ml พอดี ควรเก็บสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอที่เตรียมในขวดโพลีเอทิลีนหรือขวดแก้วบอโรซิลิเกต

6.1.4.6 โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1N

6.1.5 วิธีวิเคราะห์

1) การไตเตรตตัวอย่างน้ำ: เลือกปริมาตรตัวอย่างที่จะใช้อีดีทีเอในการไตเตรตน้อยกว่า 15 ml และใช้เวลาในการไตเตรตน้อยกว่า 5 นาที นับจากหลังเติมสารละลายบัฟเฟอร์ ปิเปตตัวอย่างตามปริมาตรที่เลือกใส่ขวดรูปกรวย (ถ้าเป็นน้ำธรรมชาติทั่วไป มักใช้ตัวอย่างประมาณ 25 ml) เติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตรประมาณ 50 ml แล้วเติมสารละลายบัฟเฟอร์ 1-2 ml โดยปกติมักใช้สารละลายบัฟเฟอร์เพียง 1ml ก็เพียงพอที่จะปรับให้พีเอชของตัวอย่างน้ำเป็น 10.0 ± 0.1 เติมนีโออีโรโครม แบลค ที่ อินดิเคเตอร์ ถ้าเป็นชนิดสารละลายเติม 1-2 หยด แต่ถ้าเป็นชนิดผงแห้งเติมปริมาณพอควร (ประมาณ 0.2 g)

สารละลายตัวอย่างจะเป็นสีม่วงแดง ไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอ 0.01 M โดยค่อยเติมอย่างช้า ๆ สีจะค่อย ๆ เปลี่ยนจากสีม่วงแดงเป็นสีม่วง และจะค่อย ๆ เข้มขึ้น ซึ่งแสดงว่าใกล้ถึงจุดยุติ จึงค่อยเติมทีละหยดจนถึงจุดยุติ สีสารละลายตัวอย่างจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน ถ้าการเปลี่ยนสีที่จุดยุติเห็นไม่ชัดแสดงว่าต้องเติม Complexing Agents ชนิดใดชนิดหนึ่ง หรือไม่ก็แสดงว่าอินดิเคเตอร์เสื่อมคุณภาพ

2) สำหรับตัวอย่างน้ำที่มีความกระด้างต่ำ เช่น น้ำที่ผ่านเครื่อง Ion Exchange หรือน้ำอ่อนอื่น ๆ และน้ำตามธรรมชาติที่มีความกระด้างต่ำคือ น้อยกว่า 5 mg/L ให้ใช้ปริมาตรตัวอย่างน้ำ 100-1000 ml สำหรับการไตเตรต และเพิ่มจำนวนบัฟเฟอร์ อินฮิบิเตอร์และอินดิเคเตอร์ในปริมาณที่เหมาะสมและควรใช้ Micro Buret ในการไตเตรตทำแบลนด์โดยใช้น้ำกลั่นหรือน้ำ DI ในปริมาณที่เท่ากับตัวอย่างรวมทั้งปริมาณของบัฟเฟอร์ อินฮิบิเตอร์และอินดิเคเตอร์ด้วย

3) ถ้าตัวอย่างน้ำเป็นน้ำเสีย ให้ทำการเตรียมตัวอย่างก่อน โดยการย่อยด้วยไนตริก -ซัลฟูริก หรือกรดไนตริก - กรดเปอร์คลอริก

6.1.6 การคำนวณ

$$\text{ความกระด้าง (mg/L as CaCO}_3\text{)} = \frac{A \times B \times 1000}{\text{ปริมาณตัวอย่าง (ml)}} \quad (1-11)$$

เมื่อ A = ปริมาตรอีดีทีเอที่ใช้ในการไตเตรต (ml)
 B = มก. CaCO_3 ซึ่งสมมูลกับ 1.00 มล. อีดีทีเอ

6.1.7 ข้อเสนอแนะและข้อควรระวัง

1) เวลาที่ใช้ในการไตเตรต ไม่ควรเกิน 5 นาที เพื่อป้องกันการตกตะกอนของ CaCO_3 และ Mg(OH)_2

2) ถ้าทราบค่าความกระด้างโดยประมาณ ให้เติมสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอลง ไปประมาณ 90% ของปริมาณที่คาดว่าจะใช้ลงในตัวอย่างน้ำก่อนเติมสารละลายบัฟเฟอร์เพื่อป้องกันการตกตะกอนของ CaCO_3 หรืออาจแก้ไขโดยการปรับตัวอย่างน้ำให้เป็นกรดและคนนาน 2 นาที เพื่อไล่คาร์บอนไดออกไซด์ก่อนการปรับพีเอชด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ วัดค่าสภาพด่างเพื่อแสดงจำนวนกรดที่ถูกเติม

3) ถ้าตัวอย่างน้ำเป็นกรด ควรปรับพีเอชให้เป็นกลางก่อนเติมสารละลายบัฟเฟอร์

7.1 การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Total Coliform Bacteria)

7.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

- 1) หลอดแก้วพร้อมฝาปิด (test tube) ขนาด 15 ml
- 2) หลอดดักอากาศเคอร์แรม (durham tube)
- 3) ปิเปตขนาด 10 และ 1 ml
- 4) ลูกยางใช้กับปิเปตสำหรับดูดน้ำตัวอย่าง
- 5) ตะเกียงแอลกอฮอล์
- 6) ตู้เพาะเชื้อ (incubator)
- 7) ลวดที่มีปลายห่วงกลม (wire loop)
- 8) อาหารเลี้ยงเชื้อ
- 9) น้ำกลั่นสำหรับการเจือจางตัวอย่าง
- 10) Lactose broth (LB)
- 11) Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGB)

7.1.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์

การตรวจสอบขั้นแรก (Presumptive test)

- 1) นำหลอดแก้ว (Test tube) ขนาด 15 ml ซึ่งมีหลอดดักอากาศเคอร์แรมวางคว่ำ อยู่ภายใน มาบรรจุอาหารเหลวแลคโตส ให้ท่วมหลอดเคอร์แรม ประมาณ 10 ml แล้วนำไป นึ่งฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งอัดไอ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121°C นาน 15 นาที
- 2) เขย่าตัวอย่างน้ำแรงๆ ขึ้นลง 25 ครั้ง
- 3) ใช้ปิเปต ขนาด 1 ml ดูดตัวอย่างน้ำใส่ลงในหลอดแก้วที่บรรจุอาหารเหลว แลคโตส 3 หรือ 5 หลอดๆ ละ 1 ml ต่อ 1 ระดับของการเจือจาง ซึ่งชุดอนุกรมของการเจือจางในการ วิเคราะห์จะทำการเจือจาง 3 ระดับ ต่อ 1 ตัวอย่าง
- 4) เขย่าหลอดแก้วเบาๆ เพื่อให้อาหารผสมกับตัวอย่างน้ำ ระวังอย่าให้มี ฟองอากาศในหลอดเคอร์แรม
- 5) นำหลอดแก้วทั้งหมดเข้าตู้เพาะเชื้อที่อุณหภูมิ $35\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 24-48 ชม.
- 6) นำหลอดแก้วมาตรวจดูก๊าซที่เกิดขึ้นในหลอดเคอร์แรม ถ้าหลอดใดเกิดก๊าซ แสดงว่าให้ผลทางบวก (Positive) นำหลอดที่เกิดก๊าซไปทดสอบขั้นยืนยันต่อไป

7.1.3 การตรวจสอบขั้นยืนยัน (Confirmed test)

1) นำหลอดแก้ว (test tube) ขนาด 15 ml ซึ่งมีหลอดดักอากาศเคอร์แรมวางคว่ำ อยู่ภายใน มาบรรจุอาหารเหลว BGB ให้ท่วมหลอดเคอร์แรม แล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งอัดไอ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 °C นาน 15 นาที

2) นำหลอดที่ให้ผลทางบวกในการตรวจสอบขั้นแรกมาเขย่าเบาๆ และทำการ ถ่ายเชื้อโดยใช้หลอดที่มีปลายห่อกลมจุ่มลงไปในหลอดที่ให้ผลทางบวกแล้วนำไปจุ่มลง ในหลอดแก้วที่มีอาหาร BGB ทำอย่างนี้ 2-3 ครั้ง

3) เขย่าหลอดแก้วเบาๆ เพื่อให้อาหาร BGB ผสมกับเชื้อที่ถ่ายมา ระมัดระวังอย่าให้มี ฟองอากาศในหลอดเคอร์แรม

4) นำหลอดแก้วที่มีอาหาร BGB ทั้งหมดเข้าตู้เพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35±0.5 °C

5) นำหลอดแก้วมาตรวจดูก๊าซที่เกิดขึ้นในหลอดเคอร์แรม ถ้าหลอดใดเกิดก๊าซ แสดงว่าให้ผลทางบวก (Positive) แสดงยืนยันว่ามีเชื้อโคลิฟอร์มในหลอดแก้วที่เกิดก๊าซ ในการตรวจสอบขั้นแรก

6) นำหลอดที่ให้ผลทางบวกไปทดสอบขั้นสมบูรณ์ต่อไป

7.1.4 การตรวจสอบขั้นสมบูรณ์ (Completed test)

นำเชื้อจากหลอดที่เกิดฟองอากาศในขั้นยืนยันมา Streak ลงบนอาหารแข็ง EMB (Eosin Methylene Blue Plate) แล้วนำไปเข้าตู้เพาะเชื้อที่ 35±0.5 °C นาน 24±2 ชั่วโมง ซึ่งเชื้อ แบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์มเท่านั้น ที่เจริญเติบโตได้เห็นเป็นโคโลนี ซึ่งโคโลนีจะมีลักษณะมีสีเข้ม ตรงกลาง และมีสีโลหะตัด (metallic sheen) จากนั้นให้ใช้ไม้จิ้มฟันที่ Sterile แล้วจิ้มเอาโคโลนี ที่แยกเดี่ยวๆ เห็นชัดในแต่ละ Plate ประมาณ 2-3 โคโลนี ใส่ลงในหลอดที่มีอาหาร Lactose Broth แล้วนำไปเข้าตู้เพาะเชื้อที่ 35±0.5 °C นาน 24 - 48 ชั่วโมง ถ้าเป็นเชื้อโคลิฟอร์มจะให้ก๊าซเกิดขึ้น ในหลอดดักอากาศเคอร์แรม

Nutrient Agar Slant แล้วนำไปเข้าตู้เพาะเชื้อที่ 35±0.5 °C นาน 24-48 ชั่วโมง จึงนำ เชื้อไปทำ gram-stained ซึ่งจะเป็น gram negative แล้วต้องดูลักษณะของแบคทีเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์

7.1.5 การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อฟิคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform)

1) หลอดแก้วพร้อมฝาปิด (test tube) ขนาด 15 ml

2) หลอดดักอากาศเคอร์แรม (durham tube)

3) ปิเปตขนาด 10 และ 1 ml

4) ลูกยางใช้กับปิเปตสำหรับดูดน้ำตัวอย่าง

5) ตะเกียงแอลกอฮอล์

- 6) ตู้เพาะเชื้อ (incubator)
- 7) ลวดที่มีปลายห่วงกลม (wire loop)
- 8) อาหารเลี้ยงเชื้อ
- 9) น้ำกลั่นสำหรับการเจือจางตัวอย่าง
- 10) Lactose broth (LB)
- 11) EC-medium

7.1.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์

- 1) นำหลอดแก้ว (test tube) ขนาด 15 ml ซึ่งมีหลอดค้ำอากาศเคอร์แรมวางคว่ำ อยู่ภายใน ภาชนะบรรจุอาหารเหลวแลคโตส ให้ท่วมหลอดเคอร์แรม ประมาณ 10 ml แล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งอัดไอ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121°C นาน 15 นาที
- 2) เขย่าตัวอย่างน้ำแรงๆ ขึ้นลง 25 ครั้ง
- 3) ใช้ปิเปต ขนาด 1 ml ดูดตัวอย่างน้ำใส่ลงในหลอดแก้วที่บรรจุอาหารเหลวแลคโตส 3 หรือ 5 หลอดๆ ละ 1 ml ต่อ 1 ระดับของการเจือจาง ซึ่งชุดอนุกรมของการเจือจางในการวิเคราะห์จะทำการเจือจาง 3 ระดับต่อ 1 ตัวอย่าง
- 4) เขย่าหลอดแก้วเบาๆ เพื่อให้อาหารผสมกับตัวอย่างน้ำ ระวังอย่าให้มีฟองอากาศในหลอดเคอร์แรม
- 5) นำหลอดแก้วทั้งหมดเข้าตู้เพาะเชื้อที่อุณหภูมิ $35\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 24-48 ชม.
- 6) นำหลอดแก้วมาตรวจดูก๊าซที่เกิดขึ้นในหลอดเคอร์แรม ถ้าหลอดใดเกิดก๊าซแสดงว่าให้ผลทางบวก (positive) นำหลอดที่เกิดก๊าซไปทดสอบขั้นยืนยันต่อไป

7.1.7 การตรวจสอบขั้นยืนยัน (Confirmed test)

- 1) นำหลอดแก้ว (test tube) ขนาด 15 ml ซึ่งมีหลอดค้ำอากาศเคอร์แรมวางคว่ำ อยู่ภายใน ภาชนะบรรจุอาหารเหลว EC ให้ท่วมหลอดเคอร์แรม แล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งอัดไอ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121°C นาน 15 นาที
- 2) นำหลอดที่ให้ผลทางบวกในการตรวจสอบขั้นแรกมาเขย่าเบาๆ และทำการถ่ายเชื้อโดยใช้ลวดที่มีปลายห่วงกลมจุ่มลงไปในหลอดที่ให้ผลทางบวกแล้วนำไปจุ่มลงในหลอดแก้วที่มีอาหาร EC ทำอย่างนี้ 2-3 ครั้ง
- 3) เขย่าหลอดแก้วเบาๆ เพื่อให้อาหาร EC ผสมกับเชื้อที่ถ่ายมา ระวังอย่าให้มีฟองอากาศในหลอดเคอร์แรม
- 4) นำหลอดแก้วที่มีอาหาร EC ทั้งหมด เข้าตู้เพาะเชื้อที่อุณหภูมิ $44.5\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 24 - 48 ชม.

5) นำหลอดแก้วมาตรวจดูก๊าซที่เกิดขึ้นในหลอดเคอร์แรม ถ้าหลอดใดเกิดก๊าซ แสดงว่าให้ผลทางบวก (positive) แสดงยืนยันว่ามีเชื้อโคลิฟอร์มในหลอดแก้วที่เกิดก๊าซในการตรวจสอบขั้นแรก

6) นำหลอดที่ให้ผลทางบวกไปทดสอบขั้นสมบูรณ์ต่อไป

7.1.8 การตรวจสอบขั้นสมบูรณ์ (Completed test)

นำเชื้อจากหลอดที่เกิดฟองอากาศในขั้นยืนยันมา Streak ลงบนอาหารแข็ง EMB (Eosin Methylene Blue Plate) แล้วนำไปเข้าตู้เพาะเชื้อที่ $35\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ นาน 24 ± 2 ชั่วโมง ซึ่งเชื้อแบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์มเท่านั้น ที่เจริญเติบโตได้เห็นเป็นโคโลนี ซึ่งโคโลนีจะมีลักษณะมีสีเข้มตรงกลาง และมีสีโลหะตัด (metallic sheen) จากนั้นให้ใช้ไม้จิ้มฟันที่ sterile แล้วจิ้มเอาโคโลนีที่แยกเดี่ยวๆ เห็นชัดในแต่ละ plate ประมาณ 2-3 โคโลนี ใส่ลงในหลอดที่มีอาหาร

Lactose Broth แล้วนำไปเข้าตู้เพาะเชื้อที่ $35\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ นาน 24-48 ชั่วโมง ถ้าเป็นเชื้อโคลิฟอร์มจะให้ก๊าซเกิดขึ้นในหลอดคักอากาศเคอร์แรม

Nutrient Agar Slant แล้วนำไปเข้าตู้เพาะเชื้อที่ $35\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ นาน 24 - 48 ชั่วโมง จึงนำเชื้อไปทำ gram-stained ซึ่งจะเป็น gram negative แล้วสังเกตลักษณะของแบคทีเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์

7.1.9 การคำนวณหาค่าดัชนี MPN

นำจำนวนของหลอดที่ให้ผล positive ของแต่ละระดับการเจือจางจำนวน 3 ระดับ ในการตรวจสอบขั้นยืนยัน มาหาค่าปริมาณของเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียหรือฟีคอกโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ในตัวอย่างน้ำเทียบกับตารางดัชนี MPN เช่น ถ้าในอนุกรมการเจือจางตัวอย่างน้ำ 10, 1, 0.1 พบว่า 10 ml มีหลอดที่ให้ผลบวก 4 หลอดจาก 5 หลอด (ระดับการเจือจางแรกควรเข้าใกล้ 5) 1 ml มีหลอดที่ให้ผลบวก 3 หลอดจาก 5 หลอด 0.1 ml มีหลอดที่ให้ผลบวก 1 หลอดจาก 5 หลอด (ระดับการเจือจางสุดท้ายควรเข้าใกล้ 0 ไม่ควรเกิน 2) ดังนั้นให้ไปเปิดดูตารางดัชนี MPN จากเลขรวมของหลอดที่ให้ผลบวก คือ 4-3-1 ซึ่งจะหาค่าดัชนี MPN ของตัวอย่างเป็น 33 MPN/100 ml ของตัวอย่าง แต่ถ้าอนุกรมการเจือจางตัวอย่างน้ำที่อ่านผลได้เป็น 1, 0.1, 0.01 ml ค่าที่อ่านได้จากดัชนี MPN จะต้องคูณด้วย 10 แต่ถ้าอนุกรมการเจือจางตัวอย่างน้ำที่อ่านผลได้เป็น 0.1, 0.01, 0.001 ml ค่าที่อ่านได้จากดัชนี MPN จะต้องคูณด้วย 100 บางครั้งผลที่ได้อาจจะอ่านไม่ได้จากตารางดัชนี MPN ให้ทำการคำนวณหาค่า MPN/100 ml

7.1.10 การรายงานผล

รายงานปริมาณของแบคทีเรียกลุ่ม โคลิฟอร์มทั้งหมดและแบคทีเรียในกลุ่ม
ฟีคัล โคลิฟอร์ม หน่วยเป็น MPN/100 ml

8.1 วิธีการทดสอบ Jar test

Jar test คือ การทดสอบการสร้างตะกอนเป็นปฏิบัติการพื้นฐานทางด้านการบำบัดน้ำ
สำหรับทำน้ำประปา และการบำบัดน้ำเสีย ปริมาณและชนิดของสารเคมีที่ใช้ในการสร้างตะกอน
จำเป็นต้องเหมาะสมกับลักษณะสมบัติของน้ำที่ต้องการทดสอบ ซึ่งประสิทธิภาพและต้นทุนค่า
ที่สุุดกับวัตถุประสงค์ของการทดสอบ

8.1.1 อุปกรณ์

- 1) เครื่อง Jar Test
- 2) บีกเกอร์ขนาด 250, 1000 หรือ 2000 ml
- 3) นาฬิกาจับเวลา ไม้บรรทัด
- 4) อุปกรณ์ผสมและกวนสาร Magnetic stirrer
- 5) สารเคมี เช่น สารส้ม ปูนขาว กรดซัลฟูริก ($0.02\text{ N H}_2\text{SO}_4$) methyl orange
indicator
- 6) อุปกรณ์ประกอบ เช่น pH meter อุปกรณ์วัดความขุ่น Thermometer Burettes,
Pipettes, Erlenmeyer flasks, Eye drop

8.1.2 วิธีทดลอง

8.1.2.1 เตรียมอุปกรณ์การทำ Jar Test น้ำดิบ สารเคมีที่ใช้ทดลองและสร้าง
ตะกอนให้พร้อม

8.1.2.2 วัดค่าอุณหภูมิและค่า pH ของน้ำตัวอย่าง (บันทึกผล) วิเคราะห์หา
ความขุ่นด้วยเครื่องมือวัดความขุ่น พารามิเตอร์จะช่วยให้สามารถนำไปพิจารณาหาเงื่อนไข
ที่เหมาะสมกับการทดลอง

8.1.2.3 วิเคราะห์ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) ของน้ำตัวอย่างก่อนและหลักการ
ทำ Jar Test ดังนี้

- 1) ตวงน้ำตัวอย่างปริมาณ 50 ml (บันทึกผล = V_1) ใน Erlenmeyer flasks
- 2) เติมน methyl orange indicator 2 - 3 หยด

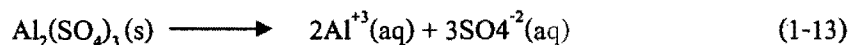
3) เตรียม Burettes และใส่ 0.02 N H_2SO_4 อ่านค่าระดับ และบันทึกผล ก่อนไตเตรทน้ำ ตัวอย่างจนกระทั่งเกิดการเปลี่ยนสีเป็นสีแดง อ่านค่าสุดท้ายของ H_2SO_4 ที่เหลืออยู่ และบันทึกปริมาณที่ใช้ไป V_1 คำนวณค่าความเป็นด่างที่ได้จากสูตร

$$\text{Alkalinity (mg/L CaCO}_3) = \frac{[\text{mL acid (V}_1) \times \text{Normality of acid} \times 50,000]}{[\text{mL sample (V}_2)]} \quad (1-12)$$

8.1.2.4 ตวงน้ำตัวอย่างในปริมาณที่เท่ากันลงในภาชนะแต่ละใบ เช่น ใช้กระบอก ตวง 1,000 มล. ใส่ในบีกเกอร์ที่เตรียมไว้ ภาชนะใส่น้ำตัวอย่างมีจำนวนตามอุปกรณ์ตามชนิด ของเครื่องมือที่ใช้ทดลอง และควรมีภาชนะควบคุมอย่างน้อย 1 ภาชนะ (Control)

8.1.2.5 เครื่อง Jar Test มีความสามารถในการตั้งเวลา (นาทิจ) และความเร็วรอบ การหมุนของใบพาย (รอบต่อนาที) ใช้กับภาชนะได้ 6 ใบพร้อมกัน ใบพายสามารถยกขึ้นหรือลงได้ สวิตช์ปิด – เปิดเครื่องเป็นปุ่มด้านบนขวา ควรเปิดสวิตช์เครื่องหลังจากเตรียมตัวอย่างเสร็จสิ้นและ เตรียมใช้งาน

8.1.2.6 เตรียมสารเคมีช่วยตกตะกอน คือ สารส้ม ซึ่งควรเตรียมไว้ในรูปของ สารละลายในความเข้มข้นที่ต้องการทดสอบ โดยชั่งสารส้มที่ต้องการและนำไปละลายในน้ำ เช่น สารส้ม 1 mg ในน้ำ 1000 ml จะได้สารส้มที่ความเข้มข้น 1 mg/L เป็นต้น สมการทางเคมีของสารส้ม ในการละลายน้ำ คือ



8.1.2.7 การทดลอง ส่วนที่ 1 เลือกระยะเวลา (ระหว่าง 30 วินาที-2 นาที) และ เลือกความเร็วรอบที่ใช้ในการกวนเร็ว (ระหว่าง 80 - 110 rpm) และเลือกระยะเวลา (ระหว่าง 3-10 นาที) และเลือกความเร็วรอบที่ใช้การกวนช้า (ระหว่าง 10-40 rpm) ในตัวอย่างที่ทำการทดลอง การทิ้งให้ตะกอนตกให้ใช้เวลา 20 นาที โดยให้ทำครั้งละ 2 กลุ่ม ๆ ละ 3 บีกเกอร์

8.1.2.8 เมื่อครบเวลาให้ตะกอนตกเรียบร้อยแล้ว สังเกตและบรรยายลักษณะ ตะกอนที่เกิดขึ้น วัดและบันทึกที่ระดับน้ำและความหนาของชั้นตะกอน รินน้ำส่วนใสออกช้าๆ ระวัง ไม่ให้ตะกอนแตกตัวนำน้ำส่วนใส (ปิเปตออกในตอนท้าย) และส่วนตะกอนไปวัดความขุ่น อุณหภูมิ ค่า pH พร้อมทั้งไตเตรทหาค่าความเป็นด่าง บันทึกค่าที่ได้

8.1.2.9 ทำการทดลอง ส่วนที่ 2 ปรับค่า pH ของน้ำดิบระหว่าง 4.5-9.5 (กลุ่มละหนึ่งค่า pH) แล้วทำการทดลองด้วยการเติมสารส้มความเข้มข้น 10 mg/L ก่อนกวนเร็ว ทำการกวนที่ความเร็วรอบ 100 rpm เป็นเวลา 1 นาที ตามด้วยการกวนช้าที่ความเร็วรอบ 30 rpm เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งน้ำให้ตกตะกอนเป็นเวลา 20 นาที เมื่อครบเวลาดตกตะกอนตก ให้สังเกตและบรรยายลักษณะตะกอนที่เกิดขึ้น และนำน้ำแต่ละส่วนวัดค่าความขุ่นที่ได้

8.1.3. การวิเคราะห์ข้อมูล

8.1.3.1 นำข้อมูลที่ได้จากแต่ละกลุ่มสร้างกราฟระหว่างค่าความขุ่นกับ pH

8.1.3.2 นำข้อมูลที่ได้จากแต่ละกลุ่มสร้างกราฟระหว่างค่าความขุ่นกับปริมาณสารส้มที่เหมาะสม

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ

นายจิตรกร อยู่หนูพะเนา

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2534 – 2536 สาขาวิชาช่างโยธา

คณะวิชาช่างโยธา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา

พ.ศ. 2547 – 2550 สาขาวิชาการจัดการงานก่อสร้าง

บริหารธุรกิจบัณฑิต มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2539 – ปัจจุบัน เทศบาลตำบลน้ำคำ

อำเภอเมืองศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

ผู้อำนวยการกองช่าง (นักบริหารงานช่าง) ระดับ 7

เทศบาลตำบลน้ำคำ อำเภอเมืองศรีสะเกษ

จังหวัดศรีสะเกษ โทรศัพท์ 0-4561-3691