

คุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อน: กรณีศึกษาเพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา

พฤษภาคม 2552

คุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อน: กรณีศึกษาเพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา

พฤษภาคม 2552

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อน: กรณีศึกษาเพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา

พฤษภาคม 2552

WATER QUALITY IN CHANGRON CANAL: A CASE STUDY FOR  
DEVELOPING LABORATORY DIRECTIONS ON BASIC ANALYSES OF WATER QUALITY



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the  
Master of Education degree in Secondary Education  
at Srinakharinwirot University

May 2009

พรหมมา แสงโคตร. (2552). *คุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อน: กรณีศึกษาเพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น*. ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ:

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: อาจารย์ ดร. สอนทองปาน, รองศาสตราจารย์ ดร. ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ 1) ศึกษาคุณภาพน้ำตามค่าพารามิเตอร์ 6 ค่า ได้แก่ ฟอสเฟต (Phosphate) แอมโมเนีย (Ammonia) อุณหภูมิ (Temperature) ดีไอ (Dissolved Oxygen: DO) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD) และความเป็นกรด-ด่าง (pH) 2) เปรียบเทียบคุณภาพน้ำที่ได้จากค่าพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษากับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) และค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และ 3) เสนอแนวทางในการพัฒนาบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3

การศึกษาคูณภาพน้ำใช้พื้นที่คลองแจรงร้อน เขตราชบุรีบูรณะ กรุงเทพฯ โดยผู้วิจัยวิเคราะห์คุณภาพน้ำตามค่าพารามิเตอร์ทั้ง 6 ค่าที่กำหนด แล้วเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน และค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ผลวิจัยพบว่า คุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อนมีค่าเฉลี่ยตามค่าพารามิเตอร์ที่กำหนด ได้แก่ ฟอสเฟต แอมโมเนีย อุณหภูมิ ดีไอ บีโอดี และความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 0.92 มิลลิกรัม/ลิตร, 0.06 มิลลิกรัม/ลิตร, 30.88 องศาเซลเซียส, 3.42 มิลลิกรัม/ลิตร, 28.61 มิลลิกรัม/ลิตร และ 6.35 โดยค่าแอมโมเนีย อุณหภูมิ และความเป็นกรด-ด่าง เป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนด ส่วนค่าฟอสเฟต ดีไอ และบีโอดี ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด

บทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้นที่พัฒนามี 5 บท คือ 1) การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น 2) การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ 3) การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี 4) การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ และ 5) การปรับปรุงคุณภาพน้ำ ซึ่งพบว่าบทปฏิบัติการดังกล่าวมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยภาพรวมทั้งฉบับ เท่ากับ 0.90 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน IOC ที่กำหนด

Promma Seangcot. (2009). *Water Quality in Changron Canal: A Case Study for Developing Laboratory Directions on Basic Analyses of Water Quality*. Master thesis, M.Ed. (Secondary Education). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University.  
Advisor committee: Dr. Sanong Thongpan, Assoc. Prof. Dr. Natthapong Charoenpit

The objectives of this research were:

1) To investigate water quality on 6 parameters: Phosphate, Ammonia, Temperature, Dissolved Oxygen (DO), Biochemical Oxygen Demand (BOD) and positive potential of the Hydrogen ions (pH), 2) To compare the parameters investigated across those of underlying ground water and corresponding standardized parameters for culturing of aquatic animals\_ \_ as defined by the Eight Notification of the National Committee on Environment (B.E. 2537), and 3) To propose brief guideline for the development of laboratory directions on basic analyses of water quality for key-stage 3 students.

The analysis of water quality across the 6 parameters were accomplished by using water in Changron canal in Bangkok, compared with their corresponding certified standards.

The results of this study indicated that the quality of water from Changron canal attended its mean in reconcile with the corresponding parameters: Phosphate, Ammonia, Temperature, DO, BOD and pH as 0.92 mg/l, 0.06 mg/l, 30.88 °C, 3.42 mg/l, 28.61 mg/l and 6.35. The figures followed the standard values except those on Phosphate, DO and BOD with were lower than the standards.

In the case of the 5 laboratory directions developed: 1) Basic Investigation of Water Quality, 2) Waste Water Treatment by Physical Mean 3) Waste Water Treatment by Chemical Mean 4) Waste Water Treatment by Biological Mean and 5) Improvement of Water Quality.' of which the research indicated that laboratory directions attended the IOC value for the whole as 0.90 with was higher than the standard criteria.

ปริญญาานิพนธ์

เรื่อง

คุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อน: กรณีศึกษาเพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น

ของ

พรหมา แสงโคตร

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สมชาย สันติวัฒนกุล)

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. 2552

คณะกรรมการควบคุมปริญญาานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

..... ประธาน

..... ประธาน

(อาจารย์ ดร. สนอง ทองปาน)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บังอร พานทอง)

..... กรรมการ

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ณีฎฐพงษ์ เจริญพิทย์)

(อาจารย์ ดร. สนอง ทองปาน)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ณีฎฐพงษ์ เจริญพิทย์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. ทวีพล จุฑะพล)

## ประกาศคุณูปการ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความเมตตากรุณาอย่างยิ่งจากอาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน ประธานกรรมการควบคุมปริญญาานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ กรรมการควบคุมปริญญาานิพนธ์ที่คอยให้คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่ อย่างดียิ่ง ตลอดจนให้ความห่วงใย และกำลังใจตลอดมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณด้วยความรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บังอร พานทอง และอาจารย์ ดร. ทวีพล จุฑะพล คณะกรรมการแต่งตั้งเพิ่มเติมในการสอบปากเปล่า ที่อุทิศเวลาอันมีค่ากรุณา และให้คำแนะนำเพิ่มเติม อันทำให้ปริญญาานิพนธ์นี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ อาจารย์อรุณี คุณสมบัติ อาจารย์สมศักดิ์ พาหะมาก อาจารย์เวธกา หนูเพชร อาจารย์บุญเหลือ บุราณสาร และอาจารย์ทศพร ไกรฤกษ์ ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจและแก้ไข เครื่องมือในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ คุณประพันธ์ศักดิ์ สุขสะอาด คุณวรวัฒน์ ทิพจ้อย คุณจิรพร แขวงเพชร คุณประเสริฐ สำเภารอด และคุณกัลยาวีร์ แวคล้ายหงษ์ ที่กรุณาช่วยเหลือในการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ผล ข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณพี่น้อง และเพื่อนสาขาวิชาการมัธยมศึกษา กลุ่มการสนทนาแอดไลน์ ตลอดจน กัลยาณมิตรทุกท่านที่คอยให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือ และให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์เสมอมา

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ-คุณแม่ ครอบครัวแสงโคตร ผู้มีพระคุณสูงสุดในชีวิตและ คอยสนับสนุนให้ผู้วิจัยได้ศึกษาเล่าเรียนจนสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้ ขอขอบคุณ พี่ ป้า น้า อา เพื่อนๆ ทุกท่าน และผู้คอยให้กำลังใจตลอดมา คุณค่าอันเกิดจากประโยชน์ของปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบ เป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มารดา และครูอาจารย์ด้วยความเคารพอย่างยิ่ง

พรหมา แสงโคตร

# สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	2
ความสำคัญของการวิจัย.....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับคลองแจรงร้อน.....	7
ประวัติความเป็นมา.....	7
ขนาด ที่ตั้ง และอาณาเขต.....	7
ลักษณะภูมิประเทศ.....	8
ประชากร.....	9
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการเก็บ และรักษาตัวอย่างน้ำ.....	9
นิยาม และความหมาย.....	9
เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำ.....	9
ภาชนะบรรจุตัวอย่างน้ำ.....	9
วิธีเก็บตัวอย่างน้ำ.....	10
ขั้นตอนในการเก็บตัวอย่างน้ำ.....	10
ประเภทของตัวอย่างน้ำ.....	11
ช่วงระยะเวลาระหว่างการเก็บวิเคราะห์.....	12
วิธีที่ใช้ในการเก็บรักษา.....	12
ข้อควรปฏิบัติทั่วไปในการเก็บตัวอย่างน้ำ.....	13
การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ.....	14

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2 (ต่อ)	
การปิดฉลากบนภาชนะบรรจุ.....	14
วิธีส่งตัวอย่างน้ำ.....	15
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานของแหล่งน้ำ.....	16
คุณภาพของน้ำ.....	16
คุณสมบัติของแหล่งน้ำ.....	17
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน.....	20
มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำ.....	21
หลักเกณฑ์ในการพิจารณากำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำ.....	21
วัตถุประสงค์ในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำ.....	21
การกำหนดประเภทแหล่งน้ำผิวดิน.....	22
เป้าหมายในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน.....	23
การกำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน.....	23
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด.....	26
ความหมาย.....	26
ประเภทบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด.....	26
การกำหนดค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด.....	26
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการ.....	27
ข้อคำนึงในการเขียนบทปฏิบัติการ.....	28
องค์ประกอบของบทปฏิบัติการ.....	29
ขั้นตอนในการเขียนบทปฏิบัติการ.....	29
ลักษณะของบทปฏิบัติการ.....	30
จุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการ.....	31
รูปแบบของการจัดกิจกรรมปฏิบัติการ.....	32
ขั้นตอนในการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการ.....	32
บทบาทของครูในการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการ.....	33

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2 (ต่อ)	
ประโยชน์ของการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการ.....	34
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	35
งานวิจัยที่เกี่ยวกับการศึกษาคุณภาพน้ำ.....	35
งานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนามบทปฏิบัติการ.....	36
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	37
ตอนที่ 1 การศึกษาคุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อน.....	37
การศึกษาแหล่งข้อมูล.....	37
เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	38
การเก็บตัวอย่างน้ำ.....	39
วิธีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.....	40
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	41
ตอนที่ 2 การพัฒนามบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น.....	41
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	43
ตอนที่ 1 การศึกษาคุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อน.....	43
ตอนที่ 2 การพัฒนามบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น.....	57
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	58
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	58
วิธีดำเนินการวิจัย.....	58
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	59
สรุปผลการวิจัย.....	60
อภิปรายผล.....	61
ข้อเสนอแนะ.....	65

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 (ต่อ)	
ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการศึกษาคุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อน.....	65
ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการพัฒนาปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น.....	66
บรรณานุกรม.....	67
ภาคผนวก.....	71
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	187



## บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงรายละเอียดการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ.....	15
2 แสดงค่า pH ของน้ำในการกำหนดชนิดของต่าง.....	18
3 แสดงการกำหนดประเภทแหล่งน้ำผิวดิน.....	22
4 แสดงค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน.....	23
5 แสดงค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด.....	27
6 แสดงค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำตามค่าพารามิเตอร์ที่กำหนด.....	37
7 แสดงค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ตามค่าพารามิเตอร์ที่กำหนด.....	38
8 แสดงวิธีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำตามพารามิเตอร์คุณภาพน้ำชนิดต่างๆ.....	40
9 แสดงค่าฟอสเฟตเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อนจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดต่างๆ 4 จุด....	44
10 แสดงค่าแอมโมเนียเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อนจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำ จุดต่างๆ 4 จุด.....	46
11 แสดงค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อนจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดต่างๆ 4 จุด ..	48
12 แสดงค่าดีไอเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อนจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดต่างๆ 4 จุด.....	50
13 แสดงค่าบีโอดีเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อนจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดต่างๆ 4 จุด.....	52
14 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อนจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำ จุดต่างๆ 4 จุด.....	54
15 แสดงคุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อนจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดต่างๆ 4 จุด โดยภาพรวม.....	56
16 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของกิจกรรมกับเนื้อหา ของบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้นโดยภาพรวม.....	57
17 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดต่างๆ 4 จุด.....	73
18 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ กับความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับกิจกรรมของ บทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น.....	167

## บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย.....	6
2 แสดงแผนที่เส้นทางการเก็บตัวอย่างน้ำในคลองแจรงร้อนจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำ จุดต่างๆ 4 จุด.....	8
3 แสดงชุดตรวจวิเคราะห์ฟอสเฟต ของบริษัทซีรา.....	171
4 แสดงชุดตรวจวิเคราะห์แอมโมเนีย ของบริษัทซีรา.....	171
5 แสดงเครื่องมือตรวจวิเคราะห์ออกซิเจนละลายในน้ำ และอุณหภูมิ.....	172
6 แสดงเครื่องมือตรวจวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง.....	172
7 แสดงขวด BOD ขนาด 300 มิลลิลิตร.....	173
8 แสดงขวดรูปชมพู่ ขนาด 300 มิลลิลิตร และ 250 มิลลิลิตร.....	173
9 แสดงกระบอกตวง ขนาด 250 มิลลิลิตร.....	174
10 แสดงบิวเรต ขนาด 50 มิลลิลิตร และปิเปต ขนาด 10 มิลลิลิตร.....	174
11 แสดงปั๊มลมเติมอากาศ ของบริษัท Sonic.....	175
12 แสดงสารเคมีในการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.....	175
13 แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 1 บริเวณประตูเขื่อนกันระหว่างคลองแจรงร้อน และแม่น้ำเจ้าพระยา.....	177
14 แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 2 บริเวณหน้าโรงเรียนแจรงร้อน.....	177
15 แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 3 บริเวณใต้สะพานคอนกรีตข้ามคลองแจรงร้อน.....	178
16 แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 4 บริเวณหน้าวัดชุมชนวัดสน.....	178
17 แสดงวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วง.....	179
18 แสดงวิธีการบรรจุตัวอย่างน้ำใส่ภาชนะขวดพลาสติก ปริมาตร 600 มิลลิลิตร.....	179
19 แสดงวิธีการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำเพื่อนำมาตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ.....	180
20 แสดงวิธีการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำในภาชนะบรรจุที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส.....	180
21 แสดงวิธีการตรวจวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตของน้ำในคลองแจรงร้อน.....	181
22 แสดงวิธีการนำตัวอย่างน้ำมาตรวจวัดปริมาณแอมโมเนีย.....	181
23 แสดงการเปรียบเทียบสีของแอมโมเนียของตัวอย่างน้ำกับสีมาตรฐานที่กำหนด.....	182

## บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
24 แสดงวิธีการตรวจวัดค่าอุณหภูมิ และดีไอโดยใช้เครื่องมือตรวจวิเคราะห์ ออกซิเจนละลายในน้ำ DO Meter ของบริษัท YSI รุ่น 550 DO.....	182
25 แสดงวิธีการตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำในคลองแจรงร้อน.....	183
26 แสดงตัวอย่างน้ำในคลองแจรงร้อนจุดต่างๆ 4 จุด.....	183
27 แสดงวิธีการเทตัวอย่างน้ำจากภาชนะบรรจุลงในขวดบีไอดี.....	184
28 แสดงวิธีการเขย่าขวดบีไอดีโดยการกลับขวดไปมาประมาณ 15 ครั้ง.....	184
29 แสดงวิธีการเติมสารละลายอัลคาไล-ไฮโดรเจน-เปอร์ออกไซด์ ลงในตัวอย่างน้ำ ในการวิเคราะห์ค่าบีไอดี.....	185
30 แสดงการเปรียบเทียบสีของตัวอย่างน้ำก่อนเติม และหลังเติมด้วยกรดซัลฟิวริก.....	185
31 แสดงวิธีการเทตัวอย่างน้ำที่ผ่านการเติมด้วยสารเคมีที่เกี่ยวข้องลงในขวดรูปชมพู่.....	186
32 แสดงสีของตัวอย่างน้ำก่อนการไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต.....	186

# บทที่ 1

## บทนำ

### ภูมิหลัง

ในปัจจุบันน้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะมนุษย์ซึ่งใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค นอกจากนี้ยังใช้ประโยชน์ในด้านกิจกรรมต่างๆ เช่น การเพาะปลูก การเลี้ยงสัตว์ การประมง อุตสาหกรรม และชลประทาน ในอดีตคุณภาพน้ำจากแหล่งต่างๆ อยู่ในเกณฑ์ที่ประชาชนสามารถนำน้ำจากแหล่งธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ได้โดยตรงไม่ต้องผ่านกระบวนการบำบัดด้วยวิธีการใดๆ แต่ในสภาพการณ์ปัจจุบันสภาวะแวดล้อมได้มีการเปลี่ยนแปลงไปทำให้เกิดวิกฤตการณ์เรื่องน้ำ ไม่ว่าจะเป็นการขาดแคลนหรือการเสื่อมคุณภาพของน้ำจนเกิดการเน่าเสียขึ้น นับว่าเป็นปัญหาที่มีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมากเพราะสภาวะการณดังกล่าวเกี่ยวข้องกับสุขภาพอนามัย และคุณภาพชีวิตของประชาชนโดยส่วนรวม อีกทั้งส่งผลกระทบต่อการพัฒนาประเทศชาติเป็นสำคัญ

การขยายตัวของชุมชนในกรุงเทพมหานครได้ก่อให้เกิดปัญหาการเสื่อมคุณภาพของน้ำในแหล่งต่างๆ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรทำให้ความต้องการในการใช้น้ำเพื่อประกอบกิจกรรมต่างๆ เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น แม่น้ำเจ้าพระยา รวมถึงคูคลองต่างๆ ในกรุงเทพมหานครเสื่อมโทรมลงส่งผลให้เกิดปัญหามลภาวะทางน้ำ (Water pollution) โดยเฉพาะปัญหาน้ำเสีย เช่น น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม น้ำเสียจากเกษตรกรรม น้ำเสียจากกองขยะ และน้ำเสียจากแหล่งชุมชนต่างๆ โดยน้ำเสียเหล่านี้จะถูกระบายลงแหล่งน้ำธรรมชาติโดยตรง ซึ่งสัดส่วนปริมาณความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ของน้ำเสียจากแหล่งชุมชนส่งผลกระทบต่อความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำเป็นสัดส่วนร้อยละ 70 เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเสียที่ปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งมีความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์มากที่สุด (ธงชัย พรธอนสวัสดิ์ และคณะ. 2525: 18)

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ในมาตรา 69 และในมาตรา 79 กล่าวว่า รัฐจะต้องส่งเสริมให้ประชาชนในการสงวนบำรุงรักษาและใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและควมหลากหลายทางชีวภาพอย่างสมดุล ส่งเสริม บำรุงรักษา และคุ้มครองคุณภาพสิ่งแวดล้อมตามหลักการพัฒนาที่ยั่งยืน สอดคล้องกับมาตรา 6 ซึ่งระบุหน้าที่ของบุคคลในการให้ความร่วมมือและช่วยเหลือเจ้าพนักงานในการปฏิบัติหน้าที่ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2535: [www.deqp.go.th](http://www.deqp.go.th))

คลองแจรงร้อน เป็นคลองสายสำคัญของกรุงเทพมหานคร เป็นแหล่งน้ำที่เปรียบเสมือนสายโลหิตของประชากรที่อาศัยอยู่บริเวณริมคลองซึ่งอาศัยน้ำเพื่อการอุปโภค เช่น การซักล้าง การคมนาคม และ

การเกษตร เป็นต้น แต่ในปัจจุบันการขยายตัวทางเศรษฐกิจและชุมชนดำเนินขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้มีการใช้น้ำเพื่อประโยชน์ต่างๆ มากขึ้น ประกอบกับมีการระบายน้ำทิ้งลงสู่คลอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำทิ้งจากครัวเรือนซึ่งมีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต

นอกจากนี้ ยังได้รับผลกระทบจากน้ำเสียที่โรงงานอุตสาหกรรมระบายลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดสมุทรปราการโดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ชายฝั่งของอำเภอพระประแดง ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำตามธรรมชาติที่สำคัญเป็นอย่างยิ่ง ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของสัตว์น้ำลดลงรวมทั้งคุณภาพชีวิตของประชากรที่อาศัยบริเวณริมคลองแจ่งร้อนก็ลดลงเช่นกัน

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่า คลองแจ่งร้อนมีความสำคัญยิ่งต่อชุมชนและพื้นที่ใกล้เคียงอย่างมาก จากการขยายตัวของชุมชนรวมทั้งกิจกรรมต่างๆ ที่กล่าวมา พบว่า กิจกรรมเหล่านั้นมีผลต่อคุณภาพน้ำเป็นอย่างมาก ซึ่งถ้าไม่มีการควบคุมมลพิษจากกิจกรรมดังกล่าว ย่อมส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในคลองแจ่งร้อนอย่างแน่นอน ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาคุณภาพน้ำในคลองแจ่งร้อนโดยการนำเสนอแนวทางในการพัฒนาทบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น เพื่อนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนพัฒนาพื้นที่ ป้องกัน และรักษาคุณภาพน้ำของคลองแจ่งร้อนอันก่อให้เกิดความยั่งยืนสืบไป

### ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำตามค่าพารามิเตอร์ 6 ค่า ได้แก่ ฟอสเฟต (Phosphate) แอมโมเนีย (Ammonia) อุณหภูมิ (Temperature) ดีโอ (Dissolved Oxygen: DO) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD) และความเป็นกรด-ด่าง (pH)
2. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำที่ได้จากค่าพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) และค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
3. เพื่อเสนอแนวทางในการพัฒนาทบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3

### ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาคุณภาพน้ำในคลองแจ่งร้อนเพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนด และพัฒนาทบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งจะเป็น

ประโยชน์ ต่อครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ และสาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในการนำไปประยุกต์ใช้ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการตามสภาพจริงในบริบทของโรงเรียนวัดแจ้ร้อน และชุมชนใกล้เคียงต่อไป

## ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาวิเคราะห์คุณภาพน้ำในคลองแจ้ร้อนในครั้งนี้ เป็นกรณีศึกษาเพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

### ตอนที่ 1 การศึกษาคุณภาพน้ำในคลองแจ้ร้อน

1. พื้นที่ที่ใช้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ได้แก่ คลองแจ้ร้อน แขวงราษฎร์บูรณะ เขตราษฎร์บูรณะ กรุงเทพมหานคร โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วง จำนวน 4 จุด แต่ละจุดห่างกันโดยเฉลี่ยประมาณ 500 เมตร เริ่มจากจุดที่ 1 บริเวณประตูเขื่อนกันระหว่างคลองแจ้ร้อนกับแม่น้ำเจ้าพระยา จุดที่ 2 บริเวณหน้าโรงเรียนแจ้ร้อน จุดที่ 3 บริเวณใต้สะพานคอนกรีตข้ามคลองแจ้ร้อน และจุดที่ 4 บริเวณหน้าชุมชนวัดสวน (ดังภาพประกอบ 2 หน้า 8)

2. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำกระทำตามค่าพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา จำนวน 6 ค่า ได้แก่ ฟอสเฟต แอมโมเนีย อุณหภูมิ ดีไอ บีไอดี และความเป็นกรด-ด่าง เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) และค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

### ตอนที่ 2 การพัฒนาบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น

1. เนื้อหาบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น มีขอบเขตดังนี้

1.1 บทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น ที่พัฒนา มี 5 บท คือ

- 1) บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น
- 2) บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ
- 3) บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี
- 4) บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ
- 5) บทปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง การปรับปรุงคุณภาพน้ำ

1.2 แต่ละบทของบทปฏิบัติการมีองค์ประกอบ ดังนี้

1) ชื่อบทปฏิบัติการ 2) ใ้บทความรู้ 3) หลักการ 4) จุดประสงค์ 5) เวลาที่ใช้ 6) สารเคมีและอุปกรณ์ 7) วิธีการทดลอง 8) แบบรายงานผลการทดลอง และ 9) คำถามท้ายบทปฏิบัติการ

### 1.3 คุณสมบัติขององค์ประกอบของบทปฏิบัติการ

องค์ประกอบที่ 1 ชื่อบทปฏิบัติการ ต้องมีความชัดเจน น่าสนใจ และบอกให้ทราบว่ ลักษณะของกิจกรรมที่ต้องการเป็นอย่างไร

องค์ประกอบที่ 2 ใ้ความรู้ ต้องมีเนื้อหาที่ครอบคลุมรายละเอียด และต้องมีความ สอดคล้องกับกิจกรรมที่ปฏิบัติ

องค์ประกอบที่ 3 หลักการ ต้องมีความสอดคล้องกับบทปฏิบัติการ และเหมาะสมกับ ระดับของนักเรียน

องค์ประกอบที่ 4 จุดประสงค์ ต้องบอกจุดมุ่งหมายของกิจกรรมนั้นๆ โดยบอกพฤติกรรม ที่ต้องการให้เกิดตามกิจกรรมนั้นๆ และต้องให้ผู้เรียนได้แสดงพฤติกรรมโดยที่สังเกตได้ วัดได้ เป็นไป ตามเกณฑ์ที่คาดหวัง

องค์ประกอบที่ 5 เวลาที่ใช้ ต้องมีความเหมาะสมกับเนื้อหาที่กำหนด

องค์ประกอบที่ 6 สารเคมีและอุปกรณ์ ต้องเหมาะสมกับระดับของนักเรียน และเรื่อง ที่ทำการทดลอง

องค์ประกอบที่ 7 วิธีการทดลอง ต้องเหมาะสมกับเวลาที่ใช้ เรียงลำดับกิจกรรมได้ เหมาะสม มีความยากง่ายพอเหมาะ ภาษาชัดเจนก่อให้เกิดความคิดรวบยอด ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น มีส่วนร่วมในกิจกรรม และส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะปฏิบัติการทดลอง

องค์ประกอบที่ 8 แบบรายงานผลการทดลอง ต้องมีขั้นตอนสอดคล้องกับเนื้อหาวิชา และอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้เรียน

องค์ประกอบที่ 9 คำถามท้ายบทปฏิบัติการ ต้องมีความสอดคล้องกับการทดลอง และจุดประสงค์ จำนวนข้อ ความสั้นยาวของคำถามเหมาะสม ส่งเสริมการคิดแก้ปัญหา ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการนำไปใช้

### นิยามศัพท์เฉพาะ

1. คลองแจ่งร้อน หมายถึง คลองที่มีขนาดกว้าง 10 เมตร ยาว 4 กิโลเมตร เชื่อมต่อกับแม่น้ำ เจ้าพระยา มีทิศเหนือติดกับเขตบางคอแหลม เขตธนบุรี และเขตยานนาวา ทิศใต้ติดกับเขตทุ่งครุ ทิศตะวันออกติดกับอำเภอพระประแดง และทิศตะวันตกติดกับเขตจอมทอง

2. คุณภาพน้ำในคลองแจ่งร้อน หมายถึง คุณภาพน้ำตามค่าพารามิเตอร์ที่กำหนด 6 ค่า ได้แก่ ฟอสเฟต แอมโมเนีย อุณหภูมิ ดีไอ บีไอดี และความเป็นกรด-ด่าง

3. ค่ามาตรฐาน หมายถึง ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) และค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

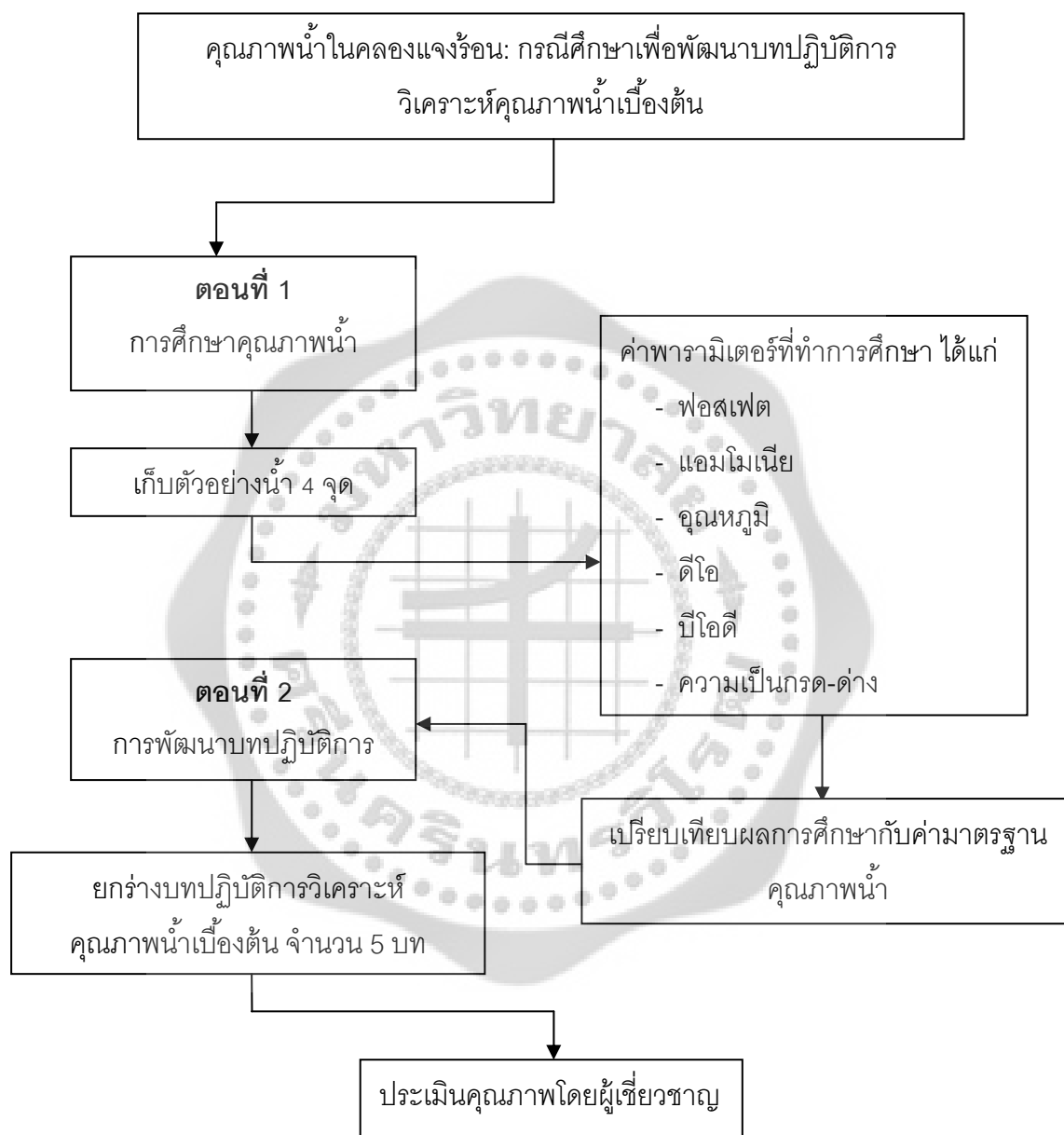
4. บทปฏิบัติการ หมายถึง บทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อใช้สอนสอดแทรกในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับน้ำเสีย และมีกิจกรรมเพื่อให้ผู้เรียนเรียนรู้ร่วมกันเกี่ยวกับการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นซึ่งประกอบด้วย ชื่อบทปฏิบัติการ ใ้บทความรู้หลักการ จุดประสงค์ เวลาที่ใช้ สารเคมีและอุปกรณ์ วิธีการทดลอง แบบรายงานผลการทดลอง และคำถามท้ายบทปฏิบัติการ

5. คุณภาพของบทปฏิบัติการ หมายถึง คะแนนเฉลี่ยจากการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของกิจกรรมกับเนื้อหาของบทปฏิบัติการโดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งต้องได้ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 0.5-1.0

6. นักเรียนช่วงชั้นที่ 3 หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 ที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ รหัสวิชา ว 31101-31301 ภายใต้หลักสูตรสถานศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544

## กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยศึกษาคุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อนเพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ซึ่งสามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยได้ ดังนี้



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับคลองแจรงร้อน
2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการเก็บ และรักษาตัวอย่างน้ำ
3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานของแหล่งน้ำ
4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน
5. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด
6. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการ
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
  - 7.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาคุณภาพน้ำ
  - 7.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนามาตรฐานปฏิบัติการ

#### 1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับคลองแจรงร้อน

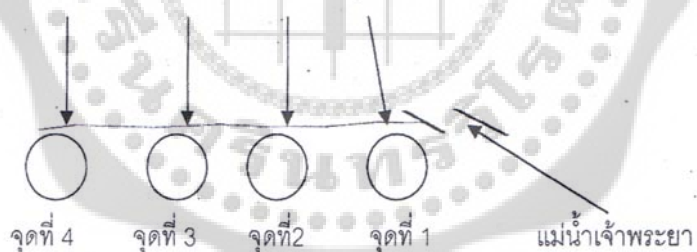
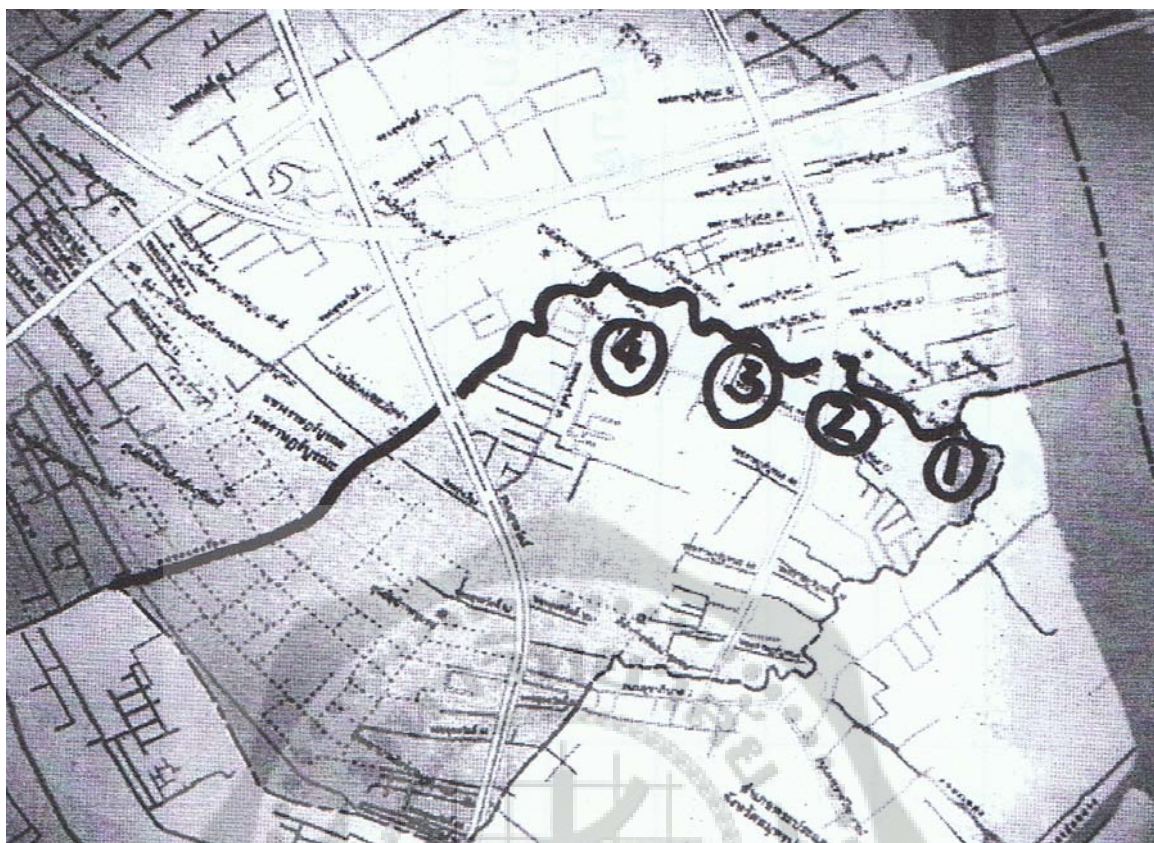
##### 1.1 ประวัติความเป็นมา

คลองแจรงร้อน แขวงราษฎร์บูรณะ เขตราษฎร์บูรณะ กรุงเทพมหานคร เป็นคลองที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ไม่มีการขุดใดๆ ทั้งสิ้น มีต้นกำเนิดมาจากคลองสะพานควายซึ่งอยู่ในเขตทุ่งครุ ไหลลงมาบรรจบกันเป็นรูปตัวที มีคลองเล็กๆ ที่ไหลมาจากพื้นที่ใกล้เคียงตลอดสองฝากฝั่ง และมีพื้นที่การเกษตรที่เป็นนาและไร่นา ตลอดจนมีบ้านเรือนตั้งอยู่บริเวณทั้งสองฝั่งตลอดความยาวของคลอง ส่งผลให้ประชาชนใช้ประโยชน์จากคลองแจรงร้อนในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ อย่างต่อเนื่องตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน (สำนักงานเขตราษฎร์บูรณะ. 2552: <http://203.155.220.217/ratburana>)

##### 1.2 ขนาด ที่ตั้ง และอาณาเขต

คลองแจรงร้อน มีความยาวประมาณ 4 กิโลเมตร ตั้งอยู่ทางตอนใต้ของสำนักงานเขตราษฎร์บูรณะ มีอาณาเขตติดต่ออำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ ดังนี้

ทิศเหนือ	ติดกับเขตบางคอแหลม เขตธนบุรี และเขตยานนาวา
ทิศใต้	ติดกับเขตทุ่งครุ
ทิศตะวันออก	ติดกับอำเภอพระประแดง
ทิศตะวันตก	ติดกับเขตจอมทอง



ภาพประกอบ 2 แสดงแผนที่เส้นทางการเก็บตัวอย่างน้ำในคลองแจ่งร้อนจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำ  
จุดต่างๆ 4 จุด

### 1.3 ลักษณะภูมิประเทศ

เป็นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง มีหมู่บ้านและโรงงานอุตสาหกรรม ตลอดจนถึงพื้นที่เกษตรกรรม  
อยู่บริเวณริมคลองทั้งสองฝั่งเป็นระยะ (สำนักงานเขตรัฐกิจบูรณะ. 2552: [http:// 203.155.220.217/  
ratburana](http://203.155.220.217/ratburana))

## 1.4 ประชากร

ตามหลักฐานทะเบียนราษฎร ณ วันที่ 27 ธันวาคม 2549 แขวงราษฎรปุรณะ เขตราษฎรปุรณะ กรุงเทพมหานคร มีประชากรทั้งหมดจำนวน 39,830 คน เป็นชายจำนวน 19,034 คน และหญิงจำนวน 20,796 คน จำนวนบ้าน 12,837 หลังคาเรือน แบ่งเป็น 4 ชุมชน ได้แก่ 1) ชุมชนวัดสน 2) ชุมชนสุขสวัสดิ์ 31 3) ชุมชนแจ่งร้อน และ 4) ชุมชนหมู่ที่ 3 ราษฎรปุรณะ (สำนักงานเขตราษฎรปุรณะ. 2552: <http://203.155.220.217/ratburana>)

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า คลองแจ่งร้อนเป็นคลองธรรมชาติ มีความกว้าง 10 เมตร ยาว 4 กิโลเมตร เชื่อมต่อกับแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณวัดแจ่งร้อน ตั้งอยู่ในเขตราษฎรปุรณะ กรุงเทพมหานคร โดยอาณาเขตทิศเหนือติดกับเขตบางคอแหลม เขตธนบุรี และเขตยานนาวา ทิศใต้ติดกับเขตทุ่งครุ ทิศตะวันออกติดกับอำเภอพระประแดง และทิศตะวันตกติดกับเขตจอมทอง ซึ่งบริเวณสองฝั่งคลองนอกจากจะมีชุมชนอาศัยอยู่อย่างหนาแน่นแล้วยังมีพื้นที่เกษตรกรรม และโรงงานอุตสาหกรรมอยู่อย่างต่อเนื่องเป็นระยะ

## 2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการเก็บ และรักษาตัวอย่างน้ำ

### 2.1 นิยาม และความหมาย

การเก็บตัวอย่างน้ำ หมายถึง การเก็บตัวอย่างน้ำที่ถูกวิธีในปริมาณที่เหมาะสมต่อการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งนี้ต้องไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากวิธีเก็บ และการขนส่งอีกทั้งสามารถใช้เป็นตัวแทนที่ดีของแหล่งน้ำนั้น (กรมอนามัย. 2537: 35)

### 2.2 เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำ

เครื่องมือ/อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างน้ำอาจทำด้วยพลาสติก เหล็กกล้าไร้สนิมสำหรับการวิเคราะห์โลหะหนัก เครื่องมือที่ใช้ควรทำด้วยพลาสติก และมีส่วนประกอบของโลหะน้อยที่สุดส่วนที่สัมผัสน้ำโดยตรงก็ไม่ควรเป็นโลหะ กระบอกเก็บตัวอย่างและน้ำหนักถ่วงควรหุ้มด้วยพลาสติก สายที่ใช้หย่อนเครื่องมือดังกล่าวควรทำจากพลาสติกหรือลวดที่เคลือบด้วยพลาสติก (กรมอนามัย. 2537: 24)

### 2.3 ภาชนะบรรจุตัวอย่างน้ำ

กรมอนามัย (2537: 25) ได้กล่าวถึงลักษณะของภาชนะบรรจุตัวอย่างน้ำ ดังนี้

1) วัสดุที่ใช้บรรจุตัวอย่างน้ำควรเป็นวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยากับกรด-ด่าง และมลพิษในตัวอย่างน้ำมีความแข็งแรงทนทาน ไม่เปราะหรือแตกง่าย สามารถล้างทำความสะอาดได้ง่าย มีฝาปิดสนิทโดยทั่วไปนิยมใช้ขวดแก้วหรือพลาสติกอย่างดีที่แข็งและทนความร้อน เช่น โพลีเอทิลีน โพลีโพรไพลีน แต่วัสดุที่ดีที่สุดคือควอตซ์ (Quartz) หรือเทฟลอน (Teflon) แต่ราคาแพง

2) รูปร่าง และขนาด ควรจะมีขนาดพอเหมาะที่จะบรรจุตัวอย่างน้ำได้เพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ ไม่ใหญ่เกินไปที่จะถือหรือตักได้สะดวก และควรเป็นรูปทรงที่ไม่มีขอบมุมที่ทำความ สะอาดยาก

3) สี โดยทั่วไปควรใช้วัสดุที่ไม่มีสีนอกจากในกรณีที่ต้องการสีเข้มเพื่อป้องกันตัวอย่าง น้ำถูกแสงแดดนิยมใช้พลาสติกขาวขุ่นหรือขวดแก้วสีชา

#### 2.4 วิธีเก็บตัวอย่างน้ำ

การที่จะเก็บตัวอย่างน้ำจำเป็นต้องเลือกวิธีเก็บที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ตัวแทนที่ดีของน้ำ ทั้งหมดได้แบ่งวิธีเก็บน้ำเป็น 2 วิธีคือ

1) การเก็บแบบจ้วง (Grab sampling) เป็นการเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วงเอาโดยตรง แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่าที่ต้องการทราบ ดังนั้น ตัวอย่างน้ำจะแสดงให้เห็นถึงลักษณะสมบัติของน้ำ ณ จุดเก็บเฉพาะเวลานั้นเท่านั้น การเก็บตัวอย่างน้ำแบบนี้มีข้อดีในกรณีที่น้ำเสียไม่ได้ไหลแบบต่อเนื่องมีการปล่อยทิ้งเป็นครั้งคราว

2) การเก็บแบบผสมรวม (Composite sampling) เป็นการเก็บตัวอย่างหลายๆ ครั้ง ต่อช่วงการผลิตโดยแบ่งแต่ละช่วงระยะเวลาของการเก็บให้สม่ำเสมอ ปริมาณการเก็บขึ้นอยู่กับอัตรา การไหลของน้ำแล้วนำมารวมลงในถังเก็บใบเดียวกัน ซึ่งควบคุมอุณหภูมิไว้ประมาณ 10 องศาเซลเซียส การเก็บวิธีนี้มีข้อดีตรงที่ลดจำนวนตัวอย่างน้ำที่ต้องวิเคราะห์ ค่าใช้จ่ายเคมีภัณฑ์ และเวลาในการศึกษา ได้มากแต่ถึงอย่างไรก็มีข้อเสียคือต้องใช้เวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำนานกว่าวิธีแบบจ้วงในการเก็บตัวอย่าง น้ำเพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างสมบูรณ์ต้องเก็บทั้งแบบจ้วง และแบบผสมรวม (ธงชัย พรธนะสวัสดิ์ และคณะ. 2525: 7-8)

จากการแบ่งวิธีเก็บตัวอย่างน้ำสรุปได้ว่า การเก็บตัวอย่างน้ำต้องเลือกวิธีเก็บที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ตัวแทนที่ดีของน้ำทั้งหมดแบ่งออกเป็น การเก็บแบบจ้วงคือเลือกเก็บบริเวณที่ต้องการตัวอย่าง โดยตรง และการเก็บแบบผสมรวมเป็นการเก็บตัวอย่างจากบริเวณต่างๆ ในช่วงเวลาที่สม่ำเสมอ จากนั้นนำมารวมในภาชนะบรรจุเดียวกันเพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าที่ต้องการทราบต่อไป

#### 2.5 ขั้นตอนในการเก็บตัวอย่างน้ำ

กรมอนามัย (2537: 35) ได้กล่าวถึงขั้นตอนในการเก็บตัวอย่างน้ำ ดังนี้

1) การวางแผนและความถี่ในการเก็บตัวอย่างที่เหมาะสมเพื่อให้ครอบคลุมการ เปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ

2) ตัวอย่างที่เก็บมาควรเก็บรักษาไว้ในที่ที่เหมาะสมและแยกตามประเภทการตรวจ วิเคราะห์

3) ตัวอย่างที่เก็บควรมีปริมาณเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์

- 4) ตัวอย่างที่เก็บต้องเป็นตัวแทนที่ดีของประชากรทั้งหมด
- 5) ในการเก็บตัวอย่างจะต้องระมัดระวังมิให้เกิดการปนเปื้อน
- 6) ตัวอย่างที่ได้ต้องรักษาคุณภาพให้เหมือนเดิมและต้องวิเคราะห์ทันที
- 7) ควรบ่งบอรายละเอียดของตัวอย่าง โดยการปิดฉลากไว้ที่ข้างขวด
- 9) การเลือกจุดเก็บควรคำนึงถึงแหล่งน้ำ จุดที่นำน้ำมาใช้ การฆ่าเชื้อในน้ำ การเก็บ และการจ่ายน้ำ ที่เก็บน้ำประจำบ้าน วิธีการนำน้ำมาใช้ เป็นต้น

จากขั้นตอนในการเก็บตัวอย่างน้ำสรุปได้ว่า ขั้นตอนในการเก็บตัวอย่างน้ำเริ่มจากวางแผนในการเก็บเพื่อให้ได้ตัวแทนที่ดีของน้ำทั้งหมด มีปริมาณเพียงพอต่อการตรวจวัด ระมัดระวังไม่ให้เกิดการปนเปื้อนควรศึกษาว่าค่าพารามิเตอร์ใดที่ต้องทำการตรวจวัดทันทีในสถานที่เก็บตัวอย่างเพื่อให้ผลที่ได้จากการตรวจวัดมีความถูกต้องมากที่สุด

## 2.6 ประเภทของตัวอย่างน้ำ

การเก็บน้ำตัวอย่างเพื่อเป็นตัวแทนของน้ำที่ต้องการจะศึกษาหรือวิเคราะห์ สามารถแยกเป็นประเภทต่างๆ ดังนี้

- 1) ตัวอย่างแยก (Catch samples) หมายถึง ตัวอย่างที่เก็บ ณ เวลาและสถานที่หนึ่ง แล้วนำมาวิเคราะห์เป็นตัวอย่างๆ ไป ตัวอย่างแยกนี้จะเป็นตัวแทนของแหล่งน้ำนั้นเฉพาะเวลาและจุดที่เก็บเท่านั้น
- 2) ตัวอย่างรวมแบบคอมโพสิท (Composite samples) หมายถึง ส่วนผสมของตัวอย่างแยกที่ทำการเก็บ ณ จุดเดียวกัน แต่ต่างเวลากัน มีประโยชน์สำหรับการใช้กับงานที่ต้องการทราบความเข้มข้นเฉลี่ย ในการวิเคราะห์ส่วนประกอบบางอย่างของน้ำ เช่น ก๊าซที่ละลายในน้ำ คลอรีนตกค้าง อุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด-ด่าง ซึ่งค่าเหล่านี้เปลี่ยนแปลงได้ง่ายเมื่อเก็บรักษาตัวอย่างไว้ จึงไม่เหมาะที่จะใช้ตัวอย่างรวมแบบคอมโพสิท ตัวอย่างรวมแบบคอมโพสิทใช้เฉพาะการหาค่าส่วนประกอบที่ทราบได้แน่นอนว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงภายใต้สภาวะของการเก็บและการรักษาตัวอย่างเท่านั้น
- 3) ตัวอย่างรวมแบบอินทิเกรท (Integrated samples) หมายถึง ส่วนผสมของตัวอย่างแยกที่เก็บจากจุดต่างๆ กันในเวลาเดียวกันหรือในเวลาใกล้เคียงกันที่สุด ตัวอย่างที่จำเป็นต้องเก็บโดยวิธีนี้ได้แก่ แม่น้ำ และลำธาร ซึ่งคุณภาพน้ำจะแปรผันตามความกว้างและความลึกการเตรียมตัวอย่างรวมแบบอินทิเกรทนี้ต้องการเครื่องมือพิเศษในการเก็บตัวอย่างจากจุดที่ทราบความลึกโดยไม่มีการปนจากน้ำส่วนบน ต้องทราบปริมาตรการเคลื่อนไหว และส่วนประกอบต่างๆ ของน้ำที่จะทำการเก็บก่อนด้วยวิธีนี้จะยุ่งยากกว่าวิธีอื่น (กรรณิการ์ สิริสิงห. 2525: 1-7)

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า การเลือกวิธีเก็บตัวอย่างให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการนำมาวิเคราะห์ ซึ่งต้องคำนึงถึงเสมอว่าตัวอย่างน้ำนั้นต้องเป็นตัวแทนที่ดีของประชกรน้ำทั้งหมด

## 2.7 ช่วงระยะเวลาระหว่างการเก็บวิเคราะห์

ช่วงเวลาจะขึ้นอยู่กับลักษณะตัวอย่าง สารที่จะวิเคราะห์และวิธีการในการเก็บรักษาเมื่อเก็บตัวอย่างนำมาแล้วควรทำการวิเคราะห์ให้เร็วที่สุดเพราะยิ่งทิ้งไว้นานส่วนประกอบของตัวอย่างน้ำอาจจะเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในน้ำความผิดพลาดข้อนี้อาจลดให้น้อยลงได้โดยเก็บตัวอย่างน้ำไว้ในที่มีดและอุณหภูมิต่ำประมาณ 4 องศาเซลเซียส จนถึงเวลาที่จะวิเคราะห์ระยะเวลาที่ยอมให้มากที่สุดที่จะเก็บตัวอย่างไว้ก่อนทำการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมี เป็นดังนี้

น้ำสะอาด (Unpolluted water)	72	ชั่วโมง
น้ำค่อนข้างสกปรก (Slightly polluted water)	48	ชั่วโมง
น้ำสกปรก (Polluted water)	24	ชั่วโมง

ถ้าช่วงเวลานานพอที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในความเข้มข้นหรือสภาพทางกายภาพของส่วนประกอบที่จะทำการวิเคราะห์

สรุปได้ว่า ช่วงระยะเวลาในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำควรทำให้เร็วที่สุดเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงของน้ำ เนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในตัวอย่างน้ำ

## 2.8 วิธีที่ใช้ในการเก็บรักษา

การเก็บรักษาตัวอย่างทำได้ยากสารช่วยรักษาเกือบทุกตัวขัดขวางการหาสารบางตัว ดังนั้น ถ้าเป็นไปได้ควรทำการวิเคราะห์ทันที การเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อทำการวิเคราะห์ในวันถัดมาจัดว่าเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด ควรใช้สารเคมีในการเก็บรักษาต่อเมื่อสารนั้นไม่ขัดขวางการวิเคราะห์ และให้เติมลงในขวดตัวอย่างก่อนทำการเก็บเพื่อว่าทุกๆ ส่วนของตัวอย่างจะถูกเก็บรักษาทันทีที่ทำการเก็บวัตถุประสงค์ในการเก็บรักษาตัวอย่างเพื่อชะลอปฏิกิริยาทางชีววิทยาชะลอการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของสารเคมีและสารเชิงซ้อน และเพื่อลดการระเหยตัวของส่วนประกอบของสารเคมี วิธีที่ใช้ในการเก็บรักษาตัวอย่างทำได้โดยการควบคุมความเป็นกรด-ด่าง การเติมสารเคมี การแช่เย็น และการแช่แข็ง

สรุปได้ว่า วิธีที่ใช้ในการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำต้องสามารถลดกิจกรรมของจุลินทรีย์ และการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของสารเคมีและสารประกอบเชิงซ้อนที่มีอยู่ในตัวอย่างน้ำ สามารถทำได้โดยการเติมสารเคมี เก็บในที่อุณหภูมิต่ำ และไม่มีแสงแดด

## 2.9 ข้อควรปฏิบัติทั่วไปในการเก็บตัวอย่างน้ำ

กรมอนามัย (2537: 30) กล่าวว่า ข้อควรปฏิบัติทั่วไปในการเก็บตัวอย่างน้ำ มีดังนี้

1) ชนิดที่ใช้เก็บตัวอย่างน้ำควรทำด้วยพลาสติกเพราะขนส่งสะดวก ไม่ทำปฏิกิริยากับสารอื่นในน้ำ ข้อสำคัญต้องล้างให้สะอาดก่อนใช้ คือล้างด้วยกรดโครมิก น้ำประปา และน้ำกลั่นตามลำดับ ก่อนทำการเก็บให้ล้างด้วยน้ำตัวอย่างที่จะเก็บก่อนสัก 2-3 ครั้ง

2) เขียนฉลากติดที่ขวดตัวอย่างให้เรียบร้อยก่อน บอกชื่อผู้เก็บ เวลา สถานที่ วันที่เก็บ อุณหภูมิของน้ำ ชนิดของสารช่วยรักษาสภาพของน้ำ

3) ควรวัดอุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง แก๊สที่ละลายน้ำ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ และ ออกซิเจนทันทีที่เก็บเพราะค่าเหล่านี้เปลี่ยนแปลงได้ง่าย

4) บางกรณีการเก็บตัวอย่างไว้มีผลต่อการวิเคราะห์มาก เช่น ไอออนบวกบางตัวจะสูญเสียไปโดยการดูดซับ (Absorbion) หรือโดยการแลกเปลี่ยนไอออน (Ion exchange) กับผิวของภาชนะที่ทำด้วยแก้ว ไอออนบวกเหล่านั้นได้แก่ Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Ag และ Zn จึงควรทำการเก็บแยกต่างหากโดยใช้ขวดที่สะอาดและทำให้เป็นกรดด้วยกรดเกลือเข้มข้นหรือกรดดินประสิวเข้มข้นจนความเป็นกรดต่ำกว่า 2 เพื่อลดการตกตะกอน และการดูดซับบนผิวภาชนะ

5) น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมให้เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากทุกๆ จุดที่ปล่อยน้ำออกมา หรือจุดที่รวมของน้ำทิ้ง

6) น้ำเสียจากอาคารบ้านเรือน ให้เก็บตัวอย่างน้ำจากท่อระบายน้ำโสโครก

7) น้ำทิ้งจากระบบกำจัดน้ำเสียให้เก็บจากจุดต่างๆ ตามขั้นตอน

8) น้ำประปาให้ใช้ที่สักครู่ก่อนเก็บ

9) น้ำบ่อควรเก็บภายหลังจากบ่อนั้นถูกดูดน้ำขึ้นระยะหนึ่งแล้ว

10) แม่น้ำ และลำธารควรเก็บน้ำจากผิวถึงก้นแม่น้ำตรงใจกลางแม่น้ำแล้วเอามา รวมกันเป็นตัวอย่างรวมแบบอินทิเกรทถ้าจะเก็บเป็นตัวอย่างให้เก็บจากใจกลางแม่น้ำที่จุดกึ่งกลางของความลึกจึงนับว่าเป็นตัวอย่างที่ดีที่สุด

11) น้ำในทะเลสาบ มักมีการแปรผันในคุณภาพทั้งในแนวดิ่ง และแนวนอนแต่ในสภาพทั่วๆ ไปแล้วเราไม่สนใจค่ารวมหรือเฉลี่ยของสภาพเหล่านี้ สนใจแต่การเปลี่ยนแปลงในแต่ละจุดเท่านั้น ดังนั้นจึงควรใช้ตัวอย่างแยกมากกว่า

จากข้อปฏิบัติทั่วไปในการเก็บตัวอย่างน้ำสรุปได้ว่า ข้อควรปฏิบัติทั่วไปในการเก็บตัวอย่างน้ำ ควรคำนึงถึงวัสดุที่ใช้ในการเก็บซึ่งตัวอย่างควรเป็นพลาสติกซึ่งจะไม่เกิดปฏิกิริยากับตัวอย่างน้ำ ที่ทำการเก็บวิเคราะห์ โดยเขียนรายละเอียดบนฉลากติดให้เรียบร้อย ควรศึกษารายละเอียดของ

ค่าพารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวัดอย่างละเอียดซึ่งค่าแต่ละค่ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นได้เมื่อผ่านไปในช่วงเวลาต่างๆ

## 2.10 การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ

กรมอนามัย (2537: 31) กล่าวว่า ตัวอย่างน้ำที่เก็บมาเพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำนั้น หากไม่ได้ทำการวิเคราะห์ทันทีแล้ว ส่วนประกอบของตัวอย่างน้ำจะเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ มลพิษหลายชนิดที่ไม่คงตัวมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ เช่น แบคทีเรีย ความเป็นกรด-ด่าง สารประกอบไนโตรเจน สารอินทรีย์ และอื่นๆ เป็นต้น จึงได้มีการศึกษาวิธีการถนอมน้ำหรือรักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำให้เปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดเพื่อลดหรือหยุดปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจำแนกได้ ดังนี้

1) การแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสหรือแช่แข็ง เช่น การตรวจหาปริมาณความเป็นกรด-ด่าง ซัลเฟต และคลอไรด์ เป็นต้น ข้อดีของวิธีการนี้คือไม่มีสารรบกวนในการวิเคราะห์ผลของการแช่เย็น คือ

1.1) ลดการทำงานของพวกจุลินทรีย์

1.2) ลดอัตราเร็วของการเกิดกระบวนการทางกายภาพ และเคมี

2) การเติมสารเคมี

2.1) เติมไบโอไซด์ (Biocides) เพื่อยับยั้งการทำงานของพวกจุลินทรีย์ที่นิยมใช้ เช่น โปรทคลอไรด์ ( $HgCl_2$ ) เติมในปริมาณ 20-40 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.2) เติมกรด เช่น กรดไนตริก ( $HNO_3$ ) กรดซัลฟิวริก ( $H_2SO_4$ ) เป็นการรักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำโดยการควบคุมความเป็นกรด-ด่างให้น้อยกว่า 2 เพื่อป้องกันการดูดซับไอออนที่ผิวภาชนะบรรจุและการตกตะกอน และยับยั้งการทำงานของพวกจุลินทรีย์

3) สารเคมีเฉพาะข้อมูล สารเคมีอื่นๆ

สรุปได้ว่า หลักการโดยทั่วไปของการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำเพื่อป้องกัน และลดอัตราการเปลี่ยนแปลงลักษณะสมบัติของน้ำตัวอย่างในช่วงเวลาหลังการเก็บและก่อนการตรวจวิเคราะห์เป็นต้นว่าการควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง การเติมสารเคมี การแช่เย็น และการแช่แข็ง

## 2.11 การปิดฉลากบนภาชนะบรรจุ

การปิดฉลากบนภาชนะบรรจุ สามารถกระทำได้ ดังนี้

1) เพื่อมิให้เกิดความสับสนให้ปิดฉลากที่ภาชนะบรรจุเสมอ แม้จะเก็บเพียงตัวอย่างเดียว

2) การเขียนรายละเอียดบนฉลากต้องใช้ปากกาลูกลื่นที่หมึกไม่ละลายน้ำ ไม่ควรใช้ดินสอหรือปากกาหมึกซึม

## 3) ฉลากควรมีรายละเอียด ดังนี้

รหัสตัวอย่าง.....
สถานที่เก็บ.....
วันที่เก็บ..... เวลา.....
ชื่อผู้เก็บ.....

4) กระดาษที่ใช้เขียน (ฉลากที่ปิดภาชนะบรรจุ) ไม่ควรเปียกชุ่มเมื่อถูกน้ำ

5) ควรปิดฉลากบนขวดเก็บตัวอย่างน้ำก่อนเก็บน้ำ

สรุปได้ว่า การปิดฉลากบนภาชนะบรรจุเพื่อป้องกันความสับสนที่อาจเกิดขึ้นกับตัวอย่างน้ำ จึงควรกรอกรายละเอียดในฉลากให้ครบถ้วนตามประเภทของแหล่งน้ำที่เก็บ

## 2.12 วิธีส่งตัวอย่างน้ำ

กรมอนามัย (2537: 40) กล่าวว่า วิธีในการส่งน้ำตัวอย่างสามารถกระทำได้ ดังนี้

1) บรรจุตัวอย่างน้ำทั้งหมดลงในหีบแช่แข็งพร้อมใบตัวอย่าง หรือตัวอย่างที่ไม่ต้องแช่เย็นก็ให้บรรจุลงในลังหรือหีบ

2) ปิดผนึกหีบห่อให้หนาแน่นและปิดใบปะหน้าที่มีรายละเอียดแจ้งว่าส่งให้ผู้ใด และให้หน่วยงานใด

จากวิธีในการส่งน้ำตัวอย่างสรุปได้ว่า วิธีส่งตัวอย่างน้ำควรบรรจุในลังหรือสิ่งที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้แล้วปิดให้มิดชิด ปิดใบปะหน้าที่มีรายละเอียดแจ้งว่าส่งให้ผู้ใดและให้หน่วยงานใด

ตาราง 1 แสดงรายละเอียดการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2539: 63)

พารามิเตอร์	การเก็บรักษา	ช่วงระยะเวลาที่ยอมให้เก็บ
บีโอดี **	แช่เย็นที่ 4 °c	6 ชั่วโมง
แคลเซียม	ไม่จำเป็น	7 วัน
ซีโอดี	2 ลบ.ซม. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /ลบ.ซม.	7 วัน
คลอไรด์	ไม่จำเป็น	7 วัน
สี	แช่เย็นที่ 4 °c	24 ชั่วโมง
ไซยาไนด์	NaOH ถึง pH 10	24 ชั่วโมง

ตาราง 1 (ต่อ)

พารามิเตอร์	การเก็บรักษา	ช่วงระยะเวลาที่ยอมให้เก็บ
ดีไอ **	วัดทันที	ห้ามเก็บ
ความกระด้าง	ไม่จำเป็น	7 วัน
โลหะ	5 ลบ.ซม. HNO <sub>3</sub> /ลบ.ซม.	6 เดือน
โลหะละลาย	กรอง: 3 ลบ.ซม. 1:1 HNO <sub>3</sub> /ลบ.ซม	6 เดือน
แอมโมเนีย **	40 มก. HgCl <sub>2</sub> */ลบ.ดม. - -4 °c	7 วัน
น้ำมันและไขมัน	2 มก. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /ลบ.ดม. - -4 °c	24 ชั่วโมง
ความเป็นกรด-ด่าง **	วัดทันที	ห้ามเก็บ
ฟอสเฟต **	40 มก. HgCl <sub>2</sub> */ลบ.ดม. - -4 °c	7 วัน
อุณหภูมิ**	วัดทันที	ห้ามเก็บ

#### หมายเหตุ

\* ตัวอย่างเหล่านี้จะมีสารปรอทอยู่ด้วย การระบายทิ้งสู่สิ่งแวดล้อมก็ถือว่าการทำลายสถานะแวดล้อมด้วย ขณะนี้กำลังมีงานวิจัยที่จะหาสารอื่นมาใช้แทนการใช้ปรอท

\*\* พารามิเตอร์ที่ทำกรวิจัย

### 3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานของแหล่งน้ำ

#### 3.1 คุณภาพของน้ำ

เกษม จันทรแก้ว (2541: 489) ได้ให้ความหมายของคุณภาพน้ำ หมายถึง สภาวะของน้ำที่มีองค์ประกอบของสิ่งเจือปนด้านกายภาพ เคมี และชีววิทยาในปริมาณที่ควรจะมีในแต่ละประเภทของแหล่งน้ำ ซึ่งคุณภาพของแหล่งน้ำประกอบด้วย

1) คุณสมบัติของน้ำทางกายภาพ หมายถึง สภาวะของน้ำที่มีการเจือปนของสิ่งที่สามารถเห็นและสัมผัสได้ ได้แก่ ความขุ่น สี ปริมาณของแข็งทั้งหมด ของแข็งที่ละลายน้ำได้ ความขุ่น กลิ่น ค่านำไฟฟ้า อุณหภูมิ ออกซิเจนที่ละลายน้ำ ชยะ/เศษไม้ ความเป็นกรด-ด่าง และตะกอน

2) คุณภาพน้ำทางเคมี หมายถึง สภาวะของน้ำที่มีการปนเปื้อนของธาตุหรือสารประกอบทางเคมีให้เป็นเนื้อเดียวกัน ยากที่จะจำแนกได้ว่ามีธาตุหรือสารประกอบอะไร ต้องใช้กระบวนการหรือวิธีการทางเคมีจำแนกจึงสามารถทราบได้ว่ามีสารอะไรเจือปน

3) คุณภาพน้ำทางชีวภาพ หมายถึง สภาวะน้ำที่มีการปนเปื้อนสิ่งมีชีวิต เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา ไวรัส พยาธิ และโปรโตซัว เป็นต้น

### 3.2 คุณสมบัติของแหล่งน้ำ

1) อุณหภูมิ (Temperature) มีผลต่อคุณสมบัติและคุณภาพของน้ำ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น การละลายของแก๊สต่างๆ จะลดลง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ปฏิริยาเคมีและชีวเคมีของพวกจุลินทรีย์จะสูงขึ้น และเมื่อใดก็ตามที่อุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้นจากเดิมเป็น 10 องศาเซลเซียส จะมีผลทำให้ปฏิริยาภายในเซลล์ของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 37 องศาเซลเซียส จุลินทรีย์จะเจริญน้อยลงอย่างรวดเร็ว สาหร่ายที่มีปริมาณมากก็ส่งผลให้อุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้นเช่นกัน แหล่งที่ทำให้อุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น มักเกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมหรือโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า (วีระ ตั้งชวาล. 2545: 36) ค่ามาตรฐานต้องไม่สูงเกินกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติเกิน 3 องศาเซลเซียส (กรมควบคุมมลพิษ. 2547: www.pcd.go.th)

2) สี (Color) สีของน้ำเกิดจากการสะท้อนแสง ซึ่งจำแนกเป็น 2 ประเภท คือ สีปรากฏ (Apparent color) เป็นสีของน้ำที่ปรากฏให้เห็นแก่สายตาเป็นส่วนใหญ่ โดยเกิดจากการสะท้อนของแสงจากการแขวนลอยในน้ำ ฟันท้องน้ำ และจากท้องฟ้า และสีจริง (True color) เป็นสีของน้ำซึ่งเกิดจากสารละลายชนิดต่างๆ โดยอาจจะเป็นสารอินทรีย์ เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และธาตุอาหารพืชหรือสารอนินทรีย์ เช่น แร่ธาตุต่างๆ ซึ่งทำให้เกิดสีของน้ำต่างๆ กัน ขึ้นอยู่กับลักษณะและสมบัติเฉพาะตัวของสารดังกล่าว

การแยกสีทั้งสองประเภทออกจากกันทำได้ โดยการกำจัดสารแขวนลอย และความขุ่นออกจากน้ำด้วยวิธีทำให้ตกตะกอน หรือเซ็นตริฟิวส์ (Centrifuge) ซึ่งตัวอย่างน้ำดังกล่าวจะมีแต่เฉพาะสีจริงเท่านั้น (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจากรวรรณ สมศิริ. 2528: 14)

3) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) เป็นค่าแสดงปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน  $[H^+]$  ในน้ำ โดยการคำนวณจากสูตร

$$pH = -\text{Log} [H^+]$$

เมื่อ  $[H^+]$  = ความเข้มข้นของ  $H^+$  มีหน่วยเป็นโมล/ลูกบาศก์เซนติเมตร

ในทางปฏิบัติ ค่า pH แสดงถึงความเป็นกรดหรือด่างของน้ำที่ น้ำทิ้งที่มีคุณสมบัติเป็นกรดจะมีค่า pH น้อยกว่า 7 เป็นต้นจะมีค่า pH มากกว่า 7 และเป็นกลางจะมีค่า pH เท่ากับ 7 (ธงชัย พรธนสวัสดิ์ และคณะ. 2525: 36) ค่ามาตรฐานอยู่ระหว่าง 5.0-9.0 (กรมควบคุมมลพิษ. 2547: www.pcd.go.th)

4) สภาพด่าง (Alkalinity) สภาพด่างของน้ำเป็นความสามารถของน้ำที่จะสะเทินกรด หรือที่จะรับโปรตอน สภาพด่างของน้ำเกิดจากองค์ประกอบของสารละลายที่สำคัญ 3 ชนิด คือ ไฮดรอกไซด์ คาร์บอเนต และไบคาร์บอเนต ค่ามาตรฐานอยู่ระหว่าง 80-150 พีพีเอ็ม ในทางปฏิบัติ ถือว่าน้ำจะมีสารละลายต่างอย่างมากเพียง 2 ชนิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่า pH ของน้ำ (มันลิน ตัณฑุลเวศม์. 2538: 71) ดังนี้

ตาราง 2 แสดงค่า pH ของน้ำในการกำหนดชนิดของด่าง (มันลิน ตัณฑุลเวศม์. 2538: 71)

ระดับความเป็นกรด-ด่าง	ชนิดของด่าง
มากกว่า 11.0	$\text{OH}^-$
9.4 – 11.0	$\text{OH}^-$ และ $\text{CO}_3^{2-}$
8.3 – 9.4	$\text{CO}_3^{2-}$ และ $\text{HCO}_3^-$
4.6 – 8.3	$\text{HCO}_3^-$
น้อยกว่า 4.6	มีแต่กรด

สภาพด่างมีความสำคัญในการใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำธรรมชาติและน้ำเสียต่างๆ เช่น ในกระบวนการตกตะกอนทางเคมี การกำจัดความกระด้าง การควบคุมการกัดกร่อน เป็นต้น

วิธีวิเคราะห์สภาพด่าง แบ่งออกเป็น 2 วิธี

4.1 วิธีอินดิเคเตอร์ (Indicator Method) เหมาะสำหรับน้ำธรรมชาติ น้ำทิ้งที่ไม่มีสี และไม่มีกลิ่นรบกวนเพราะสามารถมองเป็นสีของอินดิเคเตอร์ได้ชัดเจน มีหลักการคือ สภาพด่างของน้ำหาได้โดยการไตเตรตน้ำมันด้วยกรดแก่ที่แตกตัวให้  $\text{H}^+$  สูง เช่น กรดเกลือ และกรดกำมะถัน จนกระทั่งถึงจุดสมมูล วิธีบอกถึงจุดสมมูลของการไตเตรตมี 2 วิธี วิธีที่ใช้อินดิเคเตอร์และการใช้พีเอชอินดิเคเตอร์ ที่ต้องให้มี 2 อย่าง คือ ฟีนอล์ฟทาลีน และเมธิลออเรนจ์ ในกรณีที่ใช้พีเอชเป็นตัวบอกจุดยุติของการไตเตรตค่า P-Alkalinity จะมีจุดยุติอยู่ที่พีเอชประมาณ 8.3 ส่วนจุดยุติของ E-Alkalinity จะอยู่ที่พีเอชประมาณ 4.5 (มันลิน ตัณฑุลเวศม์. 2538: 72)

4.2 วิธีวิเคราะห์สภาพด่างโดยวิธีโพเทนทิอเมตริก ซึ่งมีหลักการเช่นเดียวกับวิธีใช้อินดิเคเตอร์เพียงแต่ใช้เครื่องวัดพีเอชแสดงจุดสมมูลในการไตเตรต (มันลิน ตัณฑุลเวศม์. 2538: 78)

5) ฟอสฟอรัส (Phosphorus) พบได้ทั้งในน้ำธรรมชาติและน้ำเสียในรูปของฟอสเฟต นิยมจำแนกฟอสฟอรัสเป็น 3 ประเภท คือ ออร์โธฟอสเฟต คอนเดนซ์ฟอสเฟต และอินทรีย์ฟอสเฟต อาจพบฟอสฟอรัสได้ในรูปสารละลาย สารแขวนลอยในน้ำ ตะกอนดินก้นบ่อ ตลอดจนสิ่งมีชีวิตต่างๆ

(มันซิน ตัณกุลเวศม์. 2538: 187) ค่ามาตรฐานไม่มากกว่า 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ. 2547: www.pcd.go.th)

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสมี 2 ขั้นตอน คือ

5.1 การเปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสที่ต้องการวิเคราะห์ให้เป็นออร์โธฟอสเฟตที่ละลายน้ำโดยการย่อยสลายสารตัวอย่างด้วยกรดเข้มข้น จำเป็นต้องทำเมื่อต้องการวิเคราะห์หาอินทรีย์ฟอสเฟต

5.2 การวิเคราะห์ออร์โธฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำด้วยวิธีเทียบสี

วิธีที่ 1 เหมาะสำหรับตัวอย่างที่มีฟอสฟอรัส 1-20 มิลลิกรัม/ลิตร ถ้าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 0.001-6 มิลลิกรัม/ลิตร ควรใช้วิธีที่ 2 หรือวิธีที่ 3 มากกว่า (มันซิน ตัณกุลเวศม์. 2538: 188-193)

6) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD) หมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ ภายในเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิของน้ำในฤดูร้อนของประเทศหนาว บีโอดีในระยะ 5 วัน ( $BOD_5$ ) จะมีค่าร้อยละ 70-80 ของปริมาณบีโอดีทั้งหมดที่ต้องการ ค่าบีโอดีบ่งชี้ให้ทราบถึงปริมาณการเจริญของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำและเป็นการวัดความสกปรกของแหล่งน้ำที่จะกำจัดความสกปรกโดยธรรมชาติ และยังมีรายงานว่าค่าบีโอดี จะบ่งชี้ถึงกำลังความสกปรกของน้ำในรูปของออกซิเจนซึ่งแบคทีเรียต้องการใช้ ถ้ามีสารอินทรีย์ในน้ำมากออกซิเจนจะถูกใช้ในกระบวนการทางชีวเคมีมากขึ้น ทำให้ค่าบีโอดีสูง แต่ถ้ามีสารอินทรีย์น้อยกระบวนการย่อยสลายก็จะมีน้อยทำให้ค่าบีโอดีต่ำ (กรรณิการ์ สิริสิงห์. 2525: 76) ค่ามาตรฐานไม่มากกว่า 20 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ. 2547: www.pcd.go.th)

7) ออกซิเจนละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) หมายถึง การหาปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำอันเป็นลักษณะสำคัญที่จะบ่งชี้ให้ทราบว่าน้ำนั้นมีความเหมาะสมเพียงใดต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ และแนวการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในน้ำว่าเป็นแบบใช้ออกซิเจนอิสระหรือไม่ใช้ออกซิเจนอิสระโดยทั่วไปปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของน้ำ ความกดอากาศ และสิ่งเจือปนในน้ำ ค่ามาตรฐานไม่น้อยกว่า 4 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ. 2547: www.pcd.go.th)

วิธีวิเคราะห์ออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่นิยมใช้มี 2 วิธี

7.1 วิธีไอไซด์แบบปรับปรุง (Azide Modification) ซึ่งมีหลักการคือ ออกซิเจนจะออกซิไดส์  $Mn^{+2}$  ไปเป็น  $Mn^{+4}$  ภายใต้ภาวะเป็นด่าง  $Mn^{+4}$  นี้สามารถออกซิไดส์  $I^-$  ไปเป็น  $I_2$  อิสระภายใต้สภาวะที่เป็นกรดนั่นคือปริมาณของ  $I_2$  อิสระที่ถูกขับออกมาจะสมมูลกับออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำตอนเริ่มต้น และวัดได้โดยการไตเตรตสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟตปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

เป็นน้ำที่มีไนโตรตอยู่จะรบกวนการหาค่าออกซิเจนละลายทำให้ได้ค่าสูงกว่าความเป็นจริง กำจัดไนโตรตได้โดยใช้  $\text{NaN}_3$  ซึ่งใส่ร่วมกับน้ำยา Alkali-Iodide

สิ่งรบกวนการวิเคราะห์ออกซิเจนละลายมีสารหลายอย่าง เช่น เกลือของธาตุเหล็ก สารอินทรีย์ สารแขวนลอยที่มีมากเกินไป ซัลไฟต์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คลอรีนตกค้าง และไซยาไนด์

7.2 วิธีเมมเบรนอิเล็กโทรด (เครื่องวัดออกซิเจนที่ละลายในน้ำแบบเมมเบรน) ซึ่งมีหลักการคือ ระบบเมมเบรนอิเล็กโทรดที่ใช้หาออกซิเจนละลายไม่ว่าจะเป็นแบบโพลาโรกราฟิก (Polarographic) หรือแบบกัลวานิก (Galvanic) จะประกอบด้วยอิเล็กโทรด 2 อัน ซึ่งจะทำด้วยโลหะภายในบรรจุอิเล็กโทรไลต์ซึ่งแยกจากน้ำตัวอย่างด้วยเมมเบรน ซึ่งยอมให้ออกซิเจนผ่านและกันมิให้สิ่งแปลกปลอมผ่านเข้าไปในภาวะที่มีความสมดุลกระแสไฟฟ้าหรือศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้สามารถเทียบตามความสัมพันธ์ได้กับความเข้มข้นของออกซิเจนละลาย โดยกระแสไฟฟ้าที่แพร่ผ่านเขาไปจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของโมเลกุลออกซิเจน (มันลีน ตันทุลเวศม์. 2538: 94 -99)

8) แอมโมเนีย (Ammonia) เกิดจากการย่อยสลายทางชีวภาพของสารอินทรีย์ในโตรเจน ดังนั้นน้ำที่มีแอมโมเนียจึงมักมีแนวโน้มว่าเป็นน้ำที่สัมผัสกับน้ำเสียหรือน้ำสกปรกและอาจมีเชื้อโรค (มันลีน ตันทุลเวศม์. 2538: 149) ค่ามาตรฐานไม่มากกว่า 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ. 2547: www.pcd.go.th)

วิธีการวิเคราะห์แอมโมเนียไนโตรเจนมีหลายวิธีด้วยกัน ดังนี้

8.1 วิธีเนสเลอร์ไรเซชัน (Nesslerization)

8.2 วิธีการไตเตรชัน เมื่อปรับ pH ให้ใกล้เคียง 9.5 ด้วยการใส่สารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ แอมโมเนียไนโตรเจนจะถูกกลั่นออกมาพร้อมกับไอน้ำ ถ้า pH สูงมากเกินไปสารอินทรีย์ไนโตรเจนและไซยาไนด์ที่มีอยู่ในน้ำจะถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย แต่ถ้า pH ต่ำเกินไป แอมโมเนียจะถูกกลั่นออกมาไม่หมด แอมโมเนียไนโตรเจนที่ถูกกลั่นออกมาจะรวมกับกรดบอริกเป็นไอออนแอมโมเนีย ( $\text{NH}_4^+$ ) และไอออนบอเรต ( $\text{H}_2\text{BO}_3^-$ ) (มันลีน ตันทุลเวศม์. 2538: 149)

#### 4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

มาตรา 32 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 บัญญัติให้คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กำหนดมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมเพื่อเป็นเป้าหมายในการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ซึ่งมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมนี้จะต้องอาศัยหลักวิชาการ และหลักการทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานโดยจะต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง (กรมควบคุมมลพิษ. 2547: www.pcd.go.th)

#### 4.1 มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำ

มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำเป็นมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมชนิดหนึ่งที่มีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1) เพื่อควบคุมและรักษาคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำให้เหมาะสมกับการใช้ประโยชน์ และมีความปลอดภัยต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน

2) เพื่ออนุรักษ์ทรัพยากร และสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ

กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ ได้นำเสนอมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำ 2 ฉบับ คือ มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน และมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ต่อคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ซึ่ง ฯพณฯ นายกรัฐมนตรี ในฐานะประธานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ได้ลงนามเมื่อวันที่ 20 มกราคม 2537 หลักการสำคัญในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำ ได้แก่ การกำหนดค่ามาตรฐานเพื่อรักษาคุณภาพน้ำให้เหมาะสมกับการใช้ประโยชน์การจัดแบ่งลักษณะการใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำ และการกำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำ (กรมควบคุมมลพิษ. 2547: www.pcd.go.th)

#### 4.2 หลักเกณฑ์ในการพิจารณากำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำ

ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำที่ได้จัดทำขึ้นมีหลักเกณฑ์ที่สำคัญ ดังนี้

1) ความเหมาะสมต่อการนำมาใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่อละประเภทในกรณีแหล่งน้ำนั้นมีการใช้ประโยชน์หลายด้าน (Multi purposes) โดยคำนึงถึงการใช้ประโยชน์หลักเป็นสำคัญ ทั้งนี้ ระดับมาตรฐานจะไม่ขัดแย้งต่อการใช้ประโยชน์หลายด้านพร้อมกัน

2) สถานการณ์คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำหลักของประเทศและแนวโน้มของคุณภาพน้ำที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการพัฒนาต่าง ๆ ในอนาคต

3) คำนึงถึงสุขภาพและความปลอดภัยของชีวิตมนุษย์และสัตว์น้ำส่วนใหญ่

4) ความรู้สึกพึงพอใจในการยอมรับระดับคุณภาพน้ำในเขตต่างๆ ของประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำหลักและของประชาชนส่วนใหญ่

อย่างไรก็ตาม การปรับปรุงค่ามาตรฐานในอนาคต จำเป็นจะต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมของระดับการลงทุนและภาวะทางเศรษฐกิจในพื้นที่ลุ่มน้ำที่อยู่ในแผนการพัฒนาตลอดจนความเป็นไปได้ในเทคโนโลยีในการบำบัดของเสียและสารพิษจากแหล่งกำเนิดของเสียซึ่งได้แก่ กิจกรรมที่เกิดขึ้นจากการวางแผนพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมด้วย (กรมควบคุมมลพิษ. 2547: www.pcd.go.th)

#### 4.3 วัตถุประสงค์ในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำ

เพื่อเป็นแนวทางการรักษาคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำที่คงสภาพดีเหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ และฟื้นฟูคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำที่เสื่อมโทรม หรือมีแนวโน้มของการเสื่อมโทรมให้มีสภาพที่ดีขึ้น

#### 4.4 การกำหนดประเภทแหล่งน้ำผิวดิน

กรมควบคุมมลพิษ (2547: [www.pcd.go.th](http://www.pcd.go.th)) ได้กำหนดประเภทแหล่งน้ำผิวดิน ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ รายละเอียดดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงการกำหนดประเภทแหล่งน้ำผิวดิน (กรมควบคุมมลพิษ. 2547: [www.pcd.go.th](http://www.pcd.go.th))

ประเภทแหล่งน้ำ	การใช้ประโยชน์
ประเภทที่ 1	ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน</li> <li>(2) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน</li> <li>(3) การอนุรักษ์ระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ</li> </ol>
ประเภทที่ 2	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน</li> <li>(2) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ</li> <li>(3) การประมง</li> <li>(4) การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ</li> </ol>
ประเภทที่ 3	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน</li> <li>(2) การเกษตร</li> </ol>
ประเภทที่ 4	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม
ประเภทที่ 5	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

#### 4.5 เป้าหมายในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน

- 1) เพื่อให้มีการจัดทำแบ่งประเภทแหล่งน้ำโดยมีมาตรฐานระดับที่เหมาะสมและสอดคล้องกับการใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำ
- 2) เพื่อให้มีมาตรฐานคุณภาพน้ำ และวิธีการตรวจสอบที่เป็นหลักสำหรับการวางโครงการต่างๆ ที่ต้องคำนึงถึงแหล่งน้ำเป็นสำคัญ
- 3) เพื่อรักษาคุณภาพแหล่งน้ำตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นต้นน้ำลำธารให้ปราศจากการปนเปื้อนจากกิจกรรมใดๆ ทั้งสิ้น (กรมควบคุมมลพิษ. 2547: [www.pcd.go.th](http://www.pcd.go.th))

#### 4.6 การกำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

กรมควบคุมมลพิษ (2547: [www.pcd.go.th](http://www.pcd.go.th)) ได้กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (กรมควบคุมมลพิษ. 2547: [www.pcd.go.th](http://www.pcd.go.th))

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน				
		ประเภทที่	ประเภทที่	ประเภทที่	ประเภทที่	ประเภทที่
		1	2	3	4	5
1. สี กลิ่นและรส	-	๓	๓'	๓'	๓'	-
2. อุณหภูมิ	°ซ	๓	๓'	๓'	๓'	-
3. ความเป็นกรด-ด่าง	-	๓	5-9	5-9	5-9	-
4. ออกซิเจนละลาย	มก./ล.	๓	<< 6.0	<< 4.0	<< 2.0	-
5. บีโอดี	มก./ล.	๓	>> 1.5	>> 2.0	>> 4.0	-
6. แบคทีเรีย กลุ่มโคลิฟอร์ม ทั้งหมด	เอ็ม.พี.เอ็น /100 มล.	๓	>> 5,000	>> 20,000	-	-
7. แบคทีเรียกลุ่ม ฟิคอลโคลิฟอร์ม	เอ็ม.พี.เอ็น /100 มล.	๓	>> 1,000	>> 4,000	-	-
8. ไนเตรต	มก./ล.	๓		>> 5.0		-
9. แอมโมเนีย	มก./ล.	๓		>> 0.5		-
10. ฟีนอล	มก./ล.	๓		>> 0.005		-
11. ทองแดง	มก./ล.	๓		>> 0.1		-

ตาราง 4 (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน				
		ประเภทที่ 1	ประเภทที่ 2	ประเภทที่ 3	ประเภทที่ 4	ประเภทที่ 5
12. นิคเกิล	มก./ล.	๓		>> 0.1		-
13. แมงกานีส	มก./ล.	๓		>> 1.0		-
14. สังกะสี	มก./ล.	๓		>> 1.0		-
15. แคลเมียม	มก./ล.	๓		>> 0.005* >> 0.05**		-
16. โครเมียมชนิด เฮกซะวาเลนต์	มก./ล.	๓		>> 0.05		-
17. ตะกั่ว	มก./ล.	๓		>> 0.05		-
18. พรอททั้งหมด	มก./ล.	๓		>> 0.002		-
19. สารหนู	มก./ล.	๓		>> 0.01		-
20. ไฮยาไนต์	มก./ล.	๓		>> 0.005		-
21. กัมมันตภาพรังสี - ค่ารังสีแอลฟา - ค่ารังสีเบตา	เบคเคอ เรล/ล.	๓		>> 0.1 >> 1.0		-
22. สารฆ่าศัตรูพืช และสัตว์ชนิด ที่มีคลอรีนทั้งหมด	มก./ล.	๓		>> 0.05		-
23. ดีดีที	ไมโครกรัม /ล.	๓		>> 1.0		-
24. บีเอชซี ชนิดแอลฟา	ไมโครกรัม /ล.	๓		>> 0.02		-
25. ดิลดริน	ไมโครกรัม /ล.	๓		>> 0.1		-
26. อัลดริน	ไมโครกรัม /ล.	๓		>> 0.1		-

ตาราง 4 (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน				
		ประเภทที่ 1	ประเภทที่ 2	ประเภทที่ 3	ประเภทที่ 4	ประเภทที่ 5
27. เฮปตาคลอรัลและ เฮปตาคลอรัลอีพอก ไซด์	ไมโครกรัม /ล.	๓	>> 0.2			-
28. เอนดริน	ไมโครกรัม /ล.	๓	ไม่สามารถตรวจพบได้ตาม วิธีการตรวจสอบที่กำหนด			-

หมายเหตุ

- ๓' = อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงเกินกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติเกิน 3 องศาเซลเซียส  
 ๓ = เป็นไปตามธรรมชาติ  
 >> = ไม่มากกว่า  
 << = ไม่น้อยกว่า  
 \* = น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ  $\text{CaCO}_3$  ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัม/ลิตร  
 \*\* = น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ  $\text{CaCO}_3$  เกินกว่า 100 มิลลิกรัม/ลิตร

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน และการเกษตรเปรียบเทียบกับค่าพารามิเตอร์ที่ตรวจวิเคราะห์ คือ แอมโมเนีย ดีไอ อุณหภูมิ และความเป็นกรด-ด่าง

## 5. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด

### 5.1 ความหมาย

กรมควบคุมมลพิษ (2547: [www.pcd.go.th](http://www.pcd.go.th)) ได้ให้ความหมายของ บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด หมายถึง พื้นที่ที่ปรับให้ขังน้ำได้โดยวิธีการต่างๆ เพื่อการเลี้ยงสัตว์น้ำแต่ไม่รวมถึงบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งหรือบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อย

### 5.2 ประเภทบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ได้แบ่งประเภทของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดประเภท ก หมายถึง บ่อที่ใช้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่กินพืชเป็นอาหารทุกชนิด ซึ่งใช้น้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติ โดยไม่มีการเติมสารที่ก่อให้เกิดความเค็ม เช่น น้ำทะเล น้ำใต้ดินที่มีค่าความเค็ม เกือบ หรือสารอินโดลงในบ่อเพาะเลี้ยงดังกล่าว

2) บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดประเภท ข หมายถึง บ่อที่ใช้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่กินเนื้อเป็นอาหารทุกชนิด หรือสัตว์น้ำอื่นๆ ที่กินทั้งเนื้อและพืชเป็นอาหาร ซึ่งใช้น้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติโดยไม่มีการเติมสารที่ก่อให้เกิดความเค็ม เช่น น้ำทะเล น้ำใต้ดินที่มีค่าความเค็ม เกือบ หรือสารอินโดลงในบ่อเพาะเลี้ยงดังกล่าว

3) บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดประเภท ค หมายถึง บ่อที่มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทุกชนิดซึ่งมีการใช้สารที่ก่อให้เกิดความเค็ม เช่น น้ำทะเล น้ำใต้ดินที่มีค่าความเค็ม เกือบ หรือสารอินโดเติมลงในบ่อเพาะเลี้ยงเพื่อปรับระดับค่าความเค็มของน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงให้เหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดนั้นๆ (กรมควบคุมมลพิษ. 2547: [www.pcd.go.th](http://www.pcd.go.th))

### 5.3 การกำหนดค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด

กรมควบคุมมลพิษ (2547: [www.pcd.go.th](http://www.pcd.go.th)) ได้กำหนดค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ตามประเภทของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด (กรมควบคุมมลพิษ.  
2547: www.pcd.go.th)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน			
		ประเภท ก	ประเภท ข	ประเภท ค	
				พื้นที่ >10 ไร่	พื้นที่ <10 ไร่
บีโอดี	มก./ล.	>> 20	>> 20	-	>> 20
สารแขวนลอย	มก./ล.	>> 80	>> 80	-	>> 80
แอมโมเนีย	มก./ล.	-	>> 1.1	-	>> 1.1
ไนโตรเจนรวม	มก./ล.	-	>> 4.0	-	>> 4.0
ฟอสเฟต	มก./ล.	-	>> 0.5	-	>> 0.5
ความเป็นกรด-ด่าง	-	-	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5
สภาพน้ำไฟฟ้า	เดซิซีเมน/ล.	-	-	>> 0.75	>> 0.75

หมายเหตุ

>> = ไม่มากกว่า

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดประเภทที่ ข ได้แก่ บ่อที่ใช้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่กินเนื้อเป็นอาหารทุกชนิดหรือสัตว์น้ำอื่นๆ ที่กินทั้งเนื้อและพืชเป็นอาหาร ซึ่งใช้น้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติโดยไม่มีการเติมสารที่ก่อให้เกิดความเค็มเปรียบเทียบกับค่าพารามิเตอร์ที่ตรวจวิเคราะห์ คือ บีโอดี และฟอสเฟต

## 6. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการ

บทปฏิบัติการ หมายถึง เอกสารที่กำหนดแนวทางในการทำการทดลองสำหรับนักเรียนประกอบด้วยชื่อบทปฏิบัติการ ใ้ความรู้ประกอบบทปฏิบัติการ หลักการ จุดประสงค์ เวลาที่ใช้ สารเคมีและอุปกรณ์ วิธีการทดลอง แบบรายงานผลการทดลอง และคำถามท้ายการทดลอง (สุรพล วิหคไพบูลย์. 2543: 4)

บทปฏิบัติการ หมายถึง ชุดกิจกรรมการเรียนการสอนที่จัดขึ้นโดยเน้นการทดลองเพื่อให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการปฏิบัติและค้นคว้าด้วยตนเองโดยมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ (พันศักดิ์ สายแสงจันทร์. 2544: 18)

บทปฏิบัติการ หมายถึง กิจกรรมหรือการทดลองที่สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้จากการได้ทดลองด้วยตนเองโดยมีครูเป็นเพียงผู้ให้คำแนะนำ พร้อมทั้งมุ่งให้ผู้เรียนเกิดความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทดลอง การนำความรู้และความสามารถที่เกิดขึ้นไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อตนเองและท้องถิ่นได้ (พรทิพย์ วงษ์นาป่า. 2548: 48)

บทปฏิบัติการ หมายถึง ชุดกิจกรรมที่เน้นการทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองโดยมีครูเป็นผู้แนะนำอย่างใกล้ชิด (จำรัส อินทลาภาพร. 2545: 40)

สรุปได้ว่า บทปฏิบัติการ หมายถึง บทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้สอดแทรกในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องเรื่อง น้ำเสีย และมีกิจกรรมเพื่อให้เรียน เรียนรู้ร่วมกันเกี่ยวกับตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นซึ่งประกอบด้วย บทปฏิบัติการ หลักการ จุดประสงค์ เวลาที่ใช้ อุปกรณ์และสารเคมี วิธีการทดลอง ผลการทดลอง และคำถามท้ายบทปฏิบัติการ

### 6.1 ข้อคำนึงในการเขียนบทปฏิบัติการ

การเขียนบทปฏิบัติการเป็นเรื่องละเอียดอ่อน มีหลายสิ่งหลายอย่างที่ผู้เขียนจะต้องนำมาเป็นแนวทางในการเขียน ดังนั้น ผู้ที่จะทำหน้าที่ในการเขียนบทปฏิบัติการจึงต้องคำนึงถึงจุดประสงค์ สถานที่ และระดับของผู้เรียน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) จุดประสงค์ ผู้เขียนบทปฏิบัติการควรจะต้องตั้งคำถามถามตัวเองก่อนว่าบทปฏิบัติการฉบับนี้จะนำไปศึกษาอะไร ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในทางด้านใด นั่นคือผู้เขียนต้องกำหนดจุดประสงค์ให้ชัดเจนเพราะว่าบทปฏิบัติการที่มีจุดประสงค์ต่างกันย่อมมีลักษณะที่แตกต่างกันด้วย

2) สถานที่ใช้เป็นแหล่งศึกษา เนื่องจากแต่ละสถานที่มีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ดังนั้นบทปฏิบัติการที่จะนำไปศึกษาแต่ละสถานที่ย่อมมีความแตกต่างกันด้วย

3) ระดับของผู้เรียน บทปฏิบัติการสำหรับนักเรียนแต่ละระดับควรมีความแตกต่างกันทั้งด้านความยากง่ายในเนื้อหา ภาษา ทักษะ ตลอดจนคำถามที่ใช้ (ลัดดาวัลย์ กัณหาสุวรรณ. 2535: 30-31)

สรุปได้ว่า การเขียนบทปฏิบัติการต้องคำนึงถึงจุดประสงค์ของบทปฏิบัติการว่านำไปศึกษากับผู้เรียนระดับใด ต้องการให้เกิดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านใดตลอดจนระบุสถานที่ที่ใช้เป็นแหล่งศึกษาเพื่อความชัดเจนในการเขียนบทปฏิบัติการ

## 6.2 องค์ประกอบของบทปฏิบัติการ

- 1) ชื่อบทปฏิบัติการ ต้องมีความชัดเจน น่าสนใจ และบอกให้ทราบว่าลักษณะของกิจกรรม ที่ต้องการเป็นอย่างไร
- 2) ใ้บความรู้ ต้องมีเนื้อหาที่ครอบคลุมรายละเอียด และต้องสอดคล้องกับกิจกรรมที่ปฏิบัติ
- 3) หลักการ ต้องสอดคล้องกับบทปฏิบัติการ และเหมาะสมกับระดับของนักเรียน
- 4) จุดประสงค์ ต้องบอกจุดมุ่งหมายของกิจกรรมนั้นๆ โดยบอกพฤติกรรมที่ต้องการให้เกิดตามกิจกรรมนั้นๆ และต้องให้ผู้เรียนได้แสดงพฤติกรรมโดยที่สังเกตได้ วัดได้ เป็นไปตามเกณฑ์ที่คาดหวัง
- 5) เวลาที่ใช้ ต้องมีความเหมาะสมกับเนื้อหาที่กำหนด
- 6) อุปกรณ์และสารเคมี ต้องเหมาะสมกับระดับนักเรียน และเรื่องที่ทำทดลอง
- 7) วิธีการทดลอง ต้องเหมาะสมกับเวลาที่ใช้ เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม มีความยากง่ายพอเหมาะ ภาษาชัดเจนก่อให้เกิดความคิดรวบยอด ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น มีส่วนร่วมในกิจกรรม และส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะปฏิบัติการทดลอง
- 8) แบบรายงานผลการทดลอง ต้องมีขั้นตอนสอดคล้องกับเนื้อหาวิชา และอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้เรียน
- 9) คำถามท้ายบทปฏิบัติการ ต้องสอดคล้องกับการทดลอง และจุดประสงค์ จำนวนข้อความสั้นยาวของคำถามเหมาะสม ส่งเสริมการคิดแก้ปัญหา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการนำไปใช้ (สุรพล วิหคไพบูลย์. 2543: 4)

จากการแบ่งองค์ประกอบของบทปฏิบัติการสรุปได้ว่า องค์ประกอบของบทปฏิบัติการ ประกอบด้วยชื่อบทปฏิบัติการ ใ้บความรู้ หลักการ จุดประสงค์ เวลาที่ใช้ อุปกรณ์และสารเคมี วิธีการทดลอง แบบรายงานผลการทดลอง และคำถามท้ายบทปฏิบัติการ

## 6.3 ขั้นตอนในการเขียนบทปฏิบัติการ

ลัดดาวัลย์ กัณหสุวรรณ (2535: 31) กล่าวว่าขั้นตอนในการเขียนบทปฏิบัติการมี ดังนี้

- 1) กำหนดจุดประสงค์ทั่วไปซึ่งเป็นจุดประสงค์กว้างๆ ของกิจกรรมทั้งหมดในบทปฏิบัติการ
- 2) ศึกษาสำรวจสถานที่หรือแหล่งที่จะนำนักเรียนไปศึกษาโดยสำรวจสภาพทั่วไปว่ามีสิ่งใดที่น่าสนใจ สมควรที่จะทำการศึกษา

3) กำหนดจุดประสงค์เฉพาะโดยกำหนดเป็นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ความเข้าใจ ด้านทักษะ และด้านเจตคติ จุดประสงค์เฉพาะนี้จะกำหนดได้ต่อเมื่อทราบว่า จุดศึกษาแต่ละจุดมีอะไรที่น่าจะศึกษาได้บ้าง

4) กำหนดกิจกรรมซึ่งควรสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมจากนั้นให้จัดลำดับกิจกรรมว่ากิจกรรมใดควรจะศึกษาก่อนหลัง

5) ลงมือร่างบทปฏิบัติการ

6) นำบทปฏิบัติการฉบับร่างไปทดลองสอนกับนักเรียนเพื่อหาความเป็นไปได้ และข้อบกพร่อง เพื่อนำมาทำการปรับปรุง

7) แก้ไขปรับปรุง เป็นฉบับที่สมบูรณ์ให้สามารถนำไปใช้ได้

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ขั้นตอนการเขียนบทปฏิบัติการควรกำหนดจุดประสงค์กว้างๆ ของกิจกรรมทั้งหมดในบทปฏิบัติการ ทำการศึกษาข้อมูลพื้นฐานเพื่อกำหนดจุดประสงค์และกิจกรรม จากนั้นลงมือร่างบทปฏิบัติการนำไปทดลองสอนกับนักเรียนเก่ง ปานกลาง และอ่อน เพื่อหาข้อบกพร่อง และนำไปปรับปรุงแก้ไขให้เป็นฉบับที่สมบูรณ์ต่อไป

#### 6.4 ลักษณะของบทปฏิบัติการ

ลัดดาวัลย์ กัณหสุวรรณ (2535: 32) กล่าวว่าบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นต้องให้นักเรียนทุกคนสามารถเรียนได้ และต้องให้ผู้เรียนมีความรู้สึกรู้ว่าเป็นเรื่องสนุก ง่าย ตื่นเต้น และน่าสนใจ ดังนั้น บทปฏิบัติการจึงต้องมีลักษณะเฉพาะของตัวเองของตัวเอง ดังนี้

1) บทปฏิบัติการจะมีลักษณะที่ให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองจะเน้นให้นักเรียน ค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเองโดยบทปฏิบัติการจะมีคำถามที่ชี้แนะให้สังเกต ให้แปลความหมายและลงข้อสรุป นักเรียนจะค้นพบแนวคิดจากการศึกษาและการอภิปรายหลังปฏิบัติการ

2) นักเรียนจะได้ฝึกขี้บ่งปัญหาและแก้ปัญหาโดยกิจกรรมบางตอนจะเริ่มต้นด้วย ปัญหา นักเรียนจะต้องค้นคิด และสำรวจหาสาเหตุของปัญหาเหล่านั้นเพื่อหาทางแก้ไข

3) กิจกรรมในบทปฏิบัติการ เน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยประสาทสัมผัสซึ่งเป็นวิธีการที่จะนำไปสู่ความเข้าใจ ซาบซึ้งในธรรมชาติ เกิดจิตสำนึกและค่านิยมในการมีส่วนร่วมในการรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ

4) ภาษาที่ใช้ในบทปฏิบัติการ พยายามใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายและพยายามหลีกเลี่ยง คำศัพท์ต่างๆ ที่เข้าใจยากเพื่อต้องการให้ผู้เรียนรู้สึกที่ทุกคนสามารถเรียนจากบทปฏิบัติการนี้ได้ไม่ใช่เฉพาะนักเรียนที่เรียนเก่งเท่านั้น

5) กิจกรรมที่กำหนดไว้ในบทปฏิบัติการพยายามให้นักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้นักเรียนเกิดความรู้และความเข้าใจ เช่น ทักษะการสังเกต การจำแนกประเภท

การตั้งสมมติฐาน การบันทึกข้อมูล การสื่อความหมายและจัดกระทำข้อมูล การแปลความหมายข้อมูล เป็นต้น

6) กิจกรรมหลังจากปฏิบัติการ นักเรียนจะได้รับการฝึกให้รู้จักวางแผนในการแก้ไขปัญหา ฝึกตัดสินใจปัญหา และฝึกจัดการกับสิ่งแวดล้อม

7) อุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติการ พยายามใช้อุปกรณ์ที่หาง่ายและไม่ยุ่งยากซับซ้อนในการใช้

สรุปได้ว่า ลักษณะของบทปฏิบัติการต้องเน้นให้ผู้เรียนค้นคว้าหาคำตอบได้ด้วยตัวเองผ่านประสาทสัมผัสเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาโดยใช้อุปกรณ์ที่หาง่าย ไม่ซับซ้อน ผ่านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อเกิดความรู้ ความเข้าใจ จิตสำนึก และค่านิยมในการมีส่วนร่วมในการรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม

### 6.5 จุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการ

จุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการเพื่อเสริมสร้างให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ปลูกฝังให้เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เจตคติ ความพึงพอใจ ความมีใจกว้าง ความอยากรู้อยากเห็นในวิชาวิทยาศาสตร์ และพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถทางสติปัญญาตลอดจนความสามารถทางการปฏิบัติ (ธนวรรณ โสมน้อย. 2548: 17; อ้างอิงจาก Hofstein and Lunetta. 1982: 203) นอกจากนี้จุดมุ่งหมายดังกล่าวข้างต้นแล้ว ไพฑูรย์ สีนลรัตน์ (2523: 96-97) กล่าวว่า การเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการยังมีจุดมุ่งหมายในรายละเอียด ดังนี้

- 1) ให้นักเรียนรู้จักและคุ้นเคยกับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่สำคัญ
- 2) ให้ผู้เรียนได้คุ้นเคยกับการวางแผนเตรียมการทดลองและใช้เครื่องมือปฏิบัติการ และฝึกปฏิบัติต่างๆ
- 3) เพื่อฝึกฝนและพัฒนาความสามารถในการสังเกต รวบรวมและตีความข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากห้องปฏิบัติการหรือการฝึกปฏิบัติต่างๆ
- 4) เพื่อฝึกฝนและพัฒนาความสามารถในการเสนอรายงานผลการฝึกปฏิบัติที่ดีและมีความเหมาะสม
- 5) เพื่อพัฒนาความสามารถของผู้เรียนในการที่จะรวบรวมและสัมพันธ์แนวคิดหลักการ และความรู้ต่างๆ เข้าด้วยกัน
- 6) เพื่อประยุกต์หลักการทั่วไปเข้ากับสถานการณ์จริงในห้องทดลองหรือในการปฏิบัติภาคสนามอื่นๆ
- 7) เพื่อให้เห็นปัญหาและพิจารณาถึงทางเลือกในการดำเนินงานปฏิบัติสิ่งต่างๆ

8) เพื่อให้รู้จักวิเคราะห์ผลของการฝึกต่อสมมติฐานที่ตั้งไว้ และวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นกับการปฏิบัติจริงในชีวิตประจำวัน

จากจุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการสรุปได้ว่า จุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการเพื่อมุ่งพัฒนาและส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ ความสามารถเกี่ยวกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เจตคติ ความพึงพอใจ ความอยากรู้อยากเห็นในธรรมชาติของทฤษฎี และสามารถนำความรู้และทักษะต่างๆ ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

## 6.6 รูปแบบของการจัดกิจกรรมปฏิบัติการ

รูปแบบของการจัดกิจกรรมปฏิบัตินั้น โดยทั่วไปสามารถจัดได้เป็น 2 แบบ คือ

1) การทดลองแบบสำเร็จรูป (Structured laboratory) การทดลองแบบนี้ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา บอกวิธีการแก้ปัญหา และอื่นๆ ไว้เสร็จ นักเรียนเพียงแต่ทำตามคำชี้แจงในคู่มือการทดลอง

2) การทดลองแบบไม่กำหนดทิศทาง (Unstructured laboratory) การทดลองแบบนี้ นักเรียนเป็นผู้ค้นหาคำตอบโดยครูกำหนดปัญหาให้ เมื่อได้แนวทางแล้วจึงแยกย้ายกันทำการทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาอภิปรายหน้าชั้นอีกครั้งหนึ่ง การทดลองแบบนี้เป็นการส่งเสริมสมรรถภาพทางด้านความคิดควรให้นักเรียนวางแผนการทดลองก่อนแล้วจึงลงมือทดลองตามแผนที่กำหนดไว้ การวางแผนการทดลองครูอยู่ในฐานะที่เลี้ยงซึ่งการวางแผนการทดลองประกอบด้วยกำหนดยุทธศาสตร์ การตั้งสมมติฐาน และการสร้างแบบการทดลอง

การจัดการเรียนการสอนทั้ง 2 แบบที่กล่าวมามีความแตกต่างกันคือ การทดลองแบบสำเร็จรูปนักเรียนจะได้รับคำแนะนำหรือบอกให้ทราบถึงวิธีปฏิบัติการทดลอง การเก็บรวบรวมข้อมูล และการจัดกระทำข้อมูล ส่วนการทดลองแบบไม่กำหนดทิศทางนักเรียนจะได้รับคำแนะนำเพียงเล็กน้อยหรืออาจไม่ได้รับคำแนะนำเลย นักเรียนจะมีอิสระที่จะศึกษาปัญหาที่กำหนดให้หรือปัญหาที่นักเรียนมีความสนใจตามแนวทางของตนเอง การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนของประเทศไทยซึ่งใช้หลักสูตรของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนั้นมีการกำหนดวิธีการปฏิบัติการทดลองมาให้ให้นักเรียนจึงจัดว่าเป็นการจัดการเรียนการสอนด้วยปฏิบัติการแบบสำเร็จรูป (สุวัฒน์ นิยมคำ. 2517: 142-144)

## 6.7 ขั้นตอนในการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการ

สมจิต สวธนไพบูลย์ (2541: 61) กล่าวว่า การเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการควรมีลำดับขั้นตอนในการสอน ดังนี้

1) ขั้นเตรียมการ ครูและนักเรียนร่วมกันพิจารณาถึงหัวข้อที่จะทำการทดลอง การจัดแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆ อธิบายถึงระเบียบในการปฏิบัติการทดลองให้นักเรียนอ่านสมุดปฏิบัติการมาล่วงหน้า อธิบายให้นักเรียนรู้จักอุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการใช้อุปกรณ์ชนิดต่างๆ ครูควร

ให้คำแนะนำเพราะสารบางอย่างอาจทำให้เกิดอันตรายได้ ในขั้นเตรียมการนี้เป็นขั้นที่จะพัฒนาความคิดของนักเรียนได้เป็นอย่างดีที่ครูควรระลึกเสมอว่าสิ่งที่ทดลองพยายามให้เกิดความต้องการของนักเรียนโดยตรงจะเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนดำเนินการทดลองในขั้นต่อไป

2) ขั้นดำเนินการทดลอง นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองตามที่ได้เตรียมการไว้โดยครูคอยดูแลอย่างใกล้ชิด และพยายามให้นักเรียนทุกคนได้มีส่วนร่วมอย่างทั่วถึง

3) ขั้นสรุปและประเมินผลการทดลอง ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปผลการทดลอง โดยให้นักเรียนนำข้อมูลที่บันทึกได้รายงานเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มรวมถึงการรายงานการทดลองของตน ครูเพิ่มเติมหรือแนะนำในสิ่งที่ยังบกพร่องรวมถึงร่วมกันประเมินวิธีการทำงานร่วมกัน การเก็บเครื่องมือ ประโยชน์ที่ได้รับจากการทดลอง

จากขั้นตอนในการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการสรุปได้ว่า ขั้นตอนในการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการประกอบด้วยขั้นเตรียมการ เป็นขั้นเตรียมความพร้อมก่อนทำการทดลองโดยการอธิบายรายละเอียดของการทดลองโดยครู ขั้นที่สองคือขั้นดำเนินการทดลองเป็นขั้นที่นักเรียนลงมือปฏิบัติภายใต้การดูแลของครูอย่างใกล้ชิด และขั้นสุดท้ายคือขั้นสรุปและประเมินผลการทดลอง เป็นการอภิปรายและสรุปผลที่ได้จากการทดลองระหว่างนักเรียนและครู

## 6.8 บทบาทของครูในการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการ

ประวิตร ชูศิลป์ (2524: 5-6) กล่าวว่าครูจะทำหน้าที่ในการให้คำแนะนำต่างๆ คอยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถใช้ข้อมูลหรือผลการทดลองที่รวบรวมได้สรุปเป็นเกณฑ์ ทฤษฎี และหลักการต่างๆ ตั้งแต่ขั้นอภิปรายก่อนการทดลอง ขั้นทำการทดลอง ขั้นอภิปรายหลังการทดลอง คือ

ตอนที่ 1 การอภิปรายก่อนการทดลอง (Pre lab discussion) ครูต้องเตรียมคำถามต่างๆ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอยากรู้อยากเห็น คิด สงสัย หรือแนะแนวทางเพื่อให้นักเรียนได้สืบเสาะหาต่อไปตลอดจนให้คำแนะนำต่างๆ

ตอนที่ 2 การให้นักเรียนปฏิบัติการทดลอง (Experiment discussion) ครูจะต้องคอยดูแลให้คำแนะนำต่างๆ อย่างใกล้ชิด คอยกระตุ้น สนับสนุน และเป็นที่ยปรึกษาอยู่ด้วยไม่ปล่อยให้ นักเรียนปฏิบัติการทดลองตามลำพัง

ตอนที่ 3 การอภิปรายการทดลอง (Post lab discussion) ครูจะต้องเตรียมคำถามต่างๆ เพื่อที่จะให้นักเรียนสามารถใช้ข้อมูลหรือผลการทดลองที่รวบรวมได้สรุปเป็นเกณฑ์ ทฤษฎี หรือหลักการต่างๆ รวมทั้งอภิปรายถึงข้อผิดพลาดของการทดลองที่อาจเป็นไปได้

สรุปได้ว่า บทบาทของครูในการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการจะต้องทำหน้าที่ให้คำปรึกษา แนะนำ และดูแลนักเรียนตั้งแต่ก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง และอภิปรายผลการ

ทดลองเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนรวบรวมผลการทดลองและนำไปสรุปเป็นเกณฑ์ ทฤษฎี และหลักการต่างๆ เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ในเนื้อหาวิชา รวมทั้งเป็นการชี้ถึงข้อผิดพลาดจากการทำการทดลอง

### 6.9 ประโยชน์ของการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการ

บุญชม ศรีสะอาด (2528: 278-279) กล่าวว่า ประโยชน์ของการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการมีดังนี้

- 1) ผู้สอนมีอิสระที่จะให้ความช่วยเหลือและสอนแก่นักเรียนที่ต้องการความช่วยเหลือ
- 2) การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการสามารถจัดให้กับนักเรียนเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มได้
- 3) ผู้เรียนสามารถศึกษากิจกรรม วิธีปฏิบัติจากสื่อที่สามารถเรียนได้ด้วยตนเอง
- 4) เป็นเทคนิควิธีที่เป็นรากฐานของการแก้ปัญหา
- 5) ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ และการใช้การสรุปครอบคลุมในสถานการณ์ใหม่
- 6) ส่งเสริมให้ผู้เรียนเพิ่มพูนความสามารถในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น มีทักษะมากขึ้น
- 7) ช่วยพัฒนาเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์

สรุปได้ว่า ประโยชน์ของบทปฏิบัติการเป็นการสร้างองค์ความรู้จากประสบการณ์ส่งผลให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากการฝึกปฏิบัติ รู้จักแก้ปัญหา ทำงานเป็นทีม และเพิ่มพูนความสามารถด้านทักษะกระบวนการให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้นจากการศึกษางานวิจัยของสนอง ทองปาน (2540) และวรวัฒน์ ทิพจ้อย (2551) ผู้วิจัยได้คัดเลือกกิจกรรมมาสร้างและพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการ 5 บท คือ บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ และบทปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง การปรับปรุงคุณภาพน้ำ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนสิ่งแวดล้อมสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3

## 7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 7.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาคุณภาพน้ำ

ประมาณ พรหมสุทธิรักษ์ (2542: 82) ได้ทำการศึกษาคุณภาพน้ำชายฝั่งทะเลอ่าวศรีราชา ที่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากอิทธิพลจากโรงงานแปรงมันสำปะหลัง พบว่า นอกจากจะใช้สิ่งมีชีวิตในน้ำเป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพน้ำแล้ว ความขุ่นของน้ำสามารถใช้เป็นดัชนีอีกอย่างหนึ่งที่บ่งบอกถึงคุณภาพน้ำได้ โดยปริมาณที่มีน้ำเสียอยู่เสมอบอกจะพบความขุ่นของน้ำที่ค่อนข้างสูง ที่ใดที่มีความขุ่นของน้ำมากแสดงว่าน้ำเสียแพร่กระจายไปถึงบริเวณนั้นด้วย แต่ถ้าเมื่อใดความขุ่นลดลงก็แสดงว่าน้ำมีคุณภาพดีขึ้น

กรกนก พรหมเทพ และอุตสาห์ ขอดทอง (2542: บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาปริมาณฟอสเฟตในรูปของออร์โธฟอสเฟตจากตัวอย่างน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา โดยทำการเก็บตัวอย่างแบบมาตรฐาน บริเวณสะพานสมเด็จพระปิ่นเกล้า ถึงสะพานสมเด็จพระเจ้าตากสิน ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2543 ถึงประมาณกลางเดือนเมษายน พ.ศ. 2543 รวมการเก็บตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 12 ครั้ง ครั้งละ 12 ตัวอย่าง นำมาทำซ้ำสามซ้ำ มีตัวอย่างน้ำรวมทั้งสิ้น 432 ตัวอย่าง ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณฟอสเฟตในตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยา ที่เวลา 10.00 นาฬิกา บริเวณสะพานสมเด็จพระปิ่นเกล้ามีค่าเฉลี่ย 0.141 มิลลิกรัมต่อลิตร บริเวณสะพานสมเด็จพระพุทธยอดฟ้า มีค่าเฉลี่ย 0.179 มิลลิกรัม/ลิตร และบริเวณสะพานสมเด็จพระเจ้าตากสิน มีค่าเฉลี่ย 0.0152 มิลลิกรัม/ลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยทั้งหมด 0.1573 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณฟอสเฟตในตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาที่เวลา 14.00 นาฬิกา บริเวณสะพานสมเด็จพระปิ่นเกล้า มีค่าเฉลี่ย 0.125 มิลลิกรัม/ลิตร บริเวณสะพานสมเด็จพระพุทธยอดฟ้ามีค่าเฉลี่ย 0.173 มิลลิกรัม/ลิตร และบริเวณสะพานสมเด็จพระเจ้าตากสิน มีค่าเฉลี่ย 0.144 มิลลิกรัม/ลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยทั้งหมด 0.1473 มิลลิกรัม/ลิตร

ทวีพร เนียมมาลัย และคณะ (2545: บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาคุณภาพน้ำในแม่น้ำเพชรบุรี โดยทำการเก็บตัวอย่าง 8 จุด ตลอดลำน้ำ ตั้งแต่บริเวณท้ายเขื่อนแก่งกระจาน อ.แก่งกระจานถึงบริเวณสะพานวัดต้นสน อ.บ้านแหลม จ. เพชรบุรี ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2545 โดยศึกษาตัวชี้วัดต่างๆ ทั้งทางกายภาพและเคมี ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในช่อง 24.15-31.00 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศ 24.50-37.15 องศาเซลเซียส ความเร็วของกระแสน้ำ 0.12-0.69 เมตรต่อวินาที ความเป็นกรดต่าง 6.95-8.13 การนำไฟฟ้า 106.50-44100.00 ไมโครซีเมน/เซนติเมตร ความขุ่น 1.58-163.50 เอ็นทียู ความเค็ม 0.00-28.70 พีพีที ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ 2.26-9.13 มิลลิกรัม/ลิตร ความสกปรกในรูปของบีโอดี 0.50-3.79 มิลลิกรัม/ลิตร ไนโตรเจน 0.0017-0.0188 มิลลิกรัม/ลิตร ไนเตรท 0.0168-1.0601 มิลลิกรัมต่อลิตร TKN 0.66-4.08 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัสรวม 0.04-18.17 มิลลิกรัม/ลิตร ออร์โธฟอสเฟต 0.13-55.60 มิลลิกรัม/ลิตร ตะกั่ว มีปริมาณน้อยมากถึง 0.030 มิลลิกรัม/ลิตร เหล็ก 0.214-2.705 มิลลิกรัม/ลิตร และโครเมียมปริมาณน้อยมากถึง 0.019 มิลลิกรัม/ลิตร

แฟร์ และคณะ (Fair and other. 1971: 81-87) ได้ศึกษาพบว่าแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีธาตุอาหารของฟอสฟอรัสมากเกินไปจะมีฟอสเฟตอยู่ระหว่าง 0.03 ถึง 0.15 มิลลิกรัม/ลิตร และแหล่งน้ำที่เกิดปรากฏการณ์การเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของสาหร่ายและพืชชั้น จะมีฟอสเฟตอยู่มากกว่า 0.6 มิลลิกรัม/ลิตร

จากงานวิจัยที่กล่าวถึงข้างต้นสรุปได้ว่า แหล่งธรรมชาติมีการเปลี่ยนแปลงโดยมนุษย์เป็นผู้กระทำมากกว่าธรรมชาติ ทำให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำตามมาซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตตลอดจนคุณภาพชีวิตของประชาชนโดยรวม

## 7.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาบทปฏิบัติการ

สนอง ทองปาน (2540: 154) ได้ทำการศึกษาระบบน้ำเสียแบบใช้พลังงานในตัวเองบำบัดตัวเองในรูปการลดปริมาณสารอินทรีย์ และโลหะหนักที่เป็นพิษในน้ำเสียรวมถึงข้อมูลเกี่ยวกับความเป็นไปได้ในการนำพลังงานจากคลื่นน้ำมาใช้ประโยชน์ในการเติมอากาศให้กับระบบน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน และได้แนวทางในการปรับปรุงในวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาให้สอดคล้องกับสิ่งแวดล้อมศึกษาซึ่งข้อค้นพบดังกล่าวจะใช้เป็นทางบทปฏิบัติการน้ำเสียในประเทศไทยแนวทางการนำพลังงานจากคลื่นน้ำมาใช้แบบรูปแบบต่างๆ และแนวทางในการปรับปรุงบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาให้สอดคล้องกับการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษา อันจะส่งผลให้เกิดการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชน และพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีคุณภาพยิ่งขึ้นในโอกาสต่อไป

อัมพร กรุดวงษ์ (2548: 115) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดนครปฐม พบว่า บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพระดับดี และมีประสิทธิภาพ 78.25/79.50 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนด สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้

วรวิวัฒน์ ธิพจ้อย (2551:102) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า บทปฏิบัติการเรื่องการบำบัดน้ำเสีย ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพระดับดี และมีประสิทธิภาพ 80.26/80.71 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนด สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้

จากงานวิจัยที่กล่าวถึงข้างต้นสรุปได้ว่า การพัฒนาบทปฏิบัติการ เป็นกระบวนการวิจัยและพัฒนาซึ่งนำเนื้อหาการตรวจสอบคุณภาพน้ำ และทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น ให้มีศักยภาพในการจัดการเรียนการสอนสิ่งแวดล้อมสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3

### บทที่ 3

## วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยคุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อนในครั้งนี้ เป็นกรณีศึกษาเพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น ผู้วิจัยได้เก็บตัวอย่างน้ำในคลองแจรงร้อน แขวงราษฎร์บูรณะ เขตราษฎร์บูรณะ กรุงเทพมหานคร แล้วทำการตรวจวิเคราะห์และพัฒนาบทปฏิบัติการ ซึ่งได้ดำเนินการแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาคุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อน

ตอนที่ 2 การพัฒนาบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น

### ตอนที่ 1 การศึกษาคุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อน

#### 1. การศึกษาแหล่งข้อมูล

1.1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ เริ่มกำหนดจุด จำนวน 4 จุด คือ จุดที่ 1 บริเวณประตูเขื่อนกันระหว่างคลองแจรงร้อน และแม่น้ำเจ้าพระยา จุดที่ 2 บริเวณหน้าโรงเรียนแจรงร้อน จุดที่ 3 บริเวณใต้สะพานคอนกรีตข้ามคลองแจรงร้อน และจุดที่ 4 บริเวณหน้าชุมชนวัดสน

1.2 วิเคราะห์คุณภาพน้ำตามค่าพารามิเตอร์ที่กำหนด และทำการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) และค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รายละเอียดดังตาราง 6 และ 7

ตาราง 6 แสดงค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินตามค่าพารามิเตอร์ที่กำหนด (กรมควบคุมมลพิษ. 2547: [www.pcd.go.th](http://www.pcd.go.th))

ค่าพารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน
แอมโมเนีย	ไม่มากกว่า 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร
อุณหภูมิ	ไม่มากกว่า 38 องศาเซลเซียส*
ดีไอ	ไม่น้อยกว่า 4 มิลลิกรัม/ลิตร
ความเป็นกรด-ด่าง	5.0-9.0

### หมายเหตุ

\* = คุณหมุมิของน้ำจะต้องไม่สูงเกินกว่าคุณหมุมิตามธรรมชาติเกิน 3 องศาเซลเซียส ซึ่งขณะผู้วิจัยตรวจวิเคราะห์คุณหมุมิของน้ำในคลองแจ่งร้อน คุณหมุมิของอากาศ มีค่าเท่ากับ 35 องศาเซลเซียส ดังนั้น ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน คุณหมุมิต้องมีค่าไม่มากกว่า 38 องศาเซลเซียส

ตาราง 7 แสดงค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดตามค่าพารามิเตอร์ที่กำหนด (กรมควบคุมมลพิษ. 2547: www.pcd.go.th)

ค่าพารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน
ฟอสเฟต	ไม่มากกว่า 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร
บีโอดี	ไม่มากกว่า 20 มิลลิกรัม/ลิตร

## 2. เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

การเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณคลองแจ่งร้อน เพื่อนำมาตรวจวิเคราะห์ตามค่าพารามิเตอร์ที่ผู้วิจัยกำหนด มีการใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างน้ำ ดังนี้

### 2.1 เครื่องมือ และอุปกรณ์ในภาคสนาม ประกอบด้วย

- 1) ขวดใส่ตัวอย่างน้ำในการวิเคราะห์ (ขวดน้ำพลาสติก ปริมาตร 600 มิลลิลิตร)
- 2) ถังพลาสติกบรรจุน้ำแข็ง ชนิดมีฝาปิด
- 3) ชุดตรวจวิเคราะห์ฟอสเฟต และแอมโมเนีย บริษัทซีรา (Sera in Germany)
- 4) เครื่องมือตรวจวิเคราะห์คุณหมุมิ DO meter ของบริษัท YSI รุ่น 550 DO
- 5) เครื่องมือตรวจวิเคราะห์ออกซิเจนละลายในน้ำ DO meter ของบริษัท YSI รุ่น 550 DO
- 6) เครื่องมือตรวจวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง pH meter ของบริษัท Mettler รุ่น Delta

320 วัดค่าตั้งแต่ 1-14

### 2.2 เครื่องมือ และอุปกรณ์/สารเคมีในห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วย

- 1) ขวด BOD ขนาด 300 มิลลิลิตร พร้อมจุกแก้วที่เป็น ground joint
- 2) ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
- 3) กระบอกตวง ขนาด 250 มิลลิลิตร
- 4) บิวเรต ขนาด 50 มิลลิลิตร
- 5) ปิเปต ขนาด 10 มิลลิลิตร

- 6) บั้มลมเติมอากาศ ของบริษัท Sonic
- 7) ผู้ควบคุมอุณหภูมิ ของบริษัท Cooling Incubator; SHEL LAB, รุ่น 815
- 8) น้ำแข็งสุก
- 9) สารละลายแมงกานีสซัลเฟต
- 10) สารละลายอัลคาไล-ไอโอไดด์-เอโซต์
- 11) กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (36 นอร์มัล)

### 3. การเก็บตัวอย่างน้ำ

#### 3.1 การกำหนดจุดในการเก็บตัวอย่างน้ำ

ในการศึกษาคุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อน ผู้วิจัยได้กำหนดจุดในการเก็บตัวอย่างน้ำ เพื่อความสะดวก เหมาะสม และเพื่อให้ได้ตัวอย่างน้ำที่เป็นตัวแทนที่ดีของสิ่งที่ต้องการวิจัย โดยการกำหนดจุดในการเก็บตัวอย่างน้ำ จำนวน 4 จุด แต่ละจุดห่างกันโดยเฉลี่ยประมาณ 500 เมตร เริ่มจากจุดที่ 1 บริเวณประตูเขื่อนกั้นระหว่างคลองแจรงร้อนและแม่น้ำเจ้าพระยา จุดที่ 2 บริเวณหน้าโรงเรียนแจรงร้อน จุดที่ 3 บริเวณใต้สะพานคอนกรีตข้ามคลองแจรงร้อน และจุดที่ 4 บริเวณหน้าชุมชนวัดสน

#### 3.2 ระดับความลึกในการเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างน้ำในคลองแจรงร้อนครั้งนี้ เพื่อเป็นการศึกษาคุณภาพน้ำตามค่าพารามิเตอร์ จำนวน 6 ค่า ได้แก่ ฟอสเฟต แอมโมเนีย อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ดีไอ และบีไอดี และเปรียบเทียบคุณภาพน้ำที่ตรวจวัดได้กับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) และค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ผู้วิจัยได้กำหนดระดับความลึกของการเก็บตัวอย่างน้ำ โดยเก็บตัวอย่างน้ำลึกจากผิวน้ำ ประมาณ 15 เซนติเมตร เนื่องจากผู้วิจัยเก็บตัวอย่างน้ำขณะน้ำลง และความสะดวกในการตรวจวิเคราะห์ตามค่าพารามิเตอร์ที่ผู้วิจัยกำหนด

#### 3.3 วิธีเก็บตัวอย่างน้ำ

วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วง (Grab sampling) ซึ่งเป็นการเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วงเอาโดยตรง แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่าตามพารามิเตอร์ที่กำหนด ซึ่งมีวิธีการเก็บดังนี้

- 1) กำหนดจุดในการเก็บตัวอย่างน้ำ จำนวน 4 จุด
- 2) เก็บตัวอย่างน้ำโดยใช้ขวดน้ำพลาสติก ปริมาตร 600 มิลลิลิตร
- 3) เก็บตัวอย่างน้ำลึกจากผิวน้ำ ประมาณ 15 เซนติเมตร ในแต่ละจุดบรรจุใส่ขวดขนาด 600 มิลลิลิตร ซึ่งเก็บตัวอย่างน้ำสัปดาห์ละ 3 ครั้ง คือ วันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ ตั้งแต่เวลา

9.00 น. ถึง 11.00 น. รวมระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 8 สัปดาห์ รวมจำนวนทั้งหมด 24 ตัวอย่าง

4) การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำในส่วนของคุณค่าฟอสเฟต แอมโมเนีย อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง และค่าดีไอ จะทำการตรวจวัดทันที ส่วนค่าบีโอดี จะทำการตรวจวัดที่ห้องปฏิบัติการของสถาบันสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

5) เมื่อเก็บตัวอย่างน้ำในแต่ละจุดของคลองแจรงร้อนเรียบร้อยแล้ว จดรายละเอียดต่างๆ ได้แก่ วัน เดือน ปี และเวลาที่เก็บ ไว้ที่ข้างขวดแล้วนำมาเก็บในถังพลาสติกบรรจุน้ำแข็งเพื่อนำไปตรวจวิเคราะห์ค่าบีโอดีในห้องปฏิบัติการ

6) การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการจะกระทำภายในเวลา 1 ชั่วโมงหลังจากเก็บตัวอย่างน้ำเรียบร้อยแล้ว

#### 4. วิธีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

การศึกษาคุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อนครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ซึ่งมีรายละเอียด ดังตาราง 8

ตาราง 8 แสดงวิธีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำตามพารามิเตอร์คุณภาพน้ำชนิดต่างๆ

พารามิเตอร์	เครื่องมือ/วิธีตรวจวัด
ฟอสเฟต	ชุดตรวจวิเคราะห์ฟอสเฟต ของบริษัทซีรา
แอมโมเนีย	ชุดตรวจวิเคราะห์แอมโมเนีย ของบริษัทซีรา
อุณหภูมิ	เครื่องมือตรวจวิเคราะห์อุณหภูมิ DO meter ของบริษัท YSI รุ่น 550 DO
ดีไอ	เครื่องมือตรวจวิเคราะห์ออกซิเจนละลายในน้ำ DO Meter ของบริษัท YSI รุ่น 550 DO
บีโอดี	วิธีวิเคราะห์ DO แบบ Azide Modification เป็นวิธี Standard Method (DO <sub>0</sub> -DO <sub>5</sub> )
ความเป็นกรด-ด่าง	เครื่องมือตรวจวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง pH meter ของบริษัท Mettler รุ่น Delta 320 วัดค่าตั้งแต่ 1-14

## 5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติพรรณนา ในการพรรณนาข้อมูลจากค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาคุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อน เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) และค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

### ตอนที่ 2 การพัฒนาบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น

ในการพัฒนาบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1) ศึกษาเนื้อหาจากหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มาตรฐานการเรียนรู้ ช่วงชั้นที่ 3 เรื่องน้ำเสีย และศึกษาเนื้อหาการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นและการบำบัดน้ำเสีย

2) ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับแนวทางการพัฒนาการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษา และการสร้างบทปฏิบัติการของนักการศึกษา คือ ลัดดาวัลย์ กัณหสุวรรณ (2535) และสมจิต สวธนไพบูลย์ (2541) เพื่อนำมาประมวลความคิดในการสร้าง และพัฒนาบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น ให้มีความสมบูรณ์และเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้

#### 3) ยกร่างบทปฏิบัติการ

3.1) บทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น ผู้วิจัยพัฒนามาจากบทปฏิบัติการของ สอนทอง ทองปาน (2540) และวรวัดณ์ ทิพจ้อย (2551) มี 5 บท คือ

- 1) บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น
- 2) บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ
- 3) บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี
- 4) บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ
- 5) บทปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง การปรับปรุงคุณภาพน้ำ

3.2) แต่ละบทของบทปฏิบัติการมีองค์ประกอบ ดังนี้

1) ชื่อบทปฏิบัติการ 2) ใ้บทความรู้ 3) หลักการ 4) จุดประสงค์ 5) เวลาที่ใช้ 6) สารเคมีและอุปกรณ์ 7) วิธีการทดลอง 8) แบบรายงานผลการทดลอง และ 9) คำถามท้ายบทปฏิบัติการ

3.3) คุณสมบัติขององค์ประกอบของบทปฏิบัติการ

องค์ประกอบที่ 1 ชื่อบทปฏิบัติการ ต้องมีความชัดเจน น่าสนใจ และบอกให้ทราบ ว่าลักษณะของกิจกรรมที่ต้องการเป็นอย่างไร

องค์ประกอบที่ 2 ใบความรู้ ต้องมีเนื้อหาที่ครอบคลุมรายละเอียด และต้องมีความสอดคล้องกับกิจกรรมที่ปฏิบัติ

องค์ประกอบที่ 3 หลักการ ต้องมีความสอดคล้องกับบทปฏิบัติการ และเหมาะสมกับระดับของนักเรียน

องค์ประกอบที่ 4 จุดประสงค์ ต้องบอกจุดมุ่งหมายของกิจกรรมนั้นๆ โดยบอกพฤติกรรมที่ต้องการให้เกิดตามกิจกรรมนั้นๆ และต้องให้ผู้เรียนได้แสดงพฤติกรรมโดยที่สังเกตได้ชัดได้ เป็นไปตามเกณฑ์ที่คาดหวัง

องค์ประกอบที่ 5 เวลาที่ใช้ ต้องมีความเหมาะสมกับเนื้อหาที่กำหนด

องค์ประกอบที่ 6 สารเคมีและอุปกรณ์ ต้องเหมาะสมกับระดับของนักเรียน และเรื่องที่ทำทดลอง

องค์ประกอบที่ 7 วิธีการทดลอง ต้องเหมาะสมกับเวลาที่ใช้ เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม มีความยากง่ายพอเหมาะ ภาษาชัดเจนก่อให้เกิดความคิดรวบยอด ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็นมีส่วนร่วมในกิจกรรม และส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะปฏิบัติการทดลอง

องค์ประกอบที่ 8 แบบรายงานผลการทดลอง ต้องมีขั้นตอนที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชา และอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้เรียน

องค์ประกอบที่ 9 คำถามท้ายบทปฏิบัติการ ต้องสอดคล้องกับการทดลอง และจุดประสงค์ จำนวนข้อ ความสั้นยาวของคำถามเหมาะสม ส่งเสริมการคิดแก้ปัญหา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการนำไปใช้

4) นำบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้นที่พัฒนาขึ้นเสนอต่อประธาน และคณะกรรมการผู้ควบคุมปริญญาบัตรแล้วนำมาปรับแก้ตามข้อเสนอแนะ

5) ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น ซึ่งผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างบทปฏิบัติการ 1 ท่าน ได้แก่ อาจารย์ อรุณี คุณสมบัติ ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนสิ่งแวดล้อม 2 ท่าน ได้แก่ อาจารย์ สมศักดิ์ พาหะมาก และอาจารย์ เวธกา หนูเพชร ผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษา 2 ท่าน ได้แก่ อาจารย์บุญเหลือ บุราณสาร และอาจารย์ทศพร ไกรฤกษ์ โดยการตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา แล้วหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของกิจกรรมกับเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น (IOC) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.5-1.0 เป็นเกณฑ์กำหนดคุณภาพของบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้น

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาวิเคราะห์คุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อนในครั้งนี้ เป็นกรณีศึกษาเพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาคุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อน

ตอนที่ 2 การพัฒนาบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น

ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั้ง 2 ขั้นตอน ดังนี้

#### ตอนที่ 1 การศึกษาคุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อน

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาคูณภาพน้ำในคลองแจรงร้อน ผู้วิจัยได้นำเสนอโดยใช้ตาราง แผนภูมิ และคำอธิบายประกอบท้ายตาราง และแผนภูมิ

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้น มีดังต่อไปนี้

N	แทน	จำนวนตัวอย่าง
$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์
Max	แทน	ค่าสูงสุดของพารามิเตอร์
Min	แทน	ค่าต่ำสุดของพารามิเตอร์
S.D.	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของพารามิเตอร์

ผลการศึกษาคูณภาพน้ำในคลองแจรงร้อน แสดงดังตาราง 9-15 และภาพประกอบ 3-8

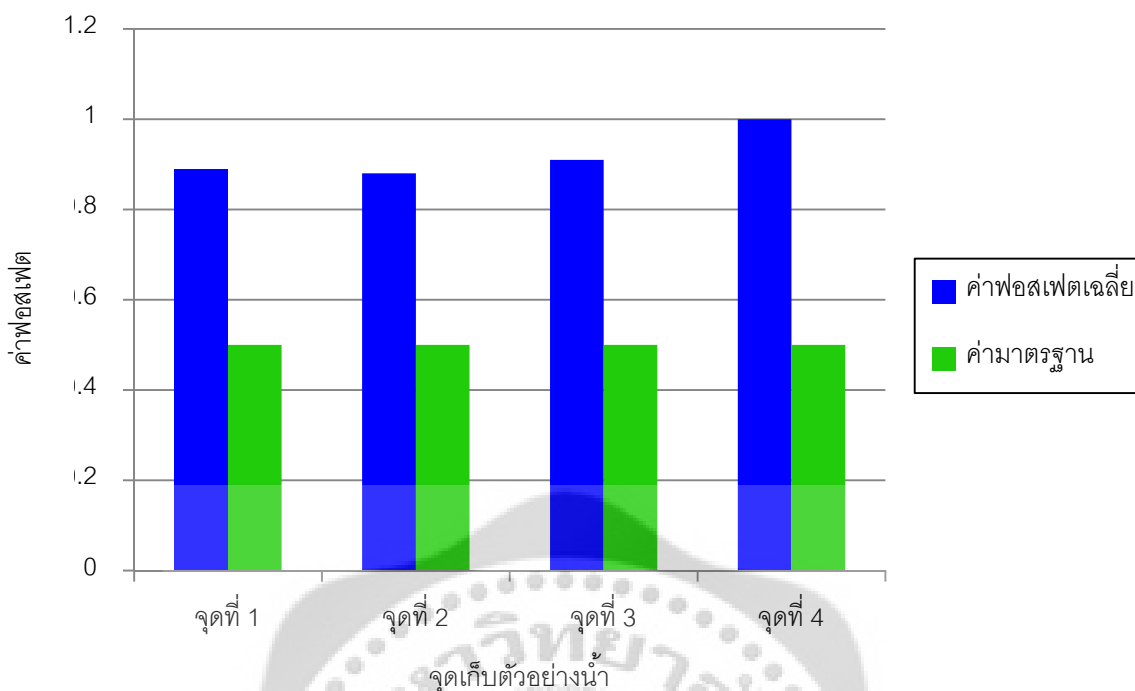
ตาราง 9 แสดงค่าฟอสเฟตเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดต่างๆ 4 จุด

จำนวน ตัวอย่าง (N = 24)	จุดที่ 1 <sup>(1)</sup>	จุดที่ 2 <sup>(2)</sup>	จุดที่ 3 <sup>(3)</sup>	จุดที่ 4 <sup>(4)</sup>	ค่ามาตรฐานควบคุมการ ระบายน้ำทิ้งจาก บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด
$\bar{X}$	0.89	0.88	0.91	1.00	ไม่มากกว่า 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร
S.D.	0.21	0.22	0.10	0.00	
Max	0.50	0.50	0.50	0.50	
Min	0.50	0.50	0.50	1.00	

#### หมายเหตุ

- (1) หมายถึง จุดที่เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณประตูเขื่อนกั้นระหว่างคลองแจรงร้อนและแม่น้ำเจ้าพระยา
- (2) หมายถึง จุดที่เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณหน้าโรงเรียนแจรงร้อน
- (3) หมายถึง จุดที่เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณใต้สะพานคอนกรีตข้ามคลองแจรงร้อน
- (4) หมายถึง จุดที่เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณหน้าชุมชนวัดสน

จากตาราง 9 แสดงว่าน้ำในคลองแจรงร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำ จุดที่ 1 มีค่าฟอสเฟตเฉลี่ยเท่ากับ 0.89 มิลลิกรัม/ลิตร จุดที่ 2 มีค่าฟอสเฟตเฉลี่ย เท่ากับ 0.88 มิลลิกรัม/ลิตร จุดที่ 3 มีค่าฟอสเฟตเฉลี่ยเท่ากับ 0.91 มิลลิกรัม/ลิตร และจุดที่ 4 มีค่าฟอสเฟตเฉลี่ย เท่ากับ 1.00 มิลลิกรัม/ลิตร โดยแสดงผลการเปรียบเทียบค่าฟอสเฟตเฉลี่ยกับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 แสดงค่าฟอสเฟตเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดต่างๆ 4 จุด เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

จากภาพประกอบ 3 แสดงว่าค่าฟอสเฟตเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.89 มิลลิกรัม/ลิตร จุดที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.88 มิลลิกรัม/ลิตร จุดที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0.91 มิลลิกรัม/ลิตร และจุดที่ 4 มีค่าเท่ากับ 1.00 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พบว่า ค่าฟอสเฟตเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำ จุดที่ 1 จุดที่ 2 จุดที่ 3 และจุดที่ 4 ไม่เป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนด

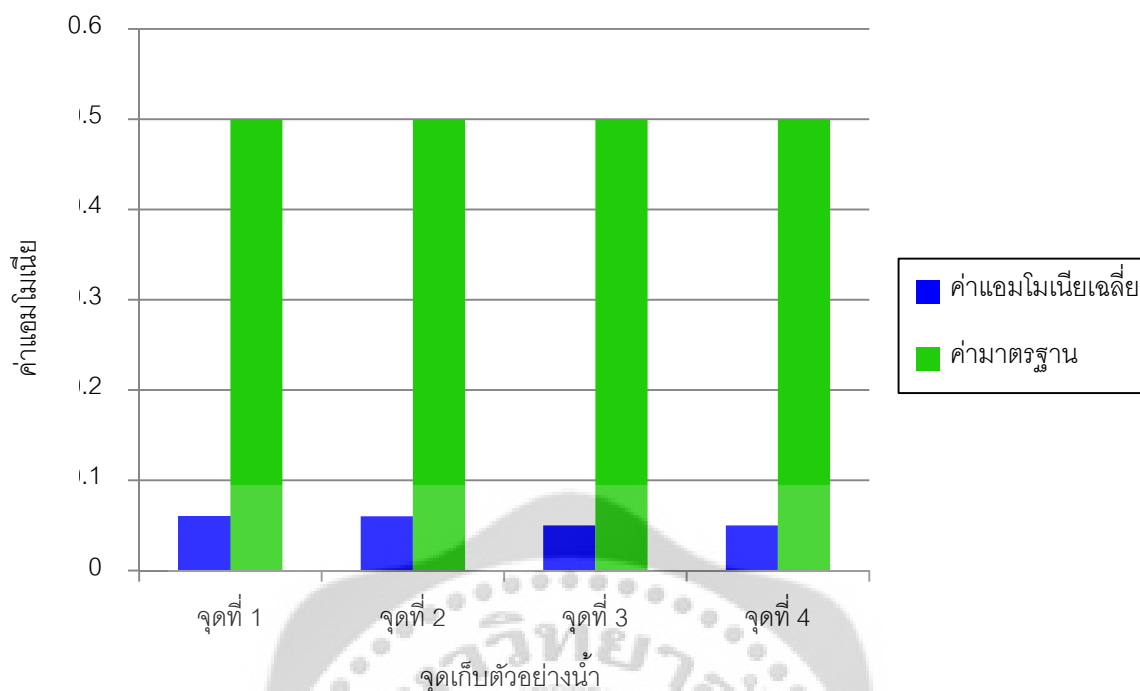
ตาราง 10 แสดงค่าแอมโมเนียเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดต่างๆ 4 จุด

จำนวน ตัวอย่าง (N = 24)	จุดที่ 1 <sup>(1)</sup>	จุดที่ 2 <sup>(2)</sup>	จุดที่ 3 <sup>(3)</sup>	จุดที่ 4 <sup>(4)</sup>	ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำ ในแหล่งน้ำผิวดิน
$\bar{X}$	0.06	0.06	0.05	0.05	ไม่มากกว่า 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร
S.D.	0.01	0.01	0.02	0.01	
Max	0.06	0.06	0.06	0.06	
Min	0.03	0.03	0.03	0.03	

#### หมายเหตุ

- (1) หมายถึง จุดที่เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณประตูเขื่อนกั้นระหว่างคลองแจรงร้อนและแม่น้ำเจ้าพระยา
- (2) หมายถึง จุดที่เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณหน้าโรงเรียนแจรงร้อน
- (3) หมายถึง จุดที่เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณใต้สะพานคอนกรีตข้ามคลองแจรงร้อน
- (4) หมายถึง จุดที่เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณหน้าชุมชนวัดสน

จากตาราง 10 แสดงว่าน้ำในคลองแจรงร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำ จุดที่ 1 มีค่าแอมโมเนียเฉลี่ยเท่ากับ 0.06 มิลลิกรัม/ลิตร จุดที่ 2 มีค่าแอมโมเนียเฉลี่ย เท่ากับ 0.06 มิลลิกรัม/ลิตร จุดที่ 3 มีค่าแอมโมเนียเฉลี่ย เท่ากับ 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร และจุดที่ 4 มีค่าแอมโมเนียเฉลี่ย เท่ากับ 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร โดยแสดงผลการเปรียบเทียบค่าแอมโมเนียเฉลี่ยกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 แสดงค่าแอมโมเนียเจลลี่ของน้ำในคลองแจรงร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดต่างๆ 4 จุด เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537)

จากภาพประกอบ 4 แสดงว่าค่าแอมโมเนียเจลลี่ของน้ำในคลองแจรงร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.06 มิลลิกรัม/ลิตร จุดที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.06 มิลลิกรัม/ลิตร จุดที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร และจุดที่ 4 มีค่าเท่ากับ 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 (พ.ศ. 2537) พบว่า ค่าแอมโมเนียเจลลี่ของน้ำในคลองแจรงร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำ จุดที่ 1 จุดที่ 2 จุดที่ 3 และจุดที่ 4 เป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนด

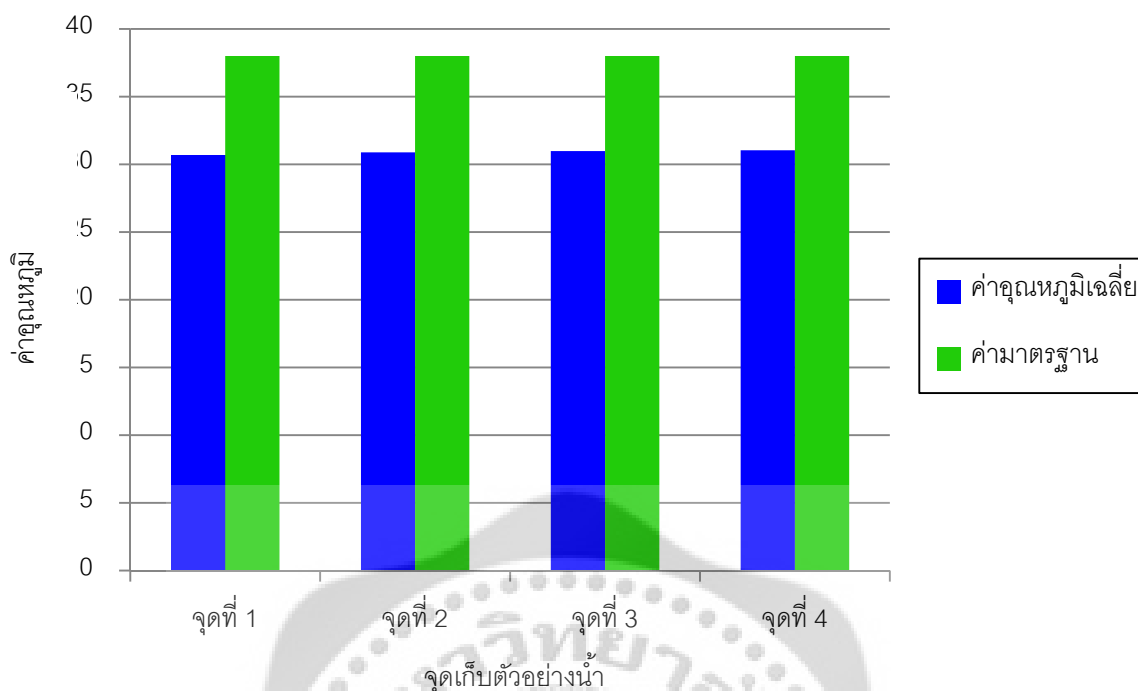
ตาราง 11 แสดงค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดต่างๆ 4 จุด

จำนวน ตัวอย่าง (N = 24)	จุดที่ 1 <sup>(1)</sup>	จุดที่ 2 <sup>(2)</sup>	จุดที่ 3 <sup>(3)</sup>	จุดที่ 4 <sup>(4)</sup>	ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำ ในแหล่งน้ำผิวดิน
$\bar{X}$	30.68	30.89	30.98	31.04	ไม่มากกว่า 38 องศาเซลเซียส
S.D.	0.26	0.10	0.08	0.11	
Max	30.90	31.10	31.10	31.20	
Min	30.20	30.60	30.90	30.90	

#### หมายเหตุ

- (1) หมายถึง จุดที่เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณประตูเขื่อนกั้นระหว่างคลองแจรงร้อนและแม่น้ำเจ้าพระยา
- (2) หมายถึง จุดที่เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณหน้าโรงเรียนแจรงร้อน
- (3) หมายถึง จุดที่เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณใต้สะพานคอนกรีตข้ามคลองแจรงร้อน
- (4) หมายถึง จุดที่เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณหน้าชุมชนวัดสน

จากตาราง 11 แสดงว่าน้ำในคลองแจรงร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำ จุดที่ 1 มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 30.68 องศาเซลเซียส จุดที่ 2 มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ 30.89 องศาเซลเซียส จุดที่ 3 มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ 30.98 องศาเซลเซียส และจุดที่ 4 มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ 31.04 องศาเซลเซียส โดยแสดงผลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิเฉลี่ยกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 แสดงค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดต่างๆ 4 จุด เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537)

จากภาพประกอบ 5 แสดงว่าค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 1 มีค่าเท่ากับ 30.68 องศาเซลเซียส จุดที่ 2 มีค่าเท่ากับ 30.89 องศาเซลเซียส จุดที่ 3 มีค่าเท่ากับ 30.98 องศาเซลเซียส และจุดที่ 4 มีค่าเท่ากับ 31.04 องศาเซลเซียส เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 (พ.ศ. 2537) พบว่า ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำ จุดที่ 1 จุดที่ 2 จุดที่ 3 และจุดที่ 4 เป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนด

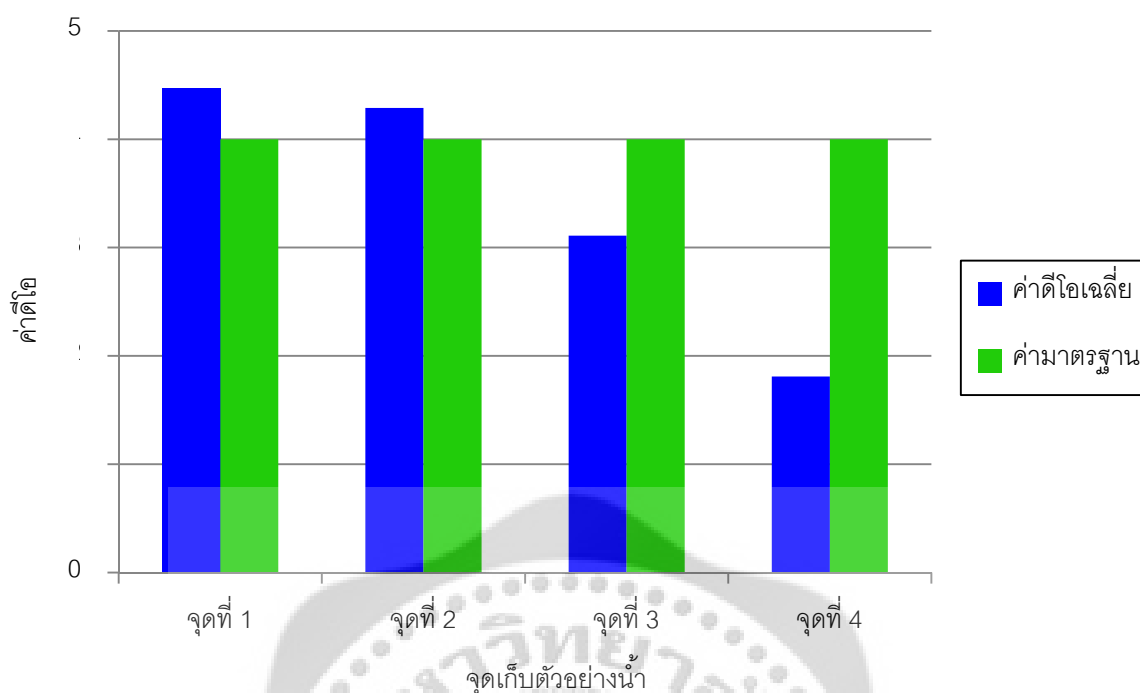
ตาราง 12 แสดงค่าดีไอเจลิยของน้ำในคลองแจรงร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดต่างๆ 4 จุด

จำนวน ตัวอย่าง (N = 24)	จุดที่ 1 <sup>(1)</sup>	จุดที่ 2 <sup>(2)</sup>	จุดที่ 3 <sup>(3)</sup>	จุดที่ 4 <sup>(4)</sup>	ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำ ในแหล่งน้ำผิวดิน
$\bar{X}$	4.47	4.29	3.11	1.81	ไม่น้อยกว่า 4 มิลลิกรัม/ลิตร
S.D.	0.54	0.40	0.29	0.18	
Max	5.08	4.71	3.36	2.20	
Min	3.87	3.70	2.34	1.52	

#### หมายเหตุ

- (1) หมายถึง จุดที่เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณประตูเขื่อนกั้นระหว่างคลองแจรงร้อนและแม่น้ำเจ้าพระยา
- (2) หมายถึง จุดที่เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณหน้าโรงเรียนแจรงร้อน
- (3) หมายถึง จุดที่เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณใต้สะพานคอนกรีตข้ามคลองแจรงร้อน
- (4) หมายถึง จุดที่เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณหน้าชุมชนวัดสน

จากตาราง 12 แสดงว่าน้ำในคลองแจรงร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำ จุดที่ 1 มีค่าดีไอเจลิยเท่ากับ 4.47 มิลลิกรัม/ลิตร จุดที่ 2 มีค่าดีไอเจลิยเท่ากับ 4.29 มิลลิกรัม/ลิตร จุดที่ 3 มีค่าดีไอเจลิยเท่ากับ 3.11 มิลลิกรัม/ลิตร และจุดที่ 4 มีค่าดีไอเจลิยเท่ากับ 1.81 มิลลิกรัม/ลิตร โดยแสดงผลการเปรียบเทียบค่าดีไอเจลิยกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 แสดงค่าดีไอเฉลี่ยของน้ำในคลองแจ่งร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดต่างๆ 4 จุด เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537)

จากภาพประกอบ 6 แสดงว่าค่าดีไอเฉลี่ยของน้ำในคลองแจ่งร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 1 มีค่าเท่ากับ 4.47 มิลลิกรัม/ลิตร จุดที่ 2 มีค่าเท่ากับ 4.29 มิลลิกรัม/ลิตร จุดที่ 3 มีค่าเท่ากับ 3.11 มิลลิกรัม/ลิตร และจุดที่ 4 มีค่าเท่ากับ 1.81 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) พบว่า ค่าดีไอเฉลี่ยของน้ำในคลองแจ่งร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 1 และจุดที่ 2 เป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนด ส่วนจุดที่ 3 และจุดที่ 4 ไม่เป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนด

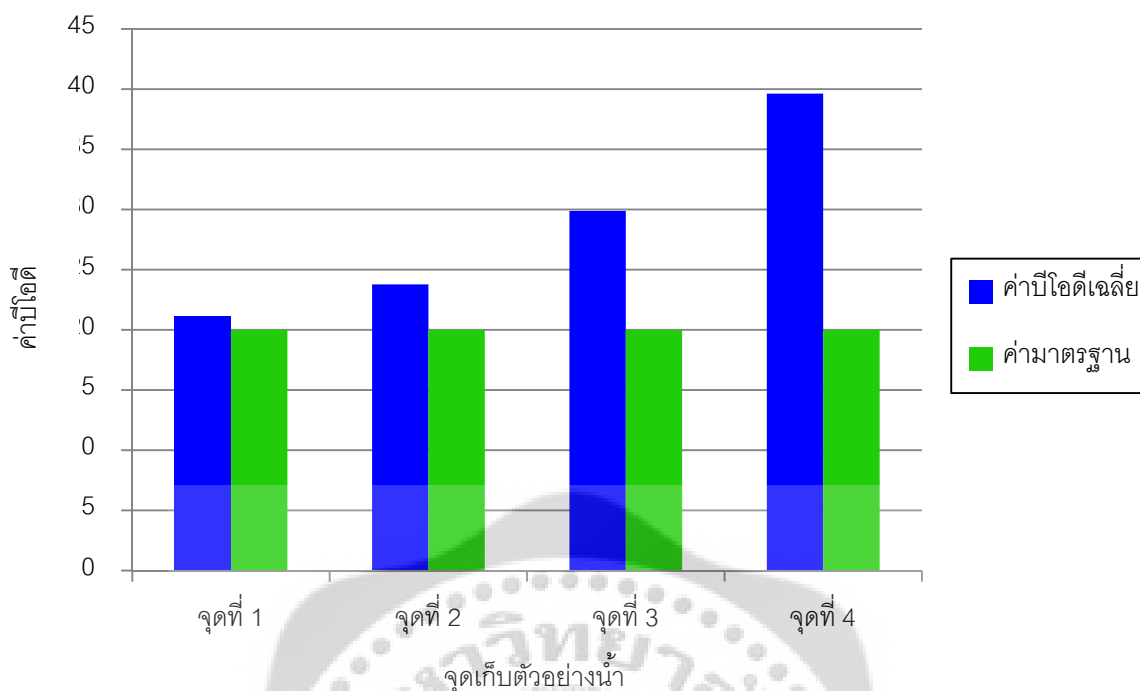
ตาราง 13 แสดงค่าบีโอดีเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดต่างๆ 4 จุด

จำนวน ตัวอย่าง (N = 24)	จุดที่ 1 <sup>(1)</sup>	จุดที่ 2 <sup>(2)</sup>	จุดที่ 3 <sup>(3)</sup>	จุดที่ 4 <sup>(4)</sup>	ค่ามาตรฐานควบคุมการ ระบายน้ำทิ้งจาก บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด
$\bar{X}$	21.17	23.78	29.88	39.63	ไม่มากกว่า 20 mg/l
S.D.	2.98	2.07	1.41	3.50	
Max	24.84	28.63	33.14	42.23	
Min	14.27	20.29	28.04	32.55	

#### หมายเหตุ

- (1) หมายถึง จุดที่เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณประตูเขื่อนกั้นระหว่างคลองแจรงร้อนและแม่น้ำเจ้าพระยา
- (2) หมายถึง จุดที่เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณหน้าโรงเรียนแจรงร้อน
- (3) หมายถึง จุดที่เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณใต้สะพานคอนกรีตข้ามคลองแจรงร้อน
- (4) หมายถึง จุดที่เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณหน้าชุมชนวัดสน

จากตาราง 13 แสดงว่าน้ำในคลองแจรงร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำ จุดที่ 1 มีค่าบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 21.17 มิลลิกรัม/ลิตร จุดที่ 2 มีค่าบีโอดีเฉลี่ย เท่ากับ 23.78 มิลลิกรัม/ลิตร จุดที่ 3 มีค่าบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 29.88 มิลลิกรัม/ลิตร และจุดที่ 4 มีค่าบีโอดีเฉลี่ย เท่ากับ 39.63 มิลลิกรัม/ลิตร โดยแสดงผลการเปรียบเทียบค่าบีโอดีเฉลี่ยกับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 7 แสดงค่าบีโอดีเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดต่างๆ 4 จุด เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

จากภาพประกอบ 7 แสดงว่าค่าบีโอดีเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำ จุดที่ 1 มีค่าเท่ากับ 21.17 มิลลิกรัม/ลิตร จุดที่ 2 มีค่าเท่ากับ 23.78 มิลลิกรัม/ลิตร จุดที่ 3 มีค่าเท่ากับ 29.88 มิลลิกรัม/ลิตร และจุดที่ 4 มีค่าเท่ากับ 39.63 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมพบว่า ค่าบีโอดีเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำ จุดที่ 1 จุดที่ 2 จุดที่ 3 และจุดที่ 4 ไม่เป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนด

ตาราง 14 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดต่างๆ

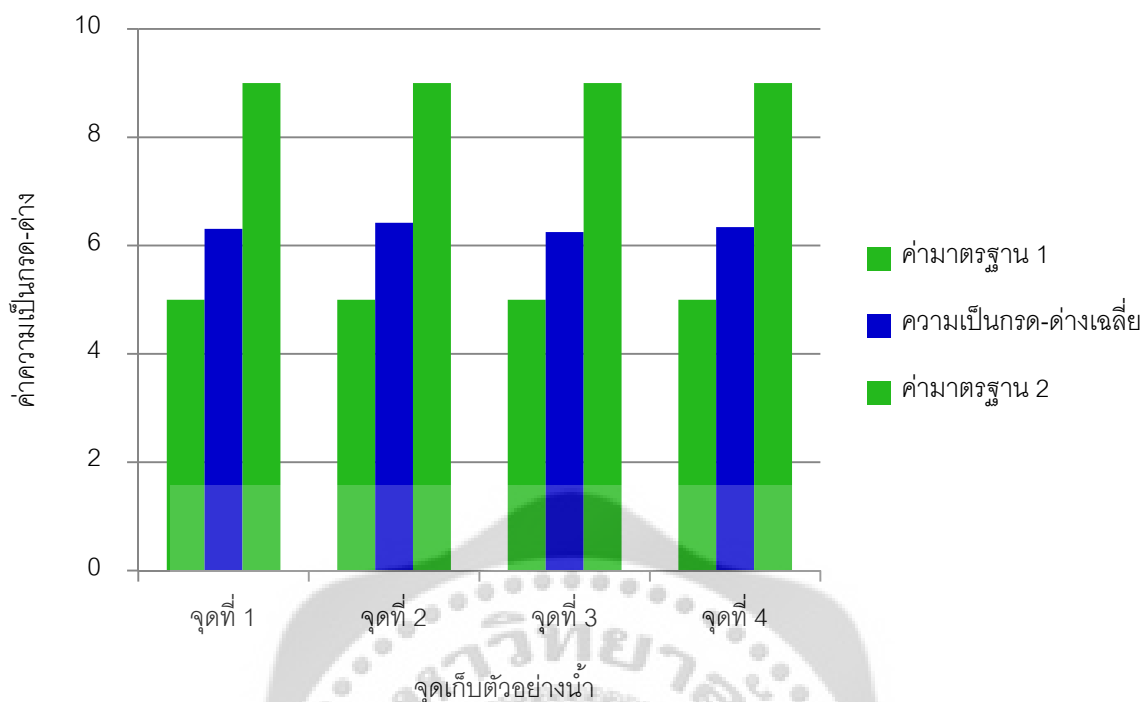
4 จุด

จำนวน ตัวอย่าง (N = 24)	จุดที่ 1 <sup>(1)</sup>	จุดที่ 2 <sup>(2)</sup>	จุดที่ 3 <sup>(3)</sup>	จุดที่ 4 <sup>(4)</sup>	ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำใน แหล่งน้ำผิวดิน
$\bar{X}$	6.31	6.42	6.25	6.34	5.0-9.0
S.D.	0.22	0.15	0.16	0.17	
Max	7.02	6.65	6.80	6.55	
Min	6.10	6.25	6.14	6.12	

#### หมายเหตุ

- (1) หมายถึง จุดที่เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณประตูเขื่อนกันระหว่างคลองแจรงร้อนและแม่น้ำเจ้าพระยา
- (2) หมายถึง จุดที่เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณหน้าโรงเรียนแจรงร้อน
- (3) หมายถึง จุดที่เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณใต้สะพานคอนกรีตข้ามคลองแจรงร้อน
- (4) หมายถึง จุดที่เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณหน้าชุมชนวัดสน

จากตาราง 14 แสดงว่าน้ำในคลองแจรงร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำ จุดที่ 1 มีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย เท่ากับ 6.31 จุดที่ 2 มีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย เท่ากับ 6.42 จุดที่ 3 มีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย เท่ากับ 6.25 และจุดที่ 4 มีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย เท่ากับ 6.34 โดยแสดงผลการเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ดังภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดต่างๆ 4 จุด เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537)

จากภาพประกอบ 8 แสดงว่าค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 1 มีค่าเท่ากับ 6.31 จุดที่ 2 มีค่าเท่ากับ 6.42 จุดที่ 3 มีค่าเท่ากับ 6.25 และจุดที่ 4 มีค่าเท่ากับ 6.34 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำ จุดที่ 1 จุดที่ 2 จุดที่ 3 และจุดที่ 4 เป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนด

ตาราง 15 แสดงคุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อนจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดต่างๆ 4 จุด โดยภาพรวม

คุณภาพน้ำ จุดต่างๆ	ค่าพารามิเตอร์					
	ฟอสเฟต (mg/l)	แอมโมเนีย (mg/l)	อุณหภูมิ (°C)	ดีไอ (mg/l)	บีโอดี (mg/l)	ความเป็น กรด-ด่าง
จุดที่ 1	0.89	0.06	30.68	4.47	21.17	6.31
จุดที่ 2	0.88	0.06	30.89	4.29	23.78	6.42
จุดที่ 3	0.91	0.05	30.98	3.11	29.88	6.25
จุดที่ 4	1.00	0.05	31.04	1.81	39.63	6.43
ภาพรวม	0.92	0.06	30.88	3.42	28.61	6.35
ค่ามาตรฐาน	>> 0.5	>> 0.5	>> 38	<< 4	>> 20	5.0-9.0
ผลการเปรียบเทียบ คุณภาพน้ำกับ ค่ามาตรฐาน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน

หมายเหตุ

>> = ไม่มากกว่า

<< = ไม่น้อยกว่า

จากตาราง 15 แสดงว่าคุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อนจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดต่างๆ 4 จุด โดยภาพรวม ตามค่าพารามิเตอร์ที่กำหนด ได้แก่ ฟอสเฟต แอมโมเนีย อุณหภูมิ ดีไอ บีโอดี และความเป็นกรด-ด่าง มีค่าเท่ากับ 0.92 มิลลิกรัม/ลิตร, 0.06 มิลลิกรัม/ลิตร, 30.88 องศาเซลเซียส, 3.42 มิลลิกรัม/ลิตร, 28.61 มิลลิกรัม/ลิตร และ 6.35 โดยผลการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) และค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พบว่า แอมโมเนีย อุณหภูมิ และความเป็นกรด-ด่าง เป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนด ส่วนฟอสเฟต ดีไอ และบีโอดี ไม่เป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนด

## ตอนที่ 2 การพัฒนาบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้พัฒนามาจากบทปฏิบัติการของสนอง ทองปาน (2540) และ วรวัฒน์ ทิพย์จ้อย (2551) ซึ่งการพัฒนาครั้งนี้ ได้บทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น 5 บท ดังนี้

- 1) บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น
- 2) บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ
- 3) บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี
- 4) บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ
- 5) บทปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง การปรับปรุงคุณภาพน้ำ

ผู้วิจัยได้นำบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ตรวจสอบประเมินคุณภาพโดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของกิจกรรมกับเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5-1.0 เป็นเกณฑ์กำหนดคุณภาพของบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้น รายละเอียดดังตาราง 16

ตาราง 16 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของกิจกรรมกับเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น โดยภาพรวม

บทปฏิบัติการที่	ชื่อกิจกรรม	IOC	IOC โดยภาพรวม	เกณฑ์มาตรฐาน IOC
1	การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น	0.93	0.90	0.5-1.0
2	การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ	0.86		
3	การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี	0.86		
4	การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ	0.93		
5	การปรับปรุงคุณภาพน้ำ	0.90		

จากตาราง 16 แสดงว่าค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดประสงค์ของกิจกรรมกับเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น ของกิจกรรมที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.93 กิจกรรมที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.86 กิจกรรมที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0.86 กิจกรรมที่ 4 มีค่าเท่ากับ 0.93 และกิจกรรมที่ 5 มีค่าเท่ากับ 0.90 ในส่วนของค่า IOC โดยภาพรวมทั้งฉบับของบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น มีค่าเท่ากับ 0.90 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน IOC ที่กำหนด

## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิเคราะห์คุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อนในครั้งนี้ เป็นกรณีศึกษาเพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการ วิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น โดยผู้วิจัยได้เก็บตัวอย่างน้ำในคลองแจรงร้อนแล้วทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำตามค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดและพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการ ซึ่งสามารถสรุปสาระสำคัญได้ ดังนี้

#### ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคูณภาพน้ำตามค่าพารามิเตอร์ 6 ค่า ได้แก่ ฟอสเฟต แอมโมเนีย อุณหภูมิ ดีไอพีไอดี และความเป็นกรด-ด่าง
2. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำที่ได้จากค่าพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษากับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) และค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
3. เพื่อเสนอแนวทางในการพัฒนาบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น สำหรับนักเรียน ช่วงชั้นที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน และในแต่ละขั้นตอนได้ดำเนินการ ดังนี้

##### ตอนที่ 1 การศึกษาคูณภาพน้ำในคลองแจรงร้อน

1. กำหนดจุดในการเก็บตัวอย่างน้ำ จำนวน 4 จุด
2. เก็บตัวอย่างน้ำโดยใช้ขวดน้ำพลาสติก ปริมาตร 600 มิลลิลิตร
3. เก็บตัวอย่างน้ำลึกจากผิวน้ำ ประมาณ 15 เซนติเมตร ในแต่ละจุดบรรจุใส่ขวดปริมาตร 600 มิลลิลิตร ซึ่งเก็บตัวอย่างน้ำสัปดาห์ละ 3 ครั้ง คือ วันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ ตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 11.00 น. รวมระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 8 สัปดาห์ รวมจำนวนทั้งหมด 24 ตัวอย่าง
4. การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำในส่วนของคุณค่าฟอสเฟต แอมโมเนีย อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง และค่าดีไอพี จะทำการตรวจวัดทันที ส่วนค่าพีไอดี จะทำการตรวจวัดที่ห้องปฏิบัติการของสถาบันสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

5. เมื่อเก็บตัวอย่างน้ำในแต่ละจุดของคลองแจรงร้อนเรียบร้อยแล้ว จดรายละเอียดต่างๆ ได้แก่ วัน เดือน ปี และเวลาที่เก็บ ไว้ที่ข้างขวดแล้วนำมาเก็บในถังพลาสติกบรรจุน้ำแข็งเพื่อนำไปตรวจวิเคราะห์ค่าบีโอดีในห้องปฏิบัติการ

6. การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการจะกระทำภายในเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากเก็บตัวอย่างน้ำเรียบร้อยแล้ว

## ตอนที่ 2 การพัฒนาบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น

1. ศึกษาเนื้อหาจากหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มาตรฐานการเรียนรู้ ช่วงชั้นที่ 3 เรื่องน้ำเสีย และศึกษาเนื้อหาการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นและการบำบัดน้ำเสีย

2. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับแนวทางการพัฒนาการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษา และการสร้างบทปฏิบัติการ

3. ยก่างบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น มี 5 บท คือ บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่องการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่องการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่องการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ และบทปฏิบัติการที่ 5 เรื่องการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

4. บทปฏิบัติการแต่ละบทมีองค์ประกอบ ดังนี้ 1) ชื่อบทปฏิบัติการ 2) ใ้ความรู้ 3) หลักการ 4) จุดประสงค์ 5) เวลาที่ใช้ 6) สารเคมีและอุปกรณ์ 7) วิธีการทดลอง 8) แบบรายงานผลการทดลอง และ 9) คำถามท้ายบทปฏิบัติการ

5. ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น

## การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

1. คุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อน วิเคราะห์ข้อมูลโดยการพรรณนาข้อมูลจากค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) และค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

2. การพัฒนาบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของกิจกรรมกับเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น ซึ่งมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 0.5-1.0

## สรุปผลการวิจัย

### 1. คุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อน

1.1 ฟอสเฟต จากการวิจัยพบว่า ค่าฟอสเฟตของน้ำในคลองแจรงร้อนจุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.89 มิลลิกรัม/ลิตร จุดที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.88 มิลลิกรัม/ลิตร จุดที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.91 มิลลิกรัม/ลิตร และจุดที่ 4 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 มิลลิกรัม/ลิตร โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.92 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่กำหนดว่า มาตรฐานคุณภาพน้ำในการเลี้ยงสัตว์น้ำ ฟอสเฟตมีค่าไม่มากกว่า 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่า โดยภาพรวมค่าฟอสเฟตของน้ำในคลองแจรงร้อนไม่เป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนด

1.2 แอมโมเนีย จากการวิจัยพบว่า ค่าแอมโมเนียของน้ำในคลองแจรงร้อนจุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.06 มิลลิกรัม/ลิตร จุดที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.06 มิลลิกรัม/ลิตร จุดที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร และจุดที่ 4 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.06 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ที่กำหนดว่า มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน แอมโมเนียมีค่าไม่มากกว่า 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่า โดยภาพรวมค่าแอมโมเนียของน้ำในคลองแจรง เป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนด

1.3 อุณหภูมิ จากการวิจัยพบว่า ค่าอุณหภูมิของน้ำในคลองแจรงร้อนจุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.68 องศาเซลเซียส จุดที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.89 องศาเซลเซียส จุดที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.98 องศาเซลเซียส และจุดที่ 4 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.04 องศาเซลเซียส โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.88 องศาเซลเซียส เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ที่กำหนดว่า มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน อุณหภูมิมีค่าไม่มากกว่า 38 องศาเซลเซียส พบว่า โดยภาพรวมค่าอุณหภูมิของน้ำในคลองแจรงร้อน เป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนด

1.4 ดีไอ จากการวิจัยพบว่า ค่าดีไอของน้ำในคลองแจรงร้อนจุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 มิลลิกรัม/ลิตร จุดที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.29 มิลลิกรัม/ลิตร จุดที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.11 มิลลิกรัม/ลิตร และจุดที่ 4 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.81 มิลลิกรัม/ลิตร โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.42 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ที่กำหนดว่า มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ดีไอมีค่าไม่น้อยกว่า 4 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่า โดยภาพรวมค่าดีไอของน้ำในคลองแจรงร้อน ไม่เป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนด

1.5 บีโอดี จากการวิจัยพบว่า ค่าบีโอดีของน้ำในคลองแจรงร้อนจุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.17 มิลลิกรัม/ลิตร จุดที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.78 มิลลิกรัม/ลิตร จุดที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.88 มิลลิกรัม/ลิตร และจุดที่ 4 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 39.63 มิลลิกรัม/ลิตร โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.61 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ตามประกาศกระทรวงทรัพยากร ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่กำหนดว่า มาตรฐานคุณภาพน้ำในการเลี้ยงสัตว์น้ำ บีโอดีไม่มากกว่า 20 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่า โดยภาพรวมค่าบีโอดีของน้ำในคลองแจรงร้อน ไม่เป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนด

1.6 ความเป็นกรด-ด่าง จากการวิจัยพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในคลองแจรงร้อนจุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.31 จุดที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.42 จุดที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.25 จุดที่ 4 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.43 และโดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.35 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ที่กำหนดว่า มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ความเป็นกรด-ด่างมีค่าระหว่าง 5.0-9.0 พบว่า โดยภาพรวมค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในคลองแจรงร้อน เป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนด

## 2. การพัฒนาบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น

บทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น มีค่าค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดประสงค์ของกิจกรรมกับเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้นโดยภาพรวม มีค่าเท่ากับ 0.90 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน IOC ที่กำหนดคือ ตั้งแต่ 0.5-1.0

## การอภิปรายผล

### 1. อภิปรายผลการศึกษาคุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อน

1.1 ฟอสเฟต ค่าฟอสเฟตเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อนจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดต่างๆ 4 จุด โดยภาพรวมไม่เป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนด ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากน้ำในคลองแจรงร้อนไหลผ่านชุมชนต่างๆ อย่างต่อเนื่องทำให้รับสิ่งปฏิกูลจากครัวเรือนโดยเฉพาะน้ำทิ้งจากการซักล้างโดยผงซักฟอกซึ่งใช้ฟอสเฟตเป็นสารเพิ่มประสิทธิภาพในการลดแรงตึงผิวของผ้า (มันรักษ์ ตันกุลเวศม์. 2545: 182) ประกอบกับช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำเป็นช่วงน้ำลง ความเข้มข้นของฟอสเฟตในน้ำจึงมีมาก แม้ว่าบางส่วนจะถูกพัดพาไปกับกระแสน้ำซึ่งไหลกลับสู่แม่น้ำเจ้าพระยากก็ตาม แต่สภาพโดยทั่วไปของคลองแจรงร้อนที่มีความคดเคี้ยว บางส่วนมีการสะสมของตะกอน และสิ่งปฏิกูลต่างๆ ส่งผลให้ฟอสเฟตไม่สามารถถูกพัดพาหรือชะล้างโดยกระแสน้ำให้อยู่ในค่ามาตรฐานที่กำหนดได้ นอกจากนี้ยังมีสาเหตุมาจากการในการเพิ่มผลผลิตในภาคเกษตรกรรมโดยใช้ปุ๋ยเคมี รวมถึงการถูก

ชะล้างของแร่ธาตุที่อยู่ในดิน ซึ่งหากฟอสฟอรัสมีปริมาณสูงจะกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชน้ำอย่าง รวดเร็ว จนเกิดปัญหามลพิษทางน้ำได้ (อรทัย ชาวลาภฤทธิ. 2538: 63)

1.2 แอมโมเนีย ค่าแอมโมเนียเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อนจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง 4 จุด โดยภาพรวมเป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนด ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากสารประกอบจำพวกโปรตีนถูก ปล่อยลงสู่คลองแจรงร้อนในปริมาณน้อย ส่งผลให้ปริมาณแอมโมเนียในน้ำมีน้อยเช่นกัน เนื่องจาก แอมโมเนียเกิดจากกระบวนการย่อยสลายสารประกอบจำพวกโปรตีน และสารประกอบที่มีไนโตรเจน เป็นองค์ประกอบ ดังนั้นแอมโมเนียจึงเป็นสารที่ส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำโดยเฉพาะกุ้ง และปลา โดยจะไปยับยั้งกระบวนการขนส่งก๊าซออกซิเจนทำให้เซลล์ต่างๆ ของสัตว์น้ำขาดออกซิเจนเพื่อนำไปใช้ ในกระบวนการสลายสารอาหารเพื่อการดำรงชีวิต นอกจากนี้ปริมาณแอมโมเนียยังขึ้นอยู่กับ การขับถ่ายของเสียจากสิ่งมีชีวิต รวมทั้งค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาคุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อนครั้งนี้ คือ ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ และออกซิเจนละลายในน้ำด้วย สอดคล้องกับมันลิน ตัณฑุลเวศม์. 2538: 42) กล่าวว่ามีปริมาณแอมโมเนียขึ้นอยู่กับความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ ของน้ำโดยเฉพาะ ความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำที่สูงขึ้นอัตราส่วนของแอมโมเนียจะสูงขึ้น ทำให้เกิดความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ มีมากขึ้น แต่ถ้าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำลงแอมโมเนียจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแอมโมเนียมไอออน ส่งผลให้ความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำลดลง สอดคล้องกับชนวนี จีใจ (2549: 10) กล่าวว่า ถ้าความเป็น กรด-ด่างของน้ำเท่ากับ 7.2 หรือต่ำกว่า แอมโมเนียเกือบทั้งหมดจะอยู่ในรูปของแอมโมเนียมไอออนซึ่ง มีพิษน้อย ส่งผลให้ค่าแอมโมเนียของน้ำในคลองแจรงร้อนเป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนด

1.3 อุณหภูมิ ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อนจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดต่างๆ 4 จุด โดยภาพรวมเป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนด ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากน้ำทิ้งที่ถูกปล่อยลงสู่ คลองแจรงร้อน ส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมต่างๆ ในครัวเรือนที่มีการใช้น้ำเป็นปัจจัยในการอุปโภค บริโภค ส่งผลให้ประโยชน์จากการใช้น้ำเมื่อเสร็จสิ้นกิจกรรมดังกล่าวลดน้อยลงจนกลายเป็นน้ำทิ้ง (กองจัดการ คุณภาพน้ำ. 2545: 1) ซึ่งอาจมีอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปจากธรรมชาติแต่ก็ไม่มากนักเมื่อเปรียบกับ อุณหภูมิของน้ำทิ้งจากแหล่งอุตสาหกรรม ทำให้ธรรมชาติสามารถบำบัดอุณหภูมิดังกล่าวให้ลดลงได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ ประกอบกับบริเวณที่มีการสำรวจมีความหลากหลายของ พรรณไม้ต่างๆ ในแง่ของชนิดและปริมาณค่อนข้างมากโดยเฉพาะต้นจากที่มีอยู่สองฝั่งคลองโดยตลอด ซึ่งสามารถลดความร้อนจากแสงแดดที่จะถ่ายเทลงสู่แหล่งน้ำได้ซึ่งเห็นชัดเจนจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำ จุดที่ 1 ที่มีค่าอุณหภูมิต่ำที่สุด นอกจากนี้ช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำอยู่ในช่วงเช้าทำให้การเก็บ สะสมความร้อนของน้ำยังมีไม่มากนัก ส่งผลให้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อนเป็นไปตามค่า มาตรฐานที่กำหนด

1.4 ดีไอ ค่าดีไอเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อนจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดต่างๆ 4 จุด โดยภาพรวมไม่เป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนด ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากมีสารอินทรีย์จำพวกโปรตีน ไนมัน และคาร์โบไฮเดรต ถูกปล่อยลงสู่คลองแจรงร้อนในปริมาณสูง ซึ่งสารดังกล่าวเกิดจากกิจกรรมต่างๆ ในครัวเรือน และชุมชน เช่น การชำระล้างสิ่งสกปรก การประกอบอาหาร รวมทั้งการทิ้งขยะ และสิ่งปฏิกูลต่างๆ ส่งผลให้ปริมาณสารอินทรีย์มีมากเกินไปเกินกำหนด ทำให้จุลินทรีย์ในน้ำใช้ออกซิเจนในการหายใจเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำจึงลดลงจนเกิดปัญหาน้ำเสียตามมา เพราะว่าออกซิเจนในน้ำที่มีปริมาณน้อยจะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ หรือทำให้จุลินทรีย์เสียชีวิตได้ (สุรพล สายพานิช. 2538: 186) ซึ่งหมายความว่าปริมาณสารอินทรีย์จะสะสมอยู่ในน้ำมากขึ้น ซึ่งนอกจากสารอินทรีย์ที่กล่าวข้างต้น ความขุ่น อุณหภูมิ ปริมาณสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ และอัตราการไหลของกระแสน้ำก็มีผลต่อการเพิ่มขึ้น และลดลงของค่าดีไอเช่นกัน จากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำในแต่ละจุด พบว่า จุดที่ 1 และจุดที่ 2 ค่าดีไอสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด เนื่องจากจุดดังกล่าวมีอัตราการไหลของน้ำค่อนข้างสูงเพราะเป็นจุดเชื่อมต่อกับแม่น้ำเจ้าพระยา และน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาก็สามารถเจือจางปริมาณสารอินทรีย์ให้ลดน้อยลงได้ ประกอบกับจุดดังกล่าวอุณหภูมิของน้ำอยู่ในค่ามาตรฐานที่กำหนด ซึ่งส่งผลต่ออัตราการแพร่ของออกซิเจนในอากาศลงสู่แหล่งน้ำเพิ่มมากขึ้น ส่วนในจุดที่ 3 และจุดที่ 4 ค่าดีไอต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด โดยเฉพาะในจุดที่ 4 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.81 มิลลิกรัม/ลิตร เนื่องจากอยู่บริเวณที่มีชุมชนอยู่อย่างหนาแน่นทำให้มีสิ่งปฏิกูลต่างๆ ถูกปล่อยลงสู่คลองแจรงร้อนในปริมาณมาก และที่สำคัญจุดดังกล่าวอยู่ห่างจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 1 ประมาณ 2 กิโลเมตร ประกอบกับลำคลองมีความแคบทำให้สารอินทรีย์ส่วนใหญ่ไม่สามารถไหลออกสู่น้ำเจ้าพระยาได้ จึงเกิดการตกค้างอยู่ในจุดดังกล่าวในปริมาณมาก ส่งผลให้ค่าดีไอของน้ำในคลองแจรงร้อนไม่เป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนด

1.5 บีโอดี ค่าบีโอดีเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อนจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดต่างๆ 4 จุด โดยภาพรวมไม่เป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนด ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำถูกใช้โดยจุลินทรีย์ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ ซึ่งหมายความว่าปริมาณสารอินทรีย์ที่สะสมอยู่ในน้ำจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดต่างๆ หากมีปริมาณมากก็จะทำให้ค่าบีโอดีสูงส่งผลให้น้ำมีความสกปรกมากขึ้น สอดคล้องกับชันทวนี จิใจ (2549: 58) กล่าวว่า ค่าบีโอดีเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงความสกปรกของน้ำ และเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหามลพิษในแหล่งน้ำ ซึ่งจากการวิเคราะห์ค่าบีโอดีในห้องปฏิบัติการ พบว่า บีโอดีของน้ำในแต่ละจุดสูงเกินกว่าที่ค่ามาตรฐานกำหนดไว้เป็นอย่างมากเนื่องจากการทิ้งสิ่งปฏิกูลต่างๆ ลงในน้ำอย่างต่อเนื่องจนทำให้จุลินทรีย์ในแหล่งน้ำไม่สามารถบำบัดให้เข้าสู่ภาวะปกติได้ โดยเฉพาะในจุดที่ 4 ซึ่งค่าบีโอดีสูงสุดอยู่ที่ 32.55 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำบริเวณนี้จึงมีสีดำ ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำสูง และมีความขุ่นค่อนข้างมากทำให้ขัดขวางการ

แพร่ของออกซิเจนในอากาศลงสู่แหล่งน้ำ ประกอบกับช่วงเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่างเป็นช่วงเวลาน้ำลง ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์จึงมีมาก ส่งผลให้ค่าบีโอดีของน้ำในคลองแจรงร้อนไม่เป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนด

1.6 ความเป็นกรด-ด่าง ค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อนจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดต่างๆ 4 จุด โดยภาพรวมเป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนด ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ในน้ำทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ซึ่งก๊าซดังกล่าวสามารถทำปฏิกิริยากับน้ำได้เป็นกรดคาร์บอนิก ( $H_2CO_3$ ) ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยของน้ำในคลองแจรงร้อนมีสภาพเป็นกรดอ่อน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.32 ปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำมีสภาพดังกล่าวเนื่องจากมีสารเคมีซึ่งมีสภาพเป็นด่างละลายปนเปื้อนอยู่ในน้ำ เช่น สารเคมีจากสบู่ และผงซักฟอก เป็นต้น ซึ่งสามารถลดความรุนแรงของสภาพกรดได้ สอดคล้องกับเกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ (2539: 139) กล่าวว่า สารเคมีที่ใช้ในการปรับความเป็นกรด-ด่างของน้ำให้สูงขึ้นคือสารที่มีสภาพเป็นด่าง ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในคลองแจรงร้อนเป็นไปตามค่ามาตรฐานที่กำหนด

## 2. อภิปรายผลการพัฒนาบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น

บทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น มีค่าค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดประสงค์ของกิจกรรมกับเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้นโดยภาพรวม มีค่าเท่ากับ 0.90 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน IOC ที่กำหนด ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากสาเหตุต่างๆ ดังนี้ ประการแรก บทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น ที่พัฒนามีข้อมูลพื้นฐานมาจากการศึกษาคุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อน และการทดลองในห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม โดยผู้วิจัยได้เล็งเห็นคุณค่า และความสำคัญของอนุรักษ์น้ำตลอดจนการนำวัสดุอุปกรณ์ สารเคมีที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์เหมาะสมกับสภาพการณ์ปัจจุบันที่ว่าทุกสิ่งทุกอย่างรอบตัวสามารถประกอบเป็นสื่อการเรียนการสอนเพื่อเพิ่มศักยภาพ และประสบการณ์ให้เกิดขึ้นกับตัวผู้เรียนได้

ประการที่สอง บทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น ที่พัฒนาขึ้นผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนของการพัฒนาบทปฏิบัติการ โดยเริ่มจากการศึกษาเนื้อหาจากหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เนื้อหาการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นและการบำบัดน้ำเสีย เอกสารเกี่ยวกับแนวทางการพัฒนาการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษาและการสร้างบทปฏิบัติการ จากนั้นผู้วิจัยได้ยกร่างบทปฏิบัติการ จากบทปฏิบัติการของสนอง ทองปาน (2540) และวรรณิ์ ทิพจ้อย (2551) ซึ่งผู้วิจัยได้มีการปรับปรุง และพัฒนาในส่วนขององค์ประกอบของบทปฏิบัติการ ตลอดจนคุณสมบัติต่างๆ ของบทปฏิบัติการให้มีความต่อเนื่อง สมบูรณ์ และมีความชัดเจนยิ่งขึ้น สามารถในการนำไปใช้ในการจัดการ

เรียนการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษาในโรงเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงความเหมาะสมและสภาพกับสภาพของผู้เรียนเป็นสำคัญ

ประการที่สาม บทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น ที่พัฒนาขึ้นได้ผ่านการเสนอต่อประธาน และคณะกรรมการผู้ควบคุมปริญญาโท จากนั้นนำข้อมูลมาปรับแก้ตามข้อเสนอแนะ เพื่อให้บทปฏิบัติการมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในภาพรวมของบทปฏิบัติการที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเองผ่านกระบวนการจัดการเรียนการสอนอย่างมีระบบ เกี่ยวกับการตรวจสอบคุณภาพน้ำ การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีการต่างๆ ตลอดจนแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น มุ่งเน้นให้นักเรียนมีความรับผิดชอบร่วมกัน สร้างความตระหนักต่อการการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ ปลูกฝังจิตสำนึกต่อการดูแลรักษาทรัพยากรน้ำให้อยู่คู่กับชุมชน ท้องถิ่น และประเทศชาติต่อไป

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ส่งผลให้บทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น มีค่าค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดประสงค์ของกิจกรรมกับเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้นโดยภาพรวม เท่ากับ 0.90 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน IOC ที่กำหนด

## ข้อเสนอแนะ

### 1. ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการศึกษาคุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อน

#### 1.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป

- 1) การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำมาตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการควรปฏิบัติตามหลักและวิธีการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำอย่างละเอียด
- 2) การนำเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยไปใช้ตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำควรมีการทดสอบก่อนนำไปใช้จริงเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนของผลการวิจัย
- 3) การนำผลการศึกษาคุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อนไปใช้อ้างอิงในกรณีต่างๆ ควรศึกษาวิธีการดำเนินการวิจัยให้ชัดเจน เช่น วิธีเก็บตัวอย่างน้ำ และระยะทางในการเก็บตัวอย่างน้ำ เป็นต้น

#### 1.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

- 1) ควรกำหนดจุดในการเก็บตัวอย่างน้ำให้ครอบคลุมตลอดความยาวของคลองแจรงร้อน
- 2) ควรศึกษาคุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อนเปรียบเทียบกับระหว่างช่วงเวลาน้ำขึ้น และช่วงเวลาน้ำลงเพื่อให้ทราบค่าพารามิเตอร์สูงสุด และต่ำสุดจากการเก็บตัวอย่างน้ำแต่ละวัน
- 3) ควรศึกษาคุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อนในค่าพารามิเตอร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ของแข็งแขวนลอย และน้ำมันหรือไขมันบนผิวน้ำ เป็นต้น

## 2. ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการพัฒนาทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น

### 2.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป

1) การนำทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น ไปใช้ในการเรียนการสอนครูผู้สอน ควบคู่ศึกษาและทำการทดลองด้วยตนเองเพื่อให้ได้ผลการทดลองทุกครั้ง นอกจากนี้เมื่อนำทปฏิบัติการ ไปใช้กับนักเรียนครูควรชี้แจง แนะนำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในขั้นตอนต่างๆ ที่ต้องปฏิบัติเพื่อความ รวดเร็ว และถูกต้องของการทดลอง

2) การนำทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น ไปใช้โดยครูผู้สอนหรือผู้ที่สนใจ ควบคู่ศึกษารายละเอียดของทปฏิบัติการให้ชัดเจน เพื่อจะได้ให้คำแนะนำนักเรียนได้อย่างถูกต้องและ เกิดประสิทธิภาพในการเรียนการสอนมากยิ่งขึ้น

3) การนำทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น ไปใช้ในการเรียนการสอนควรมี การปรับปรุงรูปแบบกิจกรรมหรือแก้ไข ดัดแปลงให้มีความสอดคล้องกับสภาพการณ์ของท้องถิ่นเพื่อให้ นักเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ทางการศึกษาและสิ่งแวดล้อมให้มากที่สุด

### 2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรหาประสิทธิภาพของทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น ตามเกณฑ์ 80/80 ก่อนนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน

2) ควรนำทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น ไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่ม ตัวอย่างในช่วงชั้นที่ 3 เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้น

3) ควรใช้ทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น เป็นแนวทางในการทำโครงการ สิ่งแวดล้อมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

4) ในกระบวนการวิจัยเมื่อต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจพิจารณาความตรงของ เครื่องมือ ควรกำหนดผู้เชี่ยวชาญให้สอดคล้องกับธรรมชาติของเครื่องมือ ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญ ด้านวิชาเฉพาะทาง (สิ่งแวดล้อม) ด้านหลักสูตรและการสอน (การศึกษา) และด้านการวิจัย (ตามระเบียบ วิธีที่ใช้)



บรรณานุกรม

## บรรณานุกรม

- กรกนก พรหมเทพ และอุตสาห์ ขอดทอง. (2542). การศึกษาปริมาณฟอสเฟตในแม่น้ำเจ้าพระยา จากสะพานสมเด็จพระปิ่นเกล้าถึงสะพานสมเด็จพระเจ้าตากสิน. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2547). ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน. สืบค้นเมื่อ 26 เมษายน 2552 จาก <http://www.pcd.go.th>.
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2535). พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. สืบค้นเมื่อ 26 เมษายน 2552 จาก <http://www.deqp.go.th>
- กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2537). คู่มือตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- กรรณิการ์ สิริสิงห. (2525). เคมีน้ำโสโครกและการวิเคราะห์. กรุงเทพฯ: บริษัทประยูรวงศ์การพิมพ์ จำกัด.
- \_\_\_\_\_. (2545). เคมีของน้ำโสโครกและการวิเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: วิชาการพิมพ์.
- กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ. (2545). น้ำเสียชุมชนและระบบบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.
- เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. (2539). การบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพฯ: มิตรนราการพิมพ์.
- เกษม จันทร์แก้ว. (2541). เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จำรัส อินทลาภาพร. (2545). การพัฒนาบทปฏิบัติการเรื่อง การตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์นม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรินูญานินท์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชันวานี จิใจ. (2549). การบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์ยัดเกาะตัวกลางชนิดเส้นใยในลอนโดยระบบ ถังไร้ออกซิเจน. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- ทวีพร เนียมมาลัย และคณะ. (2545). คุณภาพน้ำในแม่น้ำเพชรบุรี. สืบค้นเมื่อ 26 เมษายน 2552 จาก <http://psc.pbru.ac.th>.
- ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และคณะ. (2525). น้ำเสียชุมชนและปัญหามลภาวะทางน้ำในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและพลังงาน.

- ธนวรรธน์ โสมน้อย. (2548). การพัฒนาบทปฏิบัติการเรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2528). การพัฒนาหลักสูตรและการสอน. มหาสารคาม: ภาควิชาพื้นฐาน การศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม.
- ประมาณ พรหมสุทธิรักษ์. (2542). การศึกษาคุณสมบัติของน้ำชายฝั่งทะเลศรีราชาที่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากอิทธิพลน้ำทิ้งจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง. รายงานผลการวิจัย เรื่องการศึกษา สภาพน้ำเน่าเสียที่มีผลต่อสัตว์น้ำและการเปลี่ยนแปลงที่อ่าวศรีราชา. กรุงเทพฯ: คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ประวิตร ชูศิลป์. (2524). หลักการประเมินผลวิทยาศาสตร์แผนใหม่. เอกสารการนิเทศการศึกษา ฉบับที่ 233 หน่วยศึกษานิเทศก์. กรุงเทพฯ: กรมฝึกหัดครู.
- พรทิพย์ วงษ์นาป่า. (2548). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง การสกัดและแยกสารประกอบ เซนโทนจากผลมังคุด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดจันทบุรี. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พันศักดิ์ สายแสงจันทร์. (2544). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคนิคการแยกสารสำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ไพฑูริย์ สีนลาร์ตน์. (2523). หลักและวิธีการสอนระดับอุดมศึกษา. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- มันลิน ตันกุลเวศม์. (2538). เทคนิคการบำบัดน้ำเสีย. ใน การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย. หน้า 38-47. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มันรัช ตันกุลเวศม์. (2545). คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไมตรี คงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ. (2528). คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัย ประมง. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- ลัดดาวัลย์ กัณหสุวรรณ. (2535). คู่มือพัฒนาการสอนสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พรีนติ้งเฮ้าส์.
- วรวัฒน์ ทิพจ้อย. (2551). การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนเพื่อ พัฒนาบทปฏิบัติการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วีระ ตั้งชวาล. (2545). เคมีของน้ำและการบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- สนอง ทองปาน. (2540). *การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้พลังงานในตัวเอง บำบัดตัวเอง: กรณีศึกษาเพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้สัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมศึกษา*. ปริญญาานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สมจิต สวธน์ไพบูลย์. (2541). *เอกสารคำสอนวิชา กว.571 การประชุมปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สำนักงานเขตราชบุรีบูรณะ. (2552). *ลักษณะพื้นที่เขตและข้อมูลเบื้องต้น*. สืบค้นเมื่อ 28 เมษายน 2552 จาก <http://203.155.220.217/ratburana>.
- สุรพล วิทศไพบูลย์. (2543). *การพัฒนาบทปฏิบัติการเรื่อง การบำบัดน้ำเสีย สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุรพล สายพานิช. (2538). ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Activated Sludge. ใน *การควบคุมดูแลระบบ บำบัดน้ำเสีย*. หน้า 151-231. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวัฒน์ นิยมคำ. (2517). *การสอนวิทยาศาสตร์แบบพัฒนาความคิด*. กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.
- อรทัย ชวาลภาฤทธิ์. (2538). เคมีวิทยาของน้ำเสีย. ใน *การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย*. หน้า 62-100. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัมพร กรุดวงษ์. (2548). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง พลังงานความร้อนสำหรับนักเรียน ช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดนครปฐม*. ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- Fair and other. (1967). *Waste and Wastewater Engineering*. New York.





ภาคผนวก ก

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในคลองแจ่งร้อน

ตาราง 17 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อน จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดต่างๆ 4 จุด

วัน เดือน ปี ที่ทดลอง	จุดเก็บน้ำ จุดที่	พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์					
		ฟอสเฟต (mg/l)	แอมโมเนีย (mg/l)	อุณหภูมิ (°C)	ดีไอ (mg/l)	บีโอดี (mg/l)	กรด-ด่าง
2 มี.ค. 52	1	1.0	0.06	30.7	5.05	17.29	6.18
	2	1.0	0.06	30.9	4.40	23.02	6.22
	3	1.0	0.03	31.0	3.36	28.59	6.21
	4	1.0	0.06	31.0	1.84	42.16	6.18
4 มี.ค. 52	1	0.5	0.06	30.6	3.89	24.30	6.10
	2	1.0	0.06	30.8	3.33	28.63	6.25
	3	1.0	0.06	31.1	3.27	28.96	6.20
	4	1.0	0.06	31.2	2.03	32.55	6.25
6 มี.ค. 52	1	1.0	0.06	30.6	4.99	17.55	6.18
	2	1.0	0.06	30.9	4.47	21.13	6.59
	3	1.0	0.06	31.0	3.27	28.98	6.15
	4	1.0	0.06	30.9	1.78	41.33	6.28
9 มี.ค. 52	1	1.0	0.06	30.8	2.83	18.49	6.29
	2	1.0	0.06	30.9	4.53	22.39	6.60
	3	1.0	0.06	31.0	3.22	28.28	6.19
	4	1.0	0.03	31.0	1.88	42.23	6.22
11 มี.ค. 52	1	1.0	0.06	30.7	4.77	20.73	6.24
	2	0.5	0.06	30.9	4.41	23.08	6.45
	3	1.0	0.03	31.1	3.32	29.47	6.20
	4	1.0	0.06	31.0	2.13	32.94	6.38
13 มี.ค. 52	1	0.5	0.06	30.9	4.35	23.12	6.29
	2	1.0	0.06	30.9	4.60	25.02	6.40
	3	1.0	0.03	31.0	3.32	28.04	6.28
	4	1.0	0.06	30.9	1.78	41.35	6.20

ตาราง 17 (ต่อ)

วัน เดือน ปี ที่ทดลอง	จุดเก็บน้ำ จุดที่	พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์					
		ฟอสเฟต (mg/l)	แอมโมเนีย (mg/l)	อุณหภูมิ (°C)	ดีไอ (mg/l)	บีโอดี (mg/l)	กรด-ด่าง
16 มี.ค. 52	1	1.0	0.06	30.6	3.91	23.90	6.15
	2	0.5	0.06	31.0	4.68	21.11	6.58
	3	1.0	0.03	31.0	3.23	29.61	6.28
	4	1.0	0.06	30.9	2.20	33.78	6.55
18 มี.ค. 52	1	1.0	0.06	30.8	4.88	18.14	6.25
	2	1.0	0.06	30.9	3.70	25.48	6.60
	3	1.0	0.03	31.0	3.20	29.78	6.20
	4	1.0	0.06	31.1	1.78	41.31	6.50
20 มี.ค. 52	1	0.5	0.06	30.9	4.92	18.57	6.28
	2	1.0	0.06	30.8	4.43	22.02	6.38
	3	1.0	0.06	31.0	3.15	30.22	6.69
	4	1.0	0.06	30.8	1.74	41.69	6.55
23 มี.ค. 52	1	0.5	0.06	30.2	4.77	20.55	6.22
	2	1.0	0.06	30.9	4.71	20.29	6.65
	3	1.0	0.06	30.9	3.21	29.39	6.18
	4	1.0	0.03	31.0	1.76	41.48	6.55
25 มี.ค. 52	1	0.5	0.06	30.6	5.08	14.27	6.24
	2	1.0	0.06	30.8	4.70	21.52	6.35
	3	1.0	0.06	31.1	2.74	33.14	6.23
	4	1.0	0.03	31.1	1.47	39.38	6.69
27 มี.ค. 52	1	1.0	0.06	30.8	4.98	17.61	7.02
	2	1.0	0.06	31.1	4.69	21.63	6.25
	3	1.0	0.03	30.9	3.30	28.04	6.25
	4	1.0	0.03	31.2	1.63	40.81	6.60

ตาราง 17 (ต่อ)

วัน เดือน ปี ที่ทดลอง	จุดเก็บน้ำ จุดที่	พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์					
		ฟอสเฟต (mg/l)	แอมโมเนีย (mg/l)	อุณหภูมิ (°C)	ดีไอ (mg/l)	บีโอดี (mg/l)	กรด-ด่าง
30 มี.ค. 52	1	1.0	0.06	30.6	4.85	18.44	6.25
	2	0.5	0.06	30.6	4.55	21.84	6.21
	3	1.0	0.03	30.9	2.56	32.42	6.30
	4	1.0	0.03	31.1	1.79	41.27	6.50
1 เม.ย. 52	1	1.0	0.06	30.7	4.47	20.84	6.36
	2	1.0	0.06	30.9	3.71	25.48	6.22
	3	1.0	0.06	31.0	2.34	31.96	6.21
	4	1.0	0.03	30.9	1.76	41.52	6.48
3 เม.ย. 52	1	1.0	0.06	30.9	3.85	24.66	6.21
	2	0.5	0.06	30.9	4.36	23.12	6.25
	3	1.0	0.06	31.0	3.15	30.21	6.19
	4	1.0	0.03	31.2	1.82	42.04	6.15
6 เม.ย. 52	1	1.0	0.06	30.8	3.99	23.55	6.35
	2	1.0	0.06	30.9	4.32	24.01	6.50
	3	0.5	0.06	30.8	3.22	29.44	6.80
	4	1.0	0.06	31.0	2.07	32.89	6.30
8 เม.ย. 52	1	1.0	0.06	30.4	3.84	24.84	6.20
	2	1.0	0.06	31.0	4.39	23.28	6.38
	3	1.0	0.06	31.0	3.20	29.41	6.15
	4	1.0	0.03	31.0	1.78	41.33	6.20
10 เม.ย. 52	1	1.0	0.06	31.4	4.68	21.02	6.30
	2	1.0	0.06	30.9	4.35	24.11	6.30
	3	1.0	0.03	31.0	2.58	32.31	6.19
	4	1.0	0.03	31.1	1.78	41.34	6.24

ตาราง 17 (ต่อ)

วัน เดือน ปี ที่ทดลอง	จุดเก็บน้ำ จุดที่	พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์					
		ฟอสเฟต (mg/l)	แอมโมเนีย (mg/l)	อุณหภูมิ (°C)	ดีไอ (mg/l)	บีโอดี (mg/l)	กรด-ด่าง
13 เม.ย. 52	1	1.0	0.06	30.2	3.87	24.52	7.00
	2	1.0	0.06	30.8	4.55	22.38	6.50
	3	1.0	0.03	31.0	2.70	31.10	6.22
	4	1.0	0.06	31.2	1.70	41.87	6.38
15 เม.ย. 52	1	1.0	0.03	30.2	4.00	23.49	6.25
	2	0.5	0.06	31.0	4.38	23.01	6.48
	3	1.0	0.06	30.8	3.35	28.62	6.14
	4	1.0	0.06	31.1	1.84	42.18	6.15
17 เม.ย. 52	1	1.0	0.03	30.6	4.43	22.49	6.29
	2	1.0	0.03	31.0	3.90	23.92	6.59
	3	1.0	0.06	31.1	3.25	29.48	6.21
	4	1.0	0.06	31.1	2.15	33.15	6.20
20 เม.ย. 52	1	1.0	0.03	30.6	4.40	23.02	6.35
	2	0.5	0.06	30.8	4.39	23.06	6.65
	3	1.0	0.06	31.0	3.17	30.77	6.25
	4	1.0	0.06	31.1	1.76	41.54	6.28
22 เม.ย. 52	1	1.0	0.06	30.9	4.38	23.08	6.25
	2	1.0	0.06	30.8	4.38	23.13	6.40
	3	1.0	0.03	30.9	3.26	29.47	6.15
	4	1.0	0.06	31.1	1.52	40.32	6.22
24 ก.พ. 52	1	1.0	0.03	30.8	3.94	23.66	6.30
	2	1.0	0.03	30.9	3.35	28.41	6.38
	3	1.0	0.03	31.0	3.25	29.51	6.20
	4	1.0	0.06	31.0	1.64	40.71	6.12



## ภาคผนวก ข

วิธีเตรียมสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์หาค่าบีโอดี



## วิธีเตรียมสารเคมีเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD) ด้วยวิธีเอไซด์โมดิฟิเคชัน (Azide Modification)

วิธีการเตรียมสารเคมีเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาค่าบีโอดี มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต ละลายโพแทสเซียมไดโครเมต 0.0250 นอร์มัลที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง จำนวน 1.226 กรัมต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร
2. สารละลายบัฟเฟอร์ ละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) 8.5 ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรต ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) 33.4 กรัม ไดโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ( $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ) 21.75 กรัม และ แอมโมเนียคลอไรด์ ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) 1.7 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร แล้วเจือจางจนได้ปริมาตร 1 ลิตร
3. สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต ละลายแมกนีเซียมซัลเฟตเฮปตะไฮเดรต ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) จำนวน 22.5 กรัมในน้ำกลั่นแล้วเจือจางได้ปริมาตร 1 ลิตร
4. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ละลายแคลเซียมคลอไรด์ปราศจากน้ำ (Anhydrous  $\text{CaCl}_2$ ) 27.5 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางจนได้ปริมาตร 1 ลิตร
5. สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ ละลายเฟอร์ริกคลอไรด์เฮกซะไฮเดรต ( $\text{FeCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) จำนวน 0.25 กรัม แล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร
6. สารละลายแมงกานีสซัลเฟต ละลายแมงกานีสซัลเฟตโมโนไฮเดรต ( $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) 364 กรัม หรือแมงกานีสซัลเฟตเตตราไฮเดรต ( $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) 480 กรัม หรือแมงกานีสซัลเฟตไดไฮเดรต ( $\text{MnSO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 400 กรัม ในน้ำกลั่น กรองแล้วเจือจางจนได้ปริมาตร 1 ลิตร
7. สารละลายอัลคาไล-ไอโอดด์-เอไซด์ (Alkali-Iodide-Azide reagent) ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{NaOH}$ ) 500 กรัม (หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 700 กรัม) และโซเดียมไอโอดด์ ( $\text{NaI}$ ) 135 กรัม (หรือโพแทสเซียมไอโอดด์ 150 กรัม) ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางจนได้ปริมาตร 1 ลิตรและละลายโซเดียมเอไซด์ ( $\text{NaN}_3$ ) 10 กรัม ในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร แล้วเติมลงในสารละลายข้างต้น
8. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (36 นอร์มัล)
9. น้ำแป้ง ละลายแป้ง 5 กรัม ในน้ำต้ม 800 มิลลิลิตร เติมน้ำให้ได้ 1 ลิตร ต้มให้เดือด 2-3 นาที ตั้งค้ำคืนใช้น้ำใส เติมกรดซาลิไซลิก (Salicylic acid) 1.25 กรัม ต่อน้ำแป้ง 1 ลิตร
10. สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.1 นอร์มัล ละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตเพนตะไฮเดรต ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) จำนวน 24.82 กรัมในน้ำต้มที่เย็นแล้ว เติมน้ำได้ปริมาตร 1 ลิตร เก็บรักษาโดยการเติมคลอโรฟอร์ม 5 มิลลิลิตร หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 กรัมต่อสารละลาย 1 ลิตร

11. สารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.0250 นอร์มัล เตรียมโดยเจือจางสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.1 นอร์มัล จำนวน 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1 ลิตร เก็บรักษาโดยการเติมคลอโรฟอร์ม 5 มิลลิลิตร หรือใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.4 กรัมต่อสารละลาย 1 ลิตร

12. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต 0.0250 นอร์มัล ละลายโพแทสเซียมไดโครเมตที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง จำนวน 1.226 กรัมต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร

13. สารละลายโซเดียมซัลไฟต์ 0.0250 นอร์มัล ละลายโซเดียมซัลไฟต์ปราศจากน้ำ ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) 1.575 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร

การคำนวณหาค่าบีโอดี (BOD)

$$\text{BOD}_5 = (\text{DO}_0 - \text{DO}_5) \times \text{อัตราส่วนเจือจาง}$$

$\text{DO}_0$  = ค่าดีไอ (DO) ของตัวอย่างที่ได้ทำการเจือจางแล้วในวันที่ 0

$\text{DO}_5$  = ค่าดีไอ (DO) ของตัวอย่างที่ได้ทำการเจือจางแล้วในวันที่ 5



## ภาคผนวก ค

- รายงานผู้เชี่ยวชาญตรวจตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย
- ตัวอย่างสำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์



## รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการแนะนำ และตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้

1. อาจารย์ อรุณี คุณสมบัติ

ผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเซนต์ดอมินิก

2. อาจารย์ สมศักดิ์ พาหะมาก

ผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนศรีอยุธยาในพระอุปถัมภ์ฯ

3. อาจารย์ เวชกา หนูเพชร

ผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนนาคนาวาอุปถัมภ์

4. อาจารย์ บุญเหลือ บุราณสาร

นักภาษาโบราณ ระดับชำนาญการพิเศษ สำนักหอสมุดแห่งชาติ

5. อาจารย์ทศพร ไกรฤกษ์

ผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย โรงเรียนวชิราวุธวิทยาลัย



ที่ ศธ 0519.12/3/46



บัณฑิตวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๖๐ เมษายน 2552

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนเซนต์คอมมิค

เนื่องด้วย นายพรหมา แสงโคตร นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาการมัธยมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “คุณภาพน้ำในคลองแจรงร้อน กรณีศึกษา เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น” โดยมี อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน และ อาจารย์สมปอง ใจดีเฉย เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในกรณีนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญ อาจารย์ช่อรุณี คุณสมบัติ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น และ แบบประเมินบทปฏิบัติการ

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายพรหมา แสงโคตร และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5730

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 085-3479-252



**ภาคผนวก ง**

ตัวอย่างแบบประเมินดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของกิจกรรม  
กับเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น

**แบบประเมิน**  
**ดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของกิจกรรมกับเนื้อหาของ**  
**บทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น**

โดย : ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนสิ่งแวดล้อม

คำชี้แจง

1. ให้ท่านพิจารณาว่าจุดประสงค์ของกิจกรรมแต่ละข้อต่อไปนี้มีความสอดคล้องสัมพันธ์กับกิจกรรมที่สร้างขึ้นจริงหรือไม่ ให้ท่านพิจารณาโดยให้คะแนนดังต่อไปนี้

+1 = เมื่อท่านแน่ใจว่าจุดประสงค์ของกิจกรรมมีความสอดคล้องกับกิจกรรม

0 = เมื่อท่านไม่แน่ใจว่าจุดประสงค์ของกิจกรรมมีความสอดคล้องกับกิจกรรม

-1 = เมื่อท่านแน่ใจว่าจุดประสงค์ของกิจกรรมไม่มีความสอดคล้องกับกิจกรรม

2. ในการประเมินครั้งนี้ให้ท่านทำเครื่องหมาย / ลงในช่องที่ท่านพิจารณาแล้วตามเกณฑ์แต่ละข้อ

กิจกรรม	จุดประสงค์ของกิจกรรม	คะแนนที่พิจารณา			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
กิจกรรมที่ 1 การตรวจสอบ คุณภาพน้ำเบื้องต้น	1. นักเรียนสามารถใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นได้				
	2. นักเรียนสามารถบอกคุณภาพของน้ำเบื้องต้นโดยการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพและลักษณะทางเคมีได้				
	3. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำสะอาดกับน้ำเสียได้				

กิจกรรม	จุดประสงค์ของกิจกรรม	คะแนนที่พิจารณา			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
กิจกรรมที่ 2 การบำบัดน้ำเสียด้วย วิธีการทางกายภาพ	1. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพได้				
	2. นักเรียนสามารถเลือกใช้วิธีและอุปกรณ์บำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพได้อย่างเหมาะสมกับประเภทของน้ำเสีย				
	3. นักเรียนสามารถสรุปข้อดี ข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ				
กิจกรรมที่ 3 การบำบัดน้ำเสียด้วย วิธีการทางเคมี	1. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมีได้				
	2. นักเรียนสามารถเลือกใช้วิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมีได้อย่างเหมาะสมกับประเภทของน้ำเสียได้				
	3. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมีได้				

กิจกรรม	จุดประสงค์ของกิจกรรม	คะแนนที่พิจารณา			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
กิจกรรมที่ 4 การบำบัดน้ำเสียด้วย วิธีการทางชีวภาพ	1. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการ และวิธีการบำบัดน้ำเสียด้วย วิธีการทางชีวภาพแบบใช้ ออกซิเจน และไม่ใช้ออกซิเจนได้				
	2. นักเรียนสามารถบำบัดน้ำเสีย ด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบใช้ ออกซิเจน และไม่ใช้ออกซิเจน				
	3. นักเรียนสามารถสรุปข้อดี ข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วย วิธีการทางชีวภาพแบบใช้ ออกซิเจน และไม่ใช้ออกซิเจนได้				
กิจกรรมที่ 5 การปรับปรุง คุณภาพน้ำ	1. นักเรียนสามารถนำหลักการ ตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นมา ใช้ประโยชน์ในการเลือกวิธี ปรับปรุงคุณภาพน้ำได้				
	2. นักเรียนสามารถเลือกวิธีการ บำบัดน้ำเสียแบบต่างๆ ได้ เหมาะสมกับชนิดของน้ำเสีย				



**ภาคผนวก จ**

- บทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น
- คู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น

# บทปฏิบัติการ

## วิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น

### สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3



นายพรหมา แสงโคตร  
นิสิตปริญญาโท สาขาการมัธยมศึกษา  
(กลุ่มการสอนสิ่งแวดล้อม)  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร



## คำนำ



บทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น ฉบับนี้พัฒนาขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 บทปฏิบัติการนี้เน้นปฏิบัติการทดลองโดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หาง่ายในท้องถิ่น ซึ่งจะทำให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติจริงโดยหวังว่าจะเกิดจิตสำนึก และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันเพื่อให้มีคุณภาพชีวิตที่ดี นอกจากนี้ยังเป็นการจุดประกายให้ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ นำไปใช้เป็นแบบอย่างหรือแนวทางในการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับความต้องการในท้องถิ่น

ในบทปฏิบัติการนี้มีทั้งหมด 5 บทปฏิบัติการ ในแต่ละบทประกอบด้วยองค์ประกอบต่างๆ คือ ชื่อบทปฏิบัติการ ใ้บทความรู้ หลักการ จุดประสงค์ เวลาที่ใช้ สารเคมีและอุปกรณ์ วิธีการทดลอง แบบรายงานผลการทดลอง และคำถามท้ายบทปฏิบัติการ ซึ่งครูผู้สอนสามารถนำบทปฏิบัติการไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ได้ทันทีโดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นปฏิบัติการทดลอง จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในทักษะต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ได้มากยิ่งขึ้น

ตัวอย่างบทปฏิบัติการที่นำเสนอครั้งนี้เป็นเพียงแนวคิดหรือแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในการปฏิบัติการทดลองเท่านั้น นักเรียน และผู้ที่สนใจสามารถเลือกปฏิบัติตามความสนใจ และความพร้อมของโรงเรียนหรือสามารถดัดแปลงให้เหมาะสมกับสภาพการณ์ในแต่ละท้องถิ่นได้ ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากการเรียนการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับสภาพโรงเรียนของตนเอง และเป็นแนวทางในการวิจัยในอนาคตต่อไป

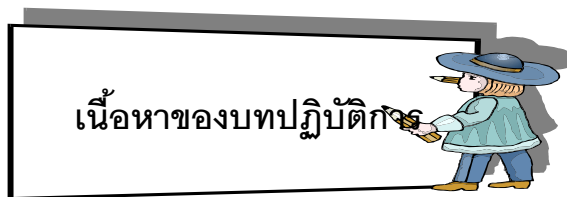
พรหมา แสงโคตร

## คำแนะนำการใช้บทปฏิบัติการ



การใช้บทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น มีข้อควรปฏิบัติและทำความเข้าใจ ดังนี้

1. บทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น พัฒนาขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 โดยอาศัยเนื้อหาจากหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มาตรฐานการเรียนรู้ ช่วงชั้นที่ 3 เรื่องน้ำเสีย เนื้อหาการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น และการบำบัดน้ำเสีย มาพัฒนาเป็นแนวคิดในการสร้างบทปฏิบัติการเพื่อการเรียนการสอน ซึ่งสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้
2. ระยะเวลาในการเรียนการสอนในบทปฏิบัติการนี้ คือ 10 คาบ คาบละ 50 นาที
3. ผู้เรียนตามบทปฏิบัติการนี้ คือ นักเรียนช่วงชั้นที่ 3
4. ผู้สอนที่จะใช้บทปฏิบัติการนี้ควรเป็นครูที่สอนในวิชาวิทยาศาสตร์
5. บทปฏิบัติการนี้ควรใช้ควบคู่กับคู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการ
6. ควรดำเนินการเรียนการสอนเรียงลำดับจากบทปฏิบัติการที่ 1 ไปจนถึงบทปฏิบัติการที่ 5 ซึ่งเป็นบทปฏิบัติการสุดท้าย
7. ในส่วนที่เป็นเนื้อหา และบทปฏิบัติการสามารถปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับสภาพท้องถิ่นได้



บทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น พัฒนาขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่เน้นการเรียนการสอนในลักษณะปฏิบัติการทดลอง ประกอบด้วย 5 บทปฏิบัติการ คือ

- 1) บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น
- 2) บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ
- 3) บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี
- 4) บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ
- 5) บทปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง การปรับปรุงคุณภาพน้ำ





## ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการที่ 1 การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น

### สาระสำคัญ

การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นเป็นการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ และลักษณะทางเคมีของน้ำที่สามารถตรวจสอบได้โดยใช้การสังเกตรวมทั้งการใช้อุปกรณ์ และสารเคมีที่หาได้ง่าย ลักษณะทางกายภาพ และลักษณะทางเคมีของน้ำที่สามารถตรวจสอบได้ เช่น อุณหภูมิ สี กลิ่น ตะกอน ความเป็นกรด-ด่าง เมื่อตรวจสอบแล้วพบว่าลักษณะดังกล่าวเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพเดิม และมีค่าต่างจากเกณฑ์มาตรฐานของน้ำที่กั้นหมายความว่ำน้ำนั้นมีสิ่งปนเปื้อนที่ไม่พึงปรารถนาปนอยู่มากเรียกน้ำนั้นว่า “น้ำเสีย”

น้ำเสีย มีองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

1. สารอินทรีย์ ได้แก่ สารที่ได้จากสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ซึ่งสามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน
2. สารอนินทรีย์ ได้แก่ ธาตุต่างๆ ที่อาจจะไม่ทำให้น้ำเน่าเหม็นแต่อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ได้แก่ ซัลไฟด์ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส
3. โลหะหนักและสารพิษอื่นๆ อาจอยู่ในรูปของสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ก็ได้ เช่น ปปรอท โครเมียม และทองแดงปกติจะอยู่ในโรงงานอุตสาหกรรมและสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ปนมากับน้ำทิ้งจากการเกษตร
4. ไขมันและน้ำมัน เมื่อปนมากับน้ำจะลอยอยู่ตามผิวน้ำทำให้เป็นอุปสรรคต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชพร้อมทั้งกีดขวางการถ่ายเทออกซิเจนลงสู่แหล่งน้ำ
5. ของแข็ง อาจเป็นสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ซึ่งเมื่อจมลงแล้วทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน มีความขุ่นสูง ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ
6. สี และความขุ่น มีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชในแหล่งน้ำทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง สัตว์น้ำไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้
7. ความเป็นกรด-ด่าง น้ำที่มีคุณภาพดีจะต้องมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ใกล้เคียงหรือเท่ากับ 7 แต่ในทางปฏิบัติได้กำหนดมาตรฐานค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำในแหล่งน้ำผิวดินอยู่ในช่วง 5.0-9.0

8. จุลินทรีย์ ถ้ามีจำนวนมากทำให้ระดับออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลงจนทำให้เกิดการเน่าเสีย



“น้ำเสีย” ตัวอย่างหนึ่งของมลพิษทางน้ำ  
(ที่มา; <http://web.ku.ac.th>)



ลักษณะทางกายภาพและลักษณะทางเคมีที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น มีดังนี้

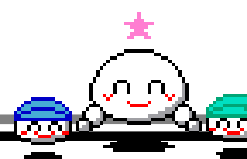
1. ความเป็นกรด-ด่าง (pH) เป็นดัชนีแสดงความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนแสดงเป็นตัว เลขที่บอกระดับความเป็นกรดหรือด่าง โดยมีค่าตั้งแต่ 0-14 ถ้า pH มีค่าเป็น 7 แสดงว่ามีสภาวะเป็น กลาง ถ้า pH มีค่า 0-6 แสดงว่าน้ำนั้นเป็นกรด ตัวเลขที่ลดลงแสดงถึงความแรงของที่เพิ่มขึ้น ถ้า pH มีค่า 8-14 แสดงว่ามีสภาวะเป็นด่าง ตัวเลขที่เพิ่มขึ้นแสดงถึงความแรงของด่าง โดยทั่วไปค่า pH ของ น้ำในแหล่งน้ำผิวดิน มีค่าระหว่าง 5.0-9.0 เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดค่า pH คือ กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์

2. อุณหภูมิ แสดงถึงระดับความร้อนของน้ำ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแหล่งน้ำเกิดได้จาก การปล่อยน้ำทิ้งที่มีอุณหภูมิต่ำลงสู่แหล่งน้ำหรือการที่แสงส่องผ่านลงไปแหล่งน้ำ อุณหภูมิ มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำทั้งทางตรงและทางอ้อมโดยสิ่งมีชีวิตในน้ำอาจตายได้ในกรณีที่ อุณหภูมิสูงเกินไป และยังส่งผลต่อการละลายของออกซิเจนในน้ำ ถ้าอุณหภูมิสูงความสามารถในการ ละลายน้ำของออกซิเจนจะลดลง ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินต้องมีอุณหภูมิ ไม่มากกว่า 38 องศาเซลเซียส เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดค่าอุณหภูมิ คือ เทอร์โมมิเตอร์

3. กลิ่น ในน้ำกลิ่นเกิดจากสาเหตุต่างๆ หลายประการ เช่น จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำ ก๊าซต่างๆ ที่ละลายในน้ำ (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) การเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ และสารอินทรีย์ที่ละลายใน น้ำ มนุษย์รับกลิ่นได้โดยการดมแต่บอกเป็นปริมาณตัวเลขว่ามีกลิ่นมากน้อยเพียงใดนั้น ยังไม่มีวิธี มาตรฐานเพียงแต่กำหนดขีดจำกัดว่าต้องไม่รับกวน และเป็นที่น่ารังเกียจเท่านั้น

4. สี ในแหล่งน้ำธรรมชาติที่มองเห็นนั้นเป็นสีปรากฏมาจากแสงที่ส่องลงในน้ำเกิดการ กระจายของแสงโดยโมเลกุลน้ำกลับเข้าสู่ตาเรา การที่ปรากฏสีของแหล่งน้ำเป็นสีต่างกันเพราะอนุภาค ต่างๆ ที่แขวนลอยในน้ำสามารถดูดกลืนและกระจายแสงกลับคืนสู่ตาคนได้แตกต่างกันขึ้นอยู่กับ องค์ประกอบ และขนาดของอนุภาคซึ่งโดยทั่วไปแล้วน้ำที่สะอาดต้องไม่มีสี

5. ตะกอน คือปริมาณสารแขวนลอยที่มีอยู่ในน้ำซึ่งเกิดจากดินละเอียด สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ แพลงค์ตอน และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก สารพวกนี้จะทำให้เกิดการกระจัดกระจายและดูดกลืนแสงซึ่ง โดยทั่วไปน้ำสะอาดจะไม่มีสารปนเปื้อนของสารดังกล่าว



## วิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น

1. การตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยกระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ ใช้แท่งแก้วจุ่มน้ำตัวอย่างนำมาแตะที่กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ จากนั้นสังเกตสีที่เปลี่ยนเทียบกับสีมาตรฐานที่กำหนด การอ่านเลขที่ตรงกับสีจะต้องอ่านภายในเวลา 30 วินาที สีที่เปลี่ยนหลัง 30 วินาที จะเป็นค่าที่ผิดพลาด

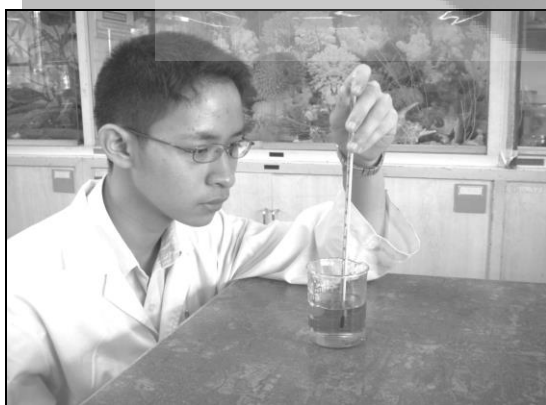
2. การตรวจวัดค่าอุณหภูมิ ใช้เทอร์โมมิเตอร์โดยให้กระเปาะเทอร์โมมิเตอร์จุ่มอยู่ในสิ่งนั้นหรือสัมผัสกับสิ่งที่จะวัดให้มากที่สุดและก้านของเทอร์โมมิเตอร์ต้องตั้งตรงเมื่อระดับของเหลวที่อยู่ในเทอร์โมมิเตอร์ไม่เปลี่ยนแปลงแล้ว จึงอ่านค่าอุณหภูมิตรงขีดที่ตรงกับระดับของเหลวในเทอร์โมมิเตอร์ โดยให้สายตาอยู่ที่ระดับเดียวกับของเหลว และเทอร์โมมิเตอร์ยังจุ่มอยู่ในสิ่งที่ต้องการวัด



3. การตรวจสอบกลิ่น ใช้การดมโดยการนำน้ำตัวอย่างใส่ปิเปตอร์ยกขึ้นให้อยู่ในระดับจมูก ใช้มือพัดบริเวณเหนือปิเปตอร์ให้กลิ่นของน้ำตัวอย่างเข้าหาจมูกแล้วจึงสูดดม

4. การตรวจสอบสี และตะกอน ใช้การสังเกตด้วยสายตาหากเป็นน้ำสะอาดต้องไม่มีสีและตะกอนปนเปื้อนในแหล่งน้ำ

การตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ  
โดยใช้กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์



เพื่อนๆ อยากตรวจสอบ  
คุณภาพน้ำกันหรือยัง



การตรวจวัดค่าอุณหภูมิของตัวอย่างน้ำโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์

(ที่มา ; วรวัฒน์ ทิพจ้อย. 2551)

## บทปฏิบัติการที่ 1 การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น



### หลักการ

น้ำเสีย คือ น้ำที่มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ และอนินทรีย์ทำให้คุณสมบัติเปลี่ยนไปจากเดิม กลายเป็นน้ำที่ไม่ต้องการนำมาใช้อุปโภค บริโภค ไม่ได้มีผลกระทบต่อธรรมชาติ สิ่งแวดล้อมและเป็นที่น่ารังเกียจของคนทั่วไป

การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น คือการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ และลักษณะทางเคมีของน้ำ สามารถตรวจสอบได้โดยใช้การสังเกตรวมทั้งการใช้อุปกรณ์และสารเคมีที่หาได้ง่าย ลักษณะทางกายภาพและลักษณะทางเคมีที่สามารถตรวจสอบได้ง่าย เช่น สี กลิ่น ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ และตะกอน เป็นต้น เมื่อตรวจสอบแล้วพบว่าลักษณะดังกล่าวของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพเดิม และมีค่าต่างจากเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากชุมชน ก็หมายความว่าน้ำนั้นเป็นน้ำเสีย มีสิ่งปนเปื้อนปนอยู่มากซึ่งอาจจะก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำตามมา

### จุดประสงค์

1. นักเรียนสามารถใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นได้
2. นักเรียนสามารถบอกคุณภาพของน้ำเบื้องต้นโดยการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ และลักษณะทางเคมีได้
3. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำสะอาดกับน้ำเสียได้

เวลาที่ใช้ 2 คาบ (คาบละ 50 นาที)

### สารเคมีและอุปกรณ์ ต่อ 1 กลุ่ม

- |                    |                       |
|--------------------|-----------------------|
| 1. น้ำกลั่น        | 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร |
| 2. น้ำเสียจากชุมชน | 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร |
| 3. น้ำคลองแจรงร้อน | 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร |
| 4. น้ำประปา        | 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร |
| 5. น้ำล้างจาน      | 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร |
| 6. น้ำส้มสายชู     | 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร |

7. น้ำยาล้างห้องน้ำ	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
8. น้ำสบู่	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
9. น้ำจากตู้เลี้ยงปลา	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
10. น้ำซักผ้า	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
11. กระดาษชูนีเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์	10 แผ่น
12. เทอร์โมมิเตอร์	1 อัน
13. ปีกเกอร์ขนาด 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร	10 ใบ
14. แท่งแก้วคนสาร	1 แท่ง
15. แผ่นกระจก	1 แผ่น
16. กระบอกแก้วตวง ขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร	1 อัน

#### วิธีการทดลอง

ให้นักเรียนปฏิบัติดังต่อไปนี้

- นำปีกเกอร์ขนาด 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 10 ใบ นำน้ำกลั่น น้ำเสียจากชุมชน น้ำคลองแจรงร้อน น้ำประปา น้ำล้างจาน น้ำส้มสายชู น้ำยาล้างห้องน้ำ น้ำสบู่ น้ำจากตู้เลี้ยงปลา น้ำซักผ้า ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ลงไปในปีกเกอร์ละ 1 ชนิด เขียนชื่อน้ำตัวอย่างติดข้างปีกเกอร์ทุกใบ
- นำเทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิของน้ำตัวอย่างทั้ง 10 ชนิด ทันทีที่นำมาทดลองแล้วบันทึกผล
- สังเกต สี กลิ่น และตะกอนในน้ำตัวอย่างทั้ง 10 ชนิด แล้วบันทึกผลลงในตาราง
- ใช้กระดาษชูนีเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำตัวอย่างทั้ง 10 ชนิด แล้วบันทึกผลลงในตาราง
- นำข้อมูลค่าอุณหภูมิ และความเป็นกรด-ด่าง จากตารางมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนด และสรุปผลการทดลอง

หมายเหตุ มาตรฐานน้ำทิ้งในการทดลองนี้ใช้เกณฑ์ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537)

## รายงานผลการทดลอง



### บทปฏิบัติการที่ 1 การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น

ชื่อผู้ทดลอง

1 ..... 2 .....

3 ..... 4 .....

5 .....

วัน/เดือน/ปี ..... ชื่อกลุ่ม ..... ชั้น .....

### จุดประสงค์การทดลอง

1 .....

2 .....

3 .....

### ตารางบันทึกผล การสังเกต สี กลิ่น และตะกอนในน้ำตัวอย่าง

น้ำตัวอย่าง	สี		กลิ่น		ตะกอน	
	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี
น้ำกลั่น						
น้ำเสียจากชุมชน						
น้ำคลองแจ่งร้อน						
น้ำประปา						
น้ำล้างจาน						
น้ำส้มสายชู						
น้ำยาล้างห้องน้ำ						
น้ำสบู่						
น้ำจากตู้เลี้ยงปลา						
น้ำซักผ้า						

ตารางบันทึกผล การตรวจสอบความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ

น้ำตัวอย่าง	ค่ามาตรฐานของน้ำ	
	ความเป็นกรด-ด่าง (pH) 5.0-9.0	อุณหภูมิ ( °C) ไม่เกิน 38
น้ำกลั่น		
น้ำเสียจากชุมชน		
น้ำคลองแจรงร้อน		
น้ำประปา		
น้ำล้างจาน		
น้ำดื่มสายชู		
น้ำยาล้างห้องน้ำ		
น้ำสบู่		
น้ำจากตู้เลี้ยงปลา		
น้ำซักผ้า		

สรุปผลการทดลอง

1. สี .....
- .....
2. กลิ่น .....
- .....
3. ตะกอน .....
- .....
4. ค่า pH .....
- .....
5. อุณหภูมิ .....
- .....

## คำถามท้ายบทปฏิบัติการ



**คำชี้แจง** ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย X ทับตัวอักษรที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. น้ำในข้อใด ไม่ควร นำมาใช้บริโภค
  - ก. น้ำที่มีค่า pH = 7
  - ข. น้ำที่ความขุ่นเล็กน้อย
  - ค. น้ำที่มีกลิ่นเหม็นของมูลสัตว์
  - ง. น้ำที่มีอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส
2. วิธีการใดแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ของน้ำได้อย่างเหมาะสม
  - ก. เขียนกราฟ
  - ข. เขียนแผนภูมิ
  - ค. เขียนแผนภาพ
  - ง. เขียนเป็นตาราง
3. ข้อใดเป็นตัวอย่างของน้ำสะอาดและน้ำเสียตามลำดับ
  - ก. น้ำกลั่น น้ำประปา
  - ข. น้ำคลองแจรงร้อน น้ำสบู่
  - ค. น้ำประปา น้ำยาล้างห้องน้ำ
  - ง. น้ำซักผ้า น้ำจากตู้เลี้ยงปลา
4. น้ำสะอาดควรมีค่า pH เท่าใด
  - ก. 2
  - ข. 4
  - ค. 5
  - ง. 7
5. น้ำตัวอย่างชนิดใดมีคุณสมบัติตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากชุมชน
  - ก. น้ำกลั่น น้ำประปา
  - ข. น้ำส้มสายชู น้ำสบู่
  - ค. น้ำยาล้างห้องน้ำ น้ำประปา
  - ง. น้ำซักผ้า น้ำคลองแจรงร้อน

6. น้ำชนิดใดมีคุณสมบัติทางเคมีคล้ายกับน้ำกลั่นมากที่สุด
- น้ำซักผ้า
  - น้ำจากสบู่
  - น้ำส้มสายชู
  - น้ำคลองแจรงร้อน
7. น้ำที่จกบ้านเรือนส่วนใหญ่มีสิ่งใดเจือปนอยู่
- โลหะหนักที่เป็นพิษ
  - สารละลายผงซักฟอก
  - จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค
  - น้ำมันจากการปรุงอาหาร
8. “น้ำทิ้งที่มีปริมาณสารเคมีตกค้างอยู่มาก อาจทำให้สัตว์น้ำมีอันตรายถึงชีวิต” จากข้อความดังกล่าวควรใช้เครื่องมือชนิดใดวัด
- กระดาษขมิ้น
  - เทอร์โมมิเตอร์
  - เครื่องวัดปริมาณออกซิเจน
  - กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์
9. การทดสอบน้ำตัวอย่างในบีกเกอร์โดยวิธีการใช้กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ ควรปฏิบัติอย่างไร
- หย่อนกระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ ลงไปในบีกเกอร์
  - ใช้ปากคีบจับกระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ จุ่มลงในน้ำตัวอย่าง
  - เอียงบีกเกอร์แล้วนำกระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ ไปแตะที่ปากบีกเกอร์
  - ใช้แท่งแก้วจุ่มลงในน้ำตัวอย่างแล้วนำไปแตะกระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ ที่วางบนแผ่นกระดาษ
10. การปฏิบัติตามข้อใดทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการทดลองน้อยที่สุด
- ให้สมาชิกคนเดียวของกลุ่มวัดอุณหภูมิของน้ำตัวอย่าง อย่างระมัดระวัง
  - ให้สมาชิกหลายคนวัดอุณหภูมิของน้ำตัวอย่างเดียวกัน แต่ไม่ต้องนำมารวมกันเพื่อหาค่าเฉลี่ย
  - ให้สมาชิกเพียงคนเดียวของกลุ่มวัดอุณหภูมิของน้ำตัวอย่าง อย่างระมัดระวัง 4 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยจากการวัด 4 ครั้ง
  - ให้สมาชิกแต่ละคนในกลุ่มใช้เทอร์โมมิเตอร์คนละ 1 อัน วัดอุณหภูมิของน้ำตัวอย่างเดียวกัน แล้วนำค่าที่ได้ของแต่ละคนมารวมกันเพื่อหาค่าเฉลี่ย

## ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการที่ 2 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ



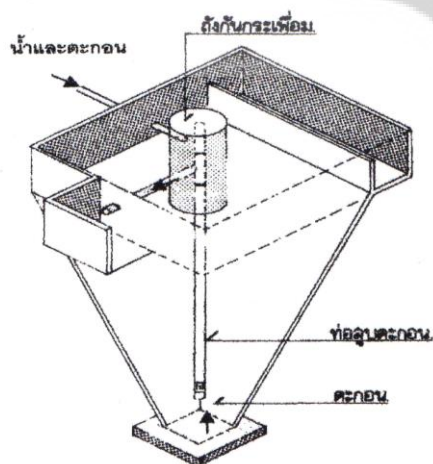
### สาระสำคัญ

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ คือ กระบวนการแยกของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ เช่น กรวดทราย กระดาษ พลาสติก เศษอาหาร ไขมันและน้ำมันออกจากน้ำเสีย โดยใช้อุปกรณ์ เช่น ตะแกรงหยาบ ตะแกรงละเอียด ถังดักกรวดทราย ถังดักไขมันและน้ำมัน และถังตกตะกอน ซึ่งเป็นการลดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีในน้ำเสีย

ตะแกรงมีไว้ใช้ในการดักเศษขยะต่างๆ เช่น เศษไม้ เศษกระดาษ และเศษพลาสติก เป็นต้น ตะแกรงมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ ตะแกรงหยาบซึ่งมีช่องว่างตั้งแต่ 25 มิลลิเมตรขึ้นไป และตะแกรงละเอียดซึ่งมีช่องว่างระหว่าง 2-6 มิลลิเมตร โดยทั่วไปจะนิยมใช้ตะแกรงหยาบในงานบำบัดน้ำเสียทั่วไป สำหรับตะแกรงละเอียดจะถูกใช้เมื่อมีความจำเป็นเท่านั้นเนื่องจากมักจะอุดตันง่าย

ถังดักกรวดทรายทำหน้าที่ในการแยกตะกอนหนักออกจากน้ำเสียเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องจักรกลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดน้ำเสีย นอกจากนี้ยังป้องกันไม่ให้เกิดการอุดตันในระบบท่อของโรงบำบัดน้ำเสีย และการจับตัวเป็นก้อนใหญ่ของตะกอนซึ่งจะส่งผลให้ระบบบำบัดน้ำเสียเกิดความเสียหายได้

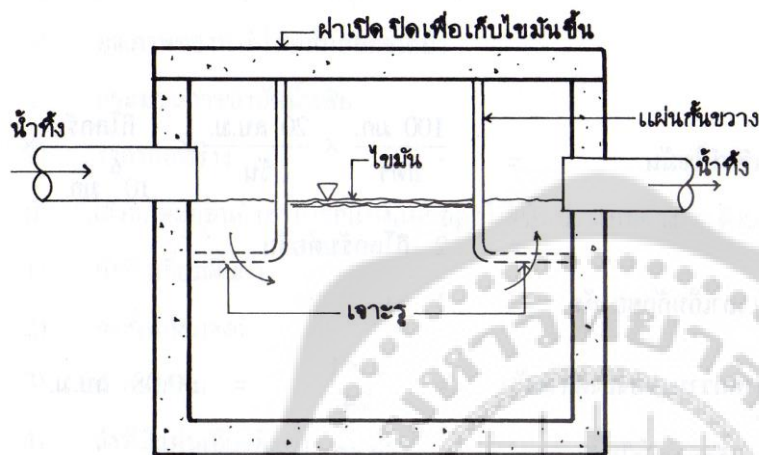
ถังตกตะกอนทำหน้าที่แยกตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสียโดยอาศัยการจมตัวของตะกอนแขวนลอยที่มีค่าความถ่วงจำเพาะของตะกอนสูงกว่าน้ำ



ถังตกตะกอน  
(ที่มา ; [www.health.hcu.ac.th](http://www.health.hcu.ac.th))



ถังดักไขมันและน้ำมันอาศัยหลักการ คือ ไขมันและน้ำมันเบากว่าน้ำจึงลอยตัวอยู่เหนือน้ำ ทางออกของถังดักไขมันจึงจมอยู่ใต้น้ำทำให้สามารถดักไขมันและน้ำมันออกไปทิ้งได้



ถังดักไขมันและน้ำมัน  
(ทิมา ; เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2539: 95)

ข้อดีของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ คือ เป็นการบำบัดที่ง่ายและไม่เปลืองค่าใช้จ่ายรวมทั้งเป็นการบำบัดขั้นต้นก่อนที่จะบำบัดด้วยวิธีอื่นๆ แต่มีข้อจำกัด คือ น้ำที่ได้จากการบำบัดยังไม่มีคุณภาพพอที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้



## บทปฏิบัติการที่ 2

### การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ

#### หลักการ

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ คือ การกำจัดของเสียที่ไม่ละลายน้ำออกจากน้ำเสีย เช่น กระดาษ พลาสติก เศษอาหาร กรวดทราย ไขมันและน้ำมัน โดยใช้อุปกรณ์ที่ทำได้ง่ายในท้องถิ่น มาทำการบำบัด เช่น ตะแกรงหยาบ ตะแกรงละเอียด กระชอน ผ้าขาวบาง และถังตกตะกอน การเลือกอุปกรณ์ในการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสีย

ตาราง อุปกรณ์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ

อุปกรณ์	หลักการ
ตะแกรงหยาบ	ดักเศษขยะขนาดใหญ่ที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสีย
ตะแกรงละเอียด	ดักสิ่งปนเปื้อนขนาดกลางที่มากับน้ำเสีย
ถังตกตะกอน	แยกตะกอนออกจากน้ำเสียโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก
กระชอน	กรองตะกอนแขวนลอยขนาดเล็กออกจากน้ำเสีย
ผ้าขาวบาง	กรองตะกอนแขวนลอยขนาดเล็กมากๆ ออกจากน้ำเสีย

#### จุดประสงค์

1. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพได้
2. นักเรียนสามารถเลือกใช้วิธีและอุปกรณ์บำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพได้อย่างเหมาะสมกับประเภทของน้ำเสีย
3. นักเรียนสามารถสรุปข้อดี ข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพได้

เวลาที่ใช้ 2 คาบ (คาบละ 50 นาที)

### สารเคมีและอุปกรณ์

1. น้ำผสมกับข้าวสุก	1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. น้ำผสมกับเศษกระดาษ	1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
3. น้ำผสมดินบดละเอียด	1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
4. น้ำที่มีสารแขวนลอย	1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
5. ตะแกรงหยาบ	1 อัน
6. ตะแกรงละเอียด	1 อัน
7. ผ้าขาวบาง	1 ผืน
8. ถังตกตะกอน	1 ถัง
9. ขวดพลาสติกใสขนาด 2,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร	4 ขวด
10. กระชอน	1 อัน

### วิธีการทดลอง

- นำขวดพลาสติกใสขนาด 2,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 4 ขวด ใส่ น้ำผสมกับข้าวสุก น้ำผสมกับเศษกระดาษ น้ำผสมดินบดละเอียด น้ำที่มีสารแขวนลอย ปริมาตร 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร พร้อมติดป้ายชื่อน้ำตัวอย่างทุกขวด
- เลือกใช้ตะแกรงหยาบ ตะแกรงละเอียด กระชอน ผ้าขาวบาง และถังตกตะกอน แยกของแข็งออกจากน้ำตัวอย่างทั้ง 4 ขวด
- บันทึกผลการทดลองในตารางบันทึกผลที่กำหนดให้ไว้
- สรุปผลการทดลอง และแนวทางการนำการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

## รายงานผลการทดลอง



### บทปฏิบัติการที่ 2      การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ

ชื่อผู้ทดลอง

1 ..... 2 .....

3 ..... 4 .....

5 .....

วัน/เดือน/ปี ..... ชื่อกลุ่ม ..... ชั้น .....

#### จุดประสงค์การทดลอง

1 .....

2 .....

3 .....

#### ตารางบันทึกผลการทดลอง

น้ำตัวอย่าง	อุปกรณ์ที่ใช้ในการบำบัด
1. น้ำผสมกับข้าวสุก	
2. น้ำผสมกับเศษกระดาษ	
3. น้ำผสมกับดินบดละเอียด	
4. น้ำที่มีสารแขวนลอย	

#### สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

## คำถามท้ายบทปฏิบัติการ



**คำชี้แจง** ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย X ทับตัวอักษรที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. วิธีการกำจัดของแข็งที่ไม่ละลายน้ำออกจากน้ำเสีย คือข้อใด
  - ก. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพ
  - ข. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี
  - ค. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน
  - ง. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน
2. ถ้าสิ่งที่เป็นมากับน้ำเสีย ได้แก่ เศษไม้ เศษหญ้า ถุงพลาสติก นักเรียนจะเลือกใช้อุปกรณ์ใดในการบำบัด
  - ก. ฝ้ายขาวบาง
  - ข. ถังตกตะกอน
  - ค. ตะแกรงหยาบ
  - ง. กระจาดขกรอง
3. น้ำตัวอย่างและอุปกรณ์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียชนิดใดมีความสัมพันธ์กันมากที่สุด
  - ก. น้ำที่มีสารแขวนลอยกับตะกร้า
  - ข. น้ำผสมเศษกระดาษกับฝ้ายขาวบาง
  - ค. น้ำผสมกับข้าวสุกกับกระจาดขกรอง
  - ง. น้ำผสมกับดินบดละเอียดกับถังตกตะกอน
4. การที่นักเรียนซักผ้าแล้วปล่อยน้ำทิ้งลงสู่คลองส่งผลให้เกิดสิ่งใดตามมา
  - ก. มีผักตบชวาเต็มคลอง
  - ข. น้ำในคลองมีผงซักฟอก
  - ค. น้ำในคลองมีกลิ่นเหม็นมาก
  - ง. น้ำในคลองมีปลาอาศัยอยู่จำนวนมาก
5. ลักษณะใดสังเกตได้จากการใช้ฝ้ายขาวบางกรองน้ำที่มีตะกอน
  - ก. ปริมาณน้ำลดลง
  - ข. เวลากรองน้ำไหลอย่างช้าๆ

- ค. ปริมาณตะกอนลดลง น้ำใสขึ้น  
ง. น้ำมีลักษณะความขุ่นเหมือนเดิม
6. ถ้าที่บ้านของนักเรียนมีการปรุงอาหาร และมีเศษอาหารติดมากับน้ำที่นักเรียนจะเลือกวิธีใดในการบำบัด
- ก. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี  
ข. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ  
ค. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน  
ง. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน
7. น้ำที่ผสมข้าวสุกกับน้ำที่ผสมเศษกระดาษจะใช้อุปกรณ์ชนิดใดที่เหมือนกันในการแยกของแข็งที่ปะปนอยู่ออก
- ก. กระจอน  
ข. ตะแกรงหยาบ  
ค. กระดาษกรอง  
ง. ตะแกรงละเอียด
8. น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วแต่ก็ยังขุ่นและมีตะกอนเล็กๆ ปะปนอยู่ควรทำการบำบัดด้วยวิธีการในข้อใด
- ก. นำไปต้ม  
ข. ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน  
ค. เติมหคลอรีนแล้วตั้งทิ้งไว้เฉยๆ  
ง. แก้วสารส้มให้ความขุ่น และตะกอนตกลงกันถึง
9. ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพ
- ก. ไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย  
ข. ระยะเวลาในการบำบัดน้อย  
ค. น้ำที่ได้จากการบำบัดมีคุณภาพต่ำ  
ง. อุปกรณ์ในการบำบัดหาได้ง่ายในท้องถิ่น
10. ข้อใดคือสาเหตุที่ทำให้การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพเป็นการบำบัดขั้นต้น
- ก. แก้ปัญหาความน่ารังเกียจของน้ำ  
ข. ลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค  
ค. แยกของแข็งขนาดใหญ่ออกจากน้ำเสีย  
ง. ปรับสภาพน้ำให้เหมาะสมกับการอุปโภค

### ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการที่ 3 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี



#### สาระสำคัญ

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี คือ การกำจัดหรือแยกสารต่างๆ ที่ปนเปื้อนในน้ำเสียโดยอาศัยหลักการเติมสารเคมีลงในน้ำเสียเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี ส่งผลให้เกิดการแยกสารปนเปื้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เหมาะสำหรับบำบัดน้ำเสียที่มีความเป็นกรดหรือด่างสูงเกินไป มีการปนเปื้อนของโลหะหนัก ตะกอนแขวนลอยขนาดเล็กที่ตกตะกอนยาก ไขมันหรือน้ำมันละลายน้ำ สารประกอบอินทรีย์ละลายน้ำ ที่เป็นพิษ และมีปริมาณเชื้อโรคทั้งนี้ อุปกรณ์ที่ใช้ในการบำบัดด้วยวิธีการทางเคมี ได้แก่ ถังกรอง ถังกวนเร็ว ถังกวนช้า ถังฆ่าเชื้อโรค และถังตะกอน

ดังนั้น ความรู้ทางด้านเคมีจะช่วยในการเลือกชนิด และปริมาณสารเคมีที่ต้องการเติมลงไปได้อย่างถูกต้อง



ถังตกตะกอน

(ที่มา ; [www.epco.com.au](http://www.epco.com.au))



ข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมีก็คือเมื่อเติมสารเคมีลงไปในน้ำเสียจะมีปริมาณสารเคมีผสมอยู่ในน้ำเสียเพิ่มขึ้น และจะเสียค่าใช้จ่ายในการใช้สารเคมีด้วย แต่ถ้าน้ำเสียไม่สามารถบำบัดด้วยวิธีทางกายภาพ หรือทางชีวภาพก็จำเป็นต้องเลือกวิธีบำบัดด้วยวิธีการทางเคมี การบำบัดด้วยวิธีการทางเคมีมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี ดังนี้

1. การกำจัดตะกอนแขวนลอย เป็นการเติมสารเคมี เช่น สารส้ม เพื่อให้เกิดการตกตะกอน
2. การทำให้เป็นกลาง น้ำเสียที่มีความเป็นกรดสามารถทำให้เป็นกลางได้โดยใช้ปูนขาว โซดาไฟ ส่วนน้ำเสียที่เป็นเบสทำให้เป็นกลางโดยการเติมกรดชนิดต่างๆ เช่น กรดกำมะถัน และกรดเกลือ เป็นต้น
3. การกำจัดโลหะหนักด้วยวิธีตกผลึก โลหะหนักที่พบในน้ำเสียมักอยู่ในรูปของสารละลาย ทำให้ไม่สามารถบำบัดได้ด้วยวิธีตกตะกอนหรือการกรอง จึงต้องทำให้เกิดเป็นผลึกของแข็งเสียก่อน โดยการเพิ่ม pH ดังนั้น การเติมปูนขาวให้กับน้ำเสียจนถึงระดับ pH ที่เหมาะสมจึงสามารถทำให้โลหะหนักตกผลึกได้
4. การกำจัดน้ำมันหรือไขมันละลายน้ำ จำเป็นต้องแยกน้ำมันหรือไขมันออกจากน้ำเสียด้วยสารเคมีเสียก่อน เช่น กรดกำมะถัน สารส้ม เป็นต้น จากนั้นจึงใช้วิธีการบำบัดอื่น ๆ
5. การฆ่าเชื้อโรค นิยมใช้การเติมสารเคมี โอโซน และรังสีอัลตราไวโอเล็ต สำหรับการเติมสารเคมี นิยมใช้การเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรค

### บทปฏิบัติการที่ 3 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี



#### หลักการ

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี คือ การเปลี่ยนความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่สูงเกินไปโดยวิธีทำให้น้ำนั้นเป็นกลาง น้ำเสียที่มีความเป็นกรดสามารถทำให้เป็นกลางโดยการเติมเบส เช่น ปูนขาว ชี้เถ้า โซดาไฟ เป็นต้น ส่วนน้ำเสียที่เป็นด่างสามารถทำให้เป็นกลางโดยการเติมกรด เช่น กรดกำมะถัน กรดเกลือ หรือใช้กรดจากธรรมชาติ เช่น น้ำมะนาว น้ำมะขามเปียก เป็นต้น

#### จุดประสงค์

1. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี
2. นักเรียนสามารถเลือกใช้วิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมีได้อย่างเหมาะสมกับประเภทของน้ำได้
3. นักเรียนสามารถสรุปข้อดี ข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมีได้

เวลาที่ใช้ 2 คาบ (คาบละ 50 นาที)

#### สารเคมีและอุปกรณ์

- |                                      |                       |
|--------------------------------------|-----------------------|
| 1. น้ำมะนาว                          | 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร |
| 2. น้ำมะขามเปียก                     | 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร |
| 3. น้ำมะกรูด                         | 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร |
| 4. น้ำส้มสายชู                       | 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร |
| 5. น้ำปูนขาว                         | 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร |
| 6. น้ำชี้เถ้า                        | 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร |
| 7. น้ำปูนแดง                         | 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร |
| 8. น้ำสบู่                           | 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร |
| 9. น้ำคลองแจรงร้อน                   | 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร |
| 10. น้ำเสียจากชุมชน                  | 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร |
| 11. ขวดโหลขนาด 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร | 10 ใบ                 |

12. กระดาษทิชชู	1 ม้วน
13. หลอดหยด	10 อัน
14. แท่งแก้วคนสาร	10 แท่ง
15. แผ่นกระจก	1 แผ่น
16. กระดาษยูนีเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์	10 แผ่น

### วิธีการทดลอง

- นำขวดโหลขนาด 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 10 ใบ มาใส่น้ำมะนาว น้ำมะขามเปียก น้ำมะกรูด น้ำส้มสายชู น้ำปูนขาว น้ำซี้เก้า น้ำปูนแดง น้ำสบู่ น้ำคลองแจรงร้อน และน้ำเสียจากชุมชน ขวดโหลละ 1 ชนิด ชนิดละ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ติดป้ายชื่อที่ขวดโหลน้ำตัวอย่างทุกใบ
- นำกระดาษยูนีเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ ตรวจสอบความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำตัวอย่างแต่ละชนิด แล้วบันทึกผลลงในตารางที่ 1
- ตรวจสอบความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำตัวอย่างในตารางที่ 2 แล้วบันทึกผล
- เลือกใช้น้ำตัวอย่างที่ให้มาในข้อ 1 เป็นตัวปรับสภาพความเป็นกรดหรือด่าง โดยทำให้เป็นกลางบันทึกผลจำนวนหยดของสารปรับสภาพที่ใช้ไปลงในตารางที่ 2
- สรุปผลการทดลอง และเสนอแนวทางในการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการบำบัดน้ำเสียในชีวิตประจำวัน

## รายงานผลการทดลอง



### บทปฏิบัติการที่ 3 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี

ชื่อผู้ทดลอง

1 ..... 2 .....  
3 ..... 4 .....  
5 .....

วัน/เดือน/ปี..... ชื่อกลุ่ม..... ชั้น.....

#### จุดประสงค์การทดลอง

1.....  
2.....  
3.....

#### ตารางบันทึกผลการทดลอง (ตารางที่ 1)

น้ำตัวอย่าง	pH	กรด	เบส
น้ำมะนาว			
น้ำมะกรูด			
น้ำมะขามเปียก			
น้ำส้มสายชู			
น้ำปูนขาว			
น้ำซีเมนต์			
น้ำปูนแดง			
น้ำสบู่			
น้ำคลองแจรงร้อน			
น้ำเสียจากชุมชน			



## คำถามท้ายบทปฏิบัติการ



**คำชี้แจง** ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย X ทับตัวอักษรที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. ข้อใดคือการแยกสารต่างๆ หรือสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียโดยการเติมสารเคมี
  - ก. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพ
  - ข. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี
  - ค. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน
  - ง. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน
2. ถ้านักเรียนถูกน้ำยาล้างห้องน้ำที่เป็นกรดที่มือนักเรียนจะล้างมือด้วยสารละลายชนิดใด
  - ก. น้ำสบู่
  - ข. น้ำเปล่า
  - ค. น้ำมะนาว
  - ง. น้ำส้มสายชู
3. น้ำตัวอย่างชนิดใดต่อไปนี้มีความเป็นกรดทั้ง 2 ชนิด
  - ก. น้ำส้มสายชูกับน้ำสบู่
  - ข. น้ำปูนแดงกับน้ำมะกรูด
  - ค. น้ำส้มสายชูกับน้ำปูนขาว
  - ง. น้ำมะนาวกับน้ำมะขามเปียก
4. ข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมีคือข้อใด
  - ก. มีจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น
  - ข. ปริมาณสารแขวนลอยเพิ่มมากขึ้น
  - ค. ปริมาณน้ำที่บำบัดแล้วเพิ่มมากขึ้น
  - ง. ปริมาณสารเคมีผสมอยู่ในน้ำเสียเพิ่มมากขึ้น
5. สารเคมีที่หาได้ง่ายในห้องถิ่นที่มีคุณสมบัติเหมือนกับน้ำสบู่คือข้อใด
  - ก. น้ำอัดลม
  - ข. น้ำประปา
  - ค. น้ำยาถูพื้น
  - ง. น้ำผงซักฟอก

6. การตรวจสอบความเป็นกรด-ด่างของสารละลายใช้วิธีการใด
- ก. ใช้การชิม
  - ข. ใช้การดมกลิ่น
  - ค. ใช้กระดาษขมิ้น
  - ง. ใช้กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์
7. ถ้าน้ำเสียมีการปนเปื้อนของไขมันหรือน้ำมันละลายน้ำ นักเรียนจะเลือกเติมสารเคมีชนิดใด เพื่อแยกสิ่งปนเปื้อนดังกล่าวออกจากน้ำเสียก่อนที่จะทำการบำบัดด้วยวิธีอื่น
- ก. น้ำสบู่
  - ข. ปูนขาว
  - ค. โซดาไฟ
  - ง. กรดกำมะถัน
8. การที่นักเรียนสังเกตเห็นน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมมีลักษณะใสจะบอกได้หรือไม่ว่าเป็นน้ำดี หรือน้ำเสีย
- ก. ยังบอกไม่ได้
  - ข. บอกได้เลยว่าเป็นน้ำที่สะอาด
  - ค. บอกได้เลยว่าเป็นน้ำเสียทางเคมี
  - ง. บอกไม่ได้จนกว่าจะมีการตรวจสอบคุณภาพน้ำก่อน
9. การที่น้ำเสียมีปริมาณตะกอนขนาดเล็กจำนวนมากปะปนอยู่นักเรียนจะเลือกวิธีการบำบัดน้ำเสีย ด้วยวิธีทางเคมีวิธีใด
- ก. การทำให้เป็นกลาง
  - ข. การกำจัดด้วยวิธีตกผลึก
  - ค. การกำจัดตะกอนแขวนลอย
  - ง. การกำจัดไขมันหรือน้ำมันละลายน้ำ

10. การใช้หลอดหยดในการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง ควรปฏิบัติอย่างไร
- ก. ดูดของเหลวเต็มหลอด เวลาหยดบีบจุกยางให้ของเหลวหยดที่ละหยด เสร็จแล้วสะบัดให้แห้งแล้วเก็บไว้
  - ข. ดูดของเหลวเต็มหลอด เวลาบีบจุกยางให้ของเหลวหยดที่ละหยดในปริมาณที่เท่าๆ กัน เสร็จแล้วสะบัดให้แห้ง แล้วเก็บไว้
  - ค. ดูดของเหลวให้มีปริมาณใกล้เคียงกับที่ต้องการ เวลาบีบจุกยางให้ของเหลวหยดที่ละหยดในปริมาณที่เท่าๆ กัน เสร็จแล้วล้างให้สะอาดทันที
  - ง. ดูดของเหลวให้มีปริมาณใกล้เคียงกับที่ต้องการ เวลาบีบจุกยางให้ของเหลวหยดที่ละหยดในปริมาณที่เท่าๆ กัน เสร็จแล้วล้างให้สะอาดแล้วสะบัดให้แห้ง



## ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการที่ 4 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ

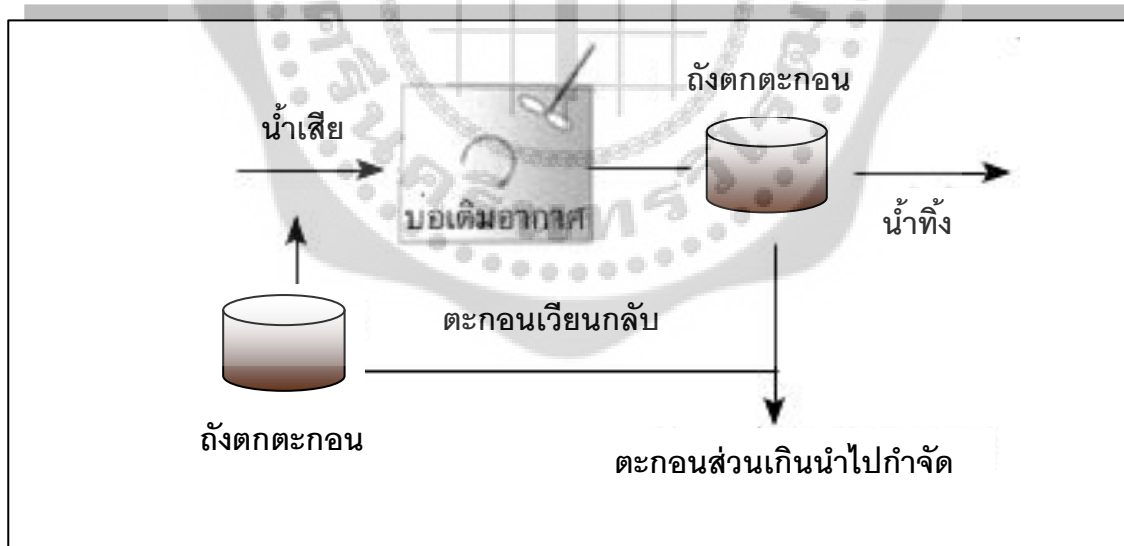
### สาระสำคัญ

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ คือ การนำจุลินทรีย์ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียมาย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ผลจากการย่อยสลายสารของจุลินทรีย์บางส่วนจะกลายเป็นก๊าซ และส่วนที่เหลือจากการย่อยสลายจะเป็นตะกอนของเหลวที่ประกอบด้วยสารต่างๆ

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน คือ การใช้แบคทีเรียในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียด้วยปฏิกิริยาแบบใช้ออกซิเจน ซึ่งสามารถแบ่งเป็นระบบต่างๆ เช่น ระบบเลี้ยงตะกอนหรือเร่งตะกอน ระบบบ่อผึ่ง ระบบแผ่นจานหมุนชีวภาพ เป็นต้น

ระบบเลี้ยงตะกอนหรือเร่งตะกอน คือ การบำบัดน้ำเสียที่ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ บ่อเติมอากาศ และถังตกตะกอน โดยน้ำเสียจะถูกส่งเข้าบำบัดในบ่อเติมอากาศซึ่งน้ำที่บำบัดแล้วจะไหลต่อไปยังถังตกตะกอนเพื่อแยกตะกอนออกจากน้ำใส ตะกอนส่วนหนึ่งจะถูกสูบกลับไปยังถังตกตะกอนใหม่ และอีกส่วนหนึ่งจะถูกนำไปกำจัดต่อไป



การทำงานของระบบเลี้ยงตะกอนหรือเร่งตะกอน  
(ทีมา ; กองจัดการคุณภาพน้ำ. 2545: 88)



ระบบบ่อฝัง คือ การบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติโดยอาศัยจุลินทรีย์ และพืชน้ำ โดยเฉพาะสาหร่าย บ่อบำบัดน้ำเสียมักเป็นบ่อดินขนาดใหญ่ธรรมดาหรือฉาบด้วยวัสดุที่สามารถกันการรั่วซึมของน้ำ

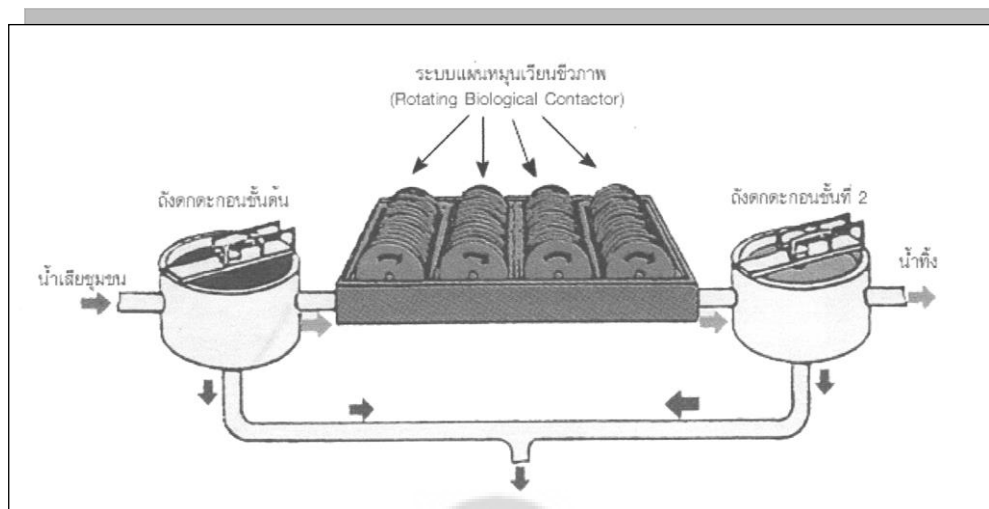


ระบบบำบัดแบบบ่อฝัง  
(ที่มา ; [www.griffith.nsw.gov.au](http://www.griffith.nsw.gov.au))

ระบบแผ่นจานหมุนชีวภาพ คือ การบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยจุลินทรีย์ยึดเกาะติดบนแผ่นจานหมุน ซึ่งจะหมุนอย่างช้าๆ การหมุนช่วยให้จุลินทรีย์เคลื่อนที่ไปมาระหว่างน้ำกับอากาศ จุลินทรีย์จะได้รับออกซิเจนจากอากาศทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์



ระบบบำบัดน้ำเสียแบบจานหมุนชีวภาพ  
(ที่มา ; [www.edie.net](http://www.edie.net), [www.ag.arizona.edu](http://www.ag.arizona.edu))



ลักษณะทั่วไปของระบบจานหมุนชีวภาพ  
(ที่มา ; กองจัดการคุณภาพน้ำ. 2545: 97)

2. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน คือ การบำบัดน้ำเสียโดยการใช้แบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียด้วยปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ออกซิเจนซึ่งสามารถแบ่งเป็นระบบต่างๆ เช่น ระบบบำบัดแบบบ่อเกรอะ ระบบบำบัดแบบบ่อไร้ออกซิเจน เป็นต้น

ระบบบำบัดแบบบ่อเกรอะ คือ การบำบัดน้ำเสียโดยการสร้างบ่อคอนกรีตปิดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าอยู่ใต้พื้นดินใช้รับน้ำเสียจากบ้านเรือนที่มีปริมาณน้ำเสียไม่มากนักทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้ภาวะไร้ออกซิเจน

ระบบบำบัดแบบบ่อไร้ออกซิเจน คือ การสร้างบ่อดินขนาดใหญ่ซึ่งมีท่อน้ำเสียเข้าส่วนล่างของบ่อเพื่อให้เกิดตะกอน และเกิดการย่อยสลายภายใต้ภาวะไร้อากาศ โดยไขมันหรือตะกอนลอยซึ่งอยู่บนผิวน้ำจะป้องกันมิให้อากาศภายนอกซึมลงในบ่อ

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนมีข้อดีกว่าแบบใช้ออกซิเจน คือ

1. ไม่ต้องทำการหมุนเวียนตะกอน
2. ได้ก๊าซมีเทนซึ่งอาจนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้
3. เหมาะสำหรับบำบัดน้ำทิ้งที่มีความเข้มข้นสูง
4. ลดปริมาณของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตามการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจนก็มีข้อเสีย คือ แบคทีเรียที่ใช้ในการบำบัดเจริญเติบโตช้าจึงต้องใช้เวลาในการเริ่มต้นบำบัด นอกจากนี้ยังเกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ทำให้น้ำทิ้งมีกลิ่นเหม็น และมีสีดำ

## บทปฏิบัติการที่ 4

### การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ

#### หลักการ

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ คือ การนำจุลินทรีย์ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียมาย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ผลจากการย่อยสลายสารของจุลินทรีย์บางส่วนจะกลายเป็นก๊าซ และส่วนที่เหลือจากการย่อยสลายจะเป็นตะกอนของเหลวที่ประกอบด้วยสารต่างๆ การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน คือ การใช้แบคทีเรียพวกที่ดำรงชีวิตแบบใช้ออกซิเจนย่อยสลายสารอินทรีย์
2. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน คือ การบำบัดน้ำเสียโดยการใช้แบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียด้วยปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจนมีข้อดีกว่าแบบใช้ออกซิเจน คือ ไม่ต้องทำการหมุนเวียนตะกอน ได้ก๊าซมีเทนซึ่งอาจนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ เหมาะสำหรับการบำบัดน้ำทิ้งที่มีความเข้มข้นสูง และลดปริมาณของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตามการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจนก็มีข้อเสีย คือ แบคทีเรียที่ใช้ในการบำบัดเจริญเติบโตช้าจึงต้องใช้เวลาในการเริ่มต้นบำบัด นอกจากนี้ยังเกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ทำให้น้ำทิ้งมีกลิ่นเหม็น และมีสีดำ

#### จุดประสงค์

1. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการ และวิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน และไม่ใช้ออกซิเจนได้
2. นักเรียนสามารถบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน และไม่ใช้ออกซิเจนได้
3. นักเรียนสามารถสรุปข้อดี ข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน และไม่ใช้ออกซิเจนได้

เวลาที่ใช้ 2 คาบ (คาบละ 50 นาที)

#### สารเคมีและอุปกรณ์

- |                     |                         |
|---------------------|-------------------------|
| 1. น้ำเสียจากโรงงาน | 2,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร |
| 2. น้ำเสียจากชุมชน  | 2,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร |

3. น้ำมูลสัตว์	2,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
4. น้ำล้างจาน	2,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
5. เครื่องปั๊มลม (ชนิดที่ใช้ใส่ในตู้ปลา)	2 เครื่อง
6. ขวดน้ำพลาสติกใสขนาด 2,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร	8 ขวด
7. กระดาษชูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์	36 แผ่น
8. เทอร์โมมิเตอร์	1 อัน
9. แท่งแก้วคนสาร	1 แท่ง
10. แผ่นกระจก	1 แผ่น

### วิธีการทดลอง

1. เตรียมขวดน้ำพลาสติกใสขนาด 2,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 8 ขวด แบ่งออกเป็น ชุดที่ 1 จำนวน 4 ขวด และชุดที่ 2 จำนวน 4 ขวด (ตัดปากขวด) ติดป้ายชื่อบนขวดน้ำทุกขวด
2. นำน้ำเสียจากโรงงาน น้ำเสียจากชุมชน น้ำมูลสัตว์ และน้ำล้างจาน อย่างละ 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร มาใส่ขวดชุดที่ 1 และชุดที่ 2
3. สังเกตสี กลิ่น และปริมาณตะกอนของน้ำทั้ง 8 ขวด แล้วบันทึกผลลงในตาราง
4. ใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิของน้ำทั้ง 8 ขวด แล้วบันทึกผลลงในตาราง
5. ใช้กระดาษชูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์วัดค่า pH ของน้ำทั้ง 8 ขวด แล้วบันทึกผลลงในตาราง
6. นำฝาปิดปากขวดน้ำชุดที่ 1 ให้สนิทอย่าให้อากาศภายนอกเข้าไปในขวดได้ ส่วนน้ำชุดที่ 2 เปิดปั๊มลมเพื่อเติมก๊าซออกซิเจนตลอดเวลา
7. สังเกตการเปลี่ยนแปลงของสี กลิ่น ปริมาณตะกอน ความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิของน้ำตัวอย่างชุดที่ 1 และ 2 ทุก 2 วัน เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 8 วัน บันทึกผลลงในตาราง
8. สรุปผลการทดลองเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ แบบใช้ออกซิเจนและแบบไม่ใช้ออกซิเจน







สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

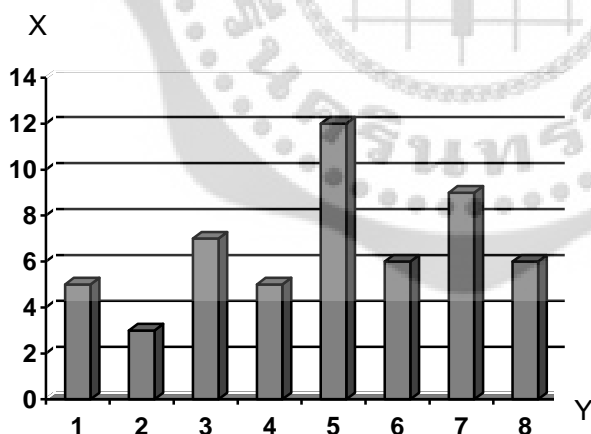


## คำถามท้ายบทปฏิบัติการ

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย X ทับตัวอักษรที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. น้ำทิ้งที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูงควรเลือกใช้วิธีใดในการบำบัด
  - ก. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี
  - ข. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ
  - ค. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน
  - ง. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน
2. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนได้ก๊าซอะไร
  - ก. ก๊าซมีเทน
  - ข. ก๊าซออกซิเจน
  - ค. ก๊าซไนโตรเจน
  - ง. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
3. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบใดต้องอาศัยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชน้ำและสาหร่ายสีเขียว
  - ก. แบบที่จุลินทรีย์ใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิต
  - ข. แบบที่จุลินทรีย์ไม่ใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิต
  - ค. แบบที่จุลินทรีย์ใช้ได้ทั้งออกซิเจน และใช้ไฮโดรเจนในการดำรงชีวิต
  - ง. แบบที่จุลินทรีย์ใช้ได้ทั้งออกซิเจน และไม่ใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิต
4. ระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยการเลี้ยงจุลินทรีย์ให้เกาะติดบนแผ่นจานหมุนซึ่งมีการหมุนอยู่ตลอดเวลา คือระบบใด
  - ก. ระบบบ่อด่าง
  - ข. ระบบเลี้ยงตะกอน
  - ค. ระบบบ่อไร้ออกซิเจน
  - ง. ระบบจานหมุนชีวภาพ
5. น้ำเสียจากแหล่งใดควรใช้การบำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน
  - ก. น้ำเสียจากบ้านเรือน
  - ข. น้ำเสียจากภัตตาคาร
  - ค. น้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกร
  - ง. น้ำเสียจากโรงงานกระดาษ

6. ข้อแตกต่างจากการบำบัดน้ำเสียจากโรงงาน น้ำเสียจากชุมชน น้ำล้างจาน และน้ำมูลสัตว์ ด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน คืออะไร
- ปริมาณตะกอน
  - ปริมาณเชื้อโรค
  - ปริมาณจุลินทรีย์
  - ปริมาณออกซิเจน
7. วิธีล้างเครื่องแก้วให้สะอาด ควรปฏิบัติอย่างไร
- ล้างด้วยน้ำสะอาดหลายๆ ครั้ง และคว่ำลงบนผ้าหรือที่คว่ำเครื่องแก้ว ทิ้งไว้ให้แห้ง เช็ดด้วยผ้าสะอาด
  - ล้างด้วยน้ำสะอาดหลายๆ ครั้ง เช็ดให้แห้งด้วยกระดาษหรือผ้าสะอาด และคว่ำลงบนผ้าหรือที่คว่ำเครื่องแก้ว
  - ล้างด้วยสบู่หรือสารซักล้าง น้ำสะอาด และคว่ำลงบนผ้าหรือที่คว่ำเครื่องแก้ว ทิ้งไว้ให้แห้ง ห้ามใช้กระดาษชำระหรือผ้าเช็ด
  - ล้างด้วยสบู่หรือสารซักล้าง น้ำสะอาด เช็ดให้แห้งด้วยกระดาษหรือผ้าสะอาด และคว่ำลงบนผ้าหรือที่คว่ำเครื่องแก้ว
8. จากกราฟต่อไปนี้ ถ้า Y คือชนิดตัวอย่างน้ำเสีย X คือข้อใด



- ค่าอุณหภูมิ
- ค่าปริมาณตะกอน
- ค่าปริมาณจุลินทรีย์
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง

9. ข้อดีของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน คืออะไร
- ก. ได้ก๊าซมีเทน
  - ข. ไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย
  - ค. ไม่ต้องทำการหมุนเวียนตะกอน
  - ง. เหมาะสำหรับบำบัดน้ำทิ้งที่มีความเข้มข้นสูง
10. เพราะเหตุใดการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนจึงช่วยลดปริมาณตะกอนได้ดีกว่าการบำบัดแบบใช้ออกซิเจน
- ก. ปริมาณตะกอนถูกสูบออกจากระบบตลอดเวลา
  - ข. ปริมาณตะกอนถูกย่อยสลายให้กลายเป็นก๊าซมีเทน
  - ค. ปริมาณตะกอนมีขนาดเล็กจึงละลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำ
  - ง. ปริมาณตะกอนถูกนำไปใช้เป็นแหล่งอาหารและพลังงานของจุลินทรีย์ที่ดำรงชีวิตแบบใช้ออกซิเจน



## ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการที่ 5

### การปรับปรุงคุณภาพน้ำ

#### สาระสำคัญ

การปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียหรือน้ำทิ้งจะมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี แต่ละวิธีจะทำการบำบัดแตกต่างกันออกไป น้ำเสียชุมชนหรือน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมจะต้องผ่านการบำบัดเป็นขั้นๆ ไป จนกว่าน้ำเสียเหล่านั้นจะปราศจากสิ่งปนเปื้อน

การเลือกวิธีในการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ถูกต้องควรผ่านการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นเสียก่อน หากตรวจสอบแล้วพบว่าลักษณะทางกายภาพของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพเดิมและมีค่าต่างจากเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดจัดว่าเป็น “น้ำเสีย” ซึ่งเกิดจากสาเหตุต่างๆ ดังนี้

1. สิ่งปนเปื้อนจากบ้านเรือน มักจะเป็นน้ำทิ้งจากการทำความสะอาดชะล้างสิ่งสกปรกส่วนใหญ่จะเป็นสารละลายผงซักฟอก และสารอินทรีย์จากกิจกรรมต่างๆ
  2. สิ่งปนเปื้อนจากการอุตสาหกรรม ได้แก่ น้ำทิ้ง และสารบางชนิดที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น
    - 2.1 สารละลายผงซักฟอกจากการชะล้างสิ่งสกปรกของเครื่องจักรและพื้นโรงงาน
    - 2.2 น้ำทิ้งที่มีอุณหภูมิสูงซึ่งเป็นน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตเมื่อปล่อยลงแหล่งน้ำมีผลทำให้ปริมาณการละลายของออกซิเจนในน้ำลดลง
    - 2.3 น้ำทิ้งที่มีสารเป็นพิษ เช่น ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม เป็นต้น
    - 2.4 น้ำมันเกิดจากการรั่วอย่างปราศจากความระมัดระวัง เช่น การเทน้ำมันที่ใช้แล้วลงแหล่งน้ำ การล้างโรงงานและเครื่องจักรกล การปล่อยให้น้ำมันรั่วไหลขณะสูบน้ำ เป็นต้น
    - 2.5 การทำเหมืองแร่ส่งผลให้ตะกอนดิน หิน ทราย และเศษแร่ธาตุไหลปนมากับน้ำลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ
  3. สิ่งปนเปื้อนจากการเกษตร ปัจจุบันเกษตรกรใช้สารเคมีกันมาก เช่น ปุ๋ย ยากำจัดศัตรูพืช ยาฆ่าแมลง นอกจากนี้ยังมีมูลสัตว์ ซึ่งสิ่งเหล่านี้ล้วนมีผลกระทบต่อแหล่งน้ำทั้งสิ้น
- การปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นกระบวนการที่จะทำให้น้ำที่ถูกปนเปื้อนมีคุณภาพดีเพียงพอกับการใช้สำหรับการอุปโภค เช่น น้ำใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ดังนั้น การปรับปรุงคุณภาพน้ำในแต่ละสถานที่จึงแตกต่างกันไปตามชนิด และความรุนแรงของสารปนเปื้อน





สิ่งปฏิกูลจากกิจกรรมต่างๆ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิด “น้ำเสีย”  
(ที่มา ; [www.namoon.go.th](http://www.namoon.go.th))

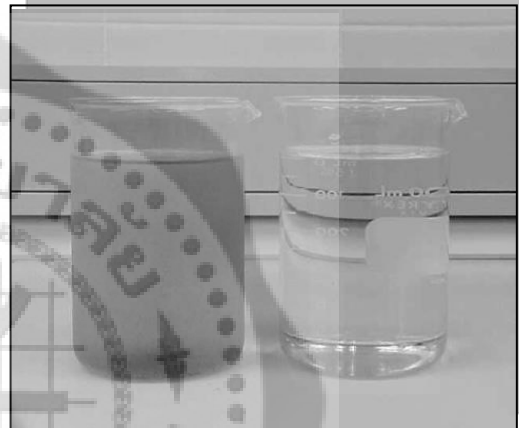


แหล่งน้ำดิบเพื่อการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ปราศจากสิ่งปนเปื้อน  
(ที่มา ; [www.namoon.go.th](http://www.namoon.go.th))

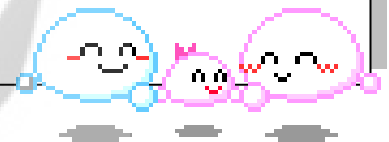
การปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยทั่วไปอาจแบ่งตามจุดประสงค์ได้ 2 ลักษณะ คือ การปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบก่อนนำไปใช้ และการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียก่อนระบายทิ้ง

1. การปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบก่อนนำไปใช้ คือ การลดสารปนเปื้อนด้วยวิธีการทางกายภาพและทางเคมี

2. การปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียก่อนระบายทิ้ง คือ การลดสารปนเปื้อนต่างๆ ไม่ให้เกินมาตรฐานที่กำหนดก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ



น้ำเสียที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ  
(ที่มา ; [www.dds.bma.go.th](http://www.dds.bma.go.th))



## บทปฏิบัติการที่ 5 การปรับปรุงคุณภาพน้ำ



### หลักการ

การปรับปรุงคุณภาพน้ำ คือ ตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นก่อนแล้วจึงนำน้ำนั้นไปทำการบำบัดเพื่อลดปริมาณสิ่งปนเปื้อนด้วยวิธีการต่างๆ ดังนี้

1. การบำบัดทางกายภาพ เป็นวิธีการแยกเอาสิ่งเจือปนออกจากแหล่งน้ำ เช่น กระดาษ พลาสติก เศษอาหาร กรวดทราย ไขมันและน้ำมัน โดยใช้อุปกรณ์ในการบำบัดคือ ตะแกรงดักขยะ ถังดักกรวดทราย ถังดักไขมันและน้ำมัน และถังดักตะกอน ซึ่งเป็นการลดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีในน้ำเสียเป็นหลัก

2. การบำบัดทางเคมี เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการทางเคมีเพื่อทำปฏิกิริยากับสิ่งเจือปนในน้ำเสีย วิธีการนี้จะใช้สำหรับน้ำเสียที่มีส่วนประกอบอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้ ค่าความเป็นกรด-ด่างที่สูงหรือต่ำเกินไป มีสารพิษ มีโลหะหนัก มีของแข็งแขวนลอยที่ตกตะกอนยาก มีไขมันที่ละลายน้ำ มีไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสที่สูงเกินไป และมีเชื้อโรคทั้งนี้อุปกรณ์ที่ใช้ในการบำบัดด้วยวิธีการทางเคมี ได้แก่ ถังกวนเร็ว ถังกวนช้า ถังตะกอน ถังกรอง และถังฆ่าเชื้อโรค

3. การบำบัดทางชีวภาพ เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้จุลินทรีย์กำจัดสิ่งสกปรกในน้ำเสียโดยความสกปรกเหล่านี้จะถูกใช้เป็นอาหารและเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์เพื่อการเจริญเติบโตทำให้น้ำเสียมีความสกปรกน้อยลง

การปรับปรุงคุณภาพน้ำแบ่งได้ 2 ลักษณะ ดังนี้

1. การปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบก่อนนำไปใช้ คือ การลดสารปนเปื้อนด้วยวิธีการทางกายภาพและทางเคมี

2. การปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียก่อนระบายทิ้ง คือ การลดสารปนเปื้อนต่างๆ ไม่ให้เกินมาตรฐานที่กำหนดก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

### จุดประสงค์

1. นักเรียนสามารถนำหลักการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นมาใช้ประโยชน์ในการเลือกวิธีปรับปรุงคุณภาพน้ำได้

2. นักเรียนสามารถเลือกวิธีการบำบัดน้ำเสียแบบต่างๆ ได้เหมาะสมกับชนิดของน้ำเสีย

เวลาที่ใช้ 2 คาบ (คาบละ 50 นาที)

สารเคมีและอุปกรณ์

1. น้ำคลองแจ่งร้อน	2,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. น้ำสบู่	1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
3. น้ำปูนขาว	1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
4. น้ำปูนแดง	1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
5. น้ำมันพืช	10 ลูกบาศก์เซนติเมตร
6. สารส้ม	20 กรัม
7. ข้าวสุก	20 กรัม
8. กระชอน	1 อัน
9. แท่งแก้วคนสาร	1 แท่ง
10. ดินเหนียว	20 กรัม
11. ฝาขาวบาง	1 ฝืน
12. ดินเหนียว	20 กรัม
13. หลอดหยด	2 หลอด
14. กรดอะซิติก	2 ลูกบาศก์เซนติเมตร
15. กระดาษลิตมัส	10 แผ่น
16. กระดาษกรอง	5 แผ่น
17. ตะแกรงละเอียด	1 อัน
18. โซเดียมไฮดรอกไซด์	2 ลูกบาศก์เซนติเมตร
19. กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์	10 แผ่น
20. ขวดโหลขนาด 2,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร	2 ใบ
21. ปีกเกอร์ขนาด 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร	2 ใบ

### วิธีการทดลอง

1. นำขวดโหลขนาด 2,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 2 ใบ ใส่สารละลายที่ครูเตรียมไว้ปริมาตร 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร และติดป้ายชื่อสารละลายตามหมายเลข
2. ตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นด้วยวิธีการที่เคยทำการทดลองมาแล้วจากบทปฏิบัติการที่ 1 บันทึกผลลงในตารางที่กำหนด
3. เลือกวิธีการบำบัดน้ำเสียเพื่อปรับสภาพน้ำให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น บันทึกผลลงในตารางที่กำหนด
4. สรุปผลการทดลอง และเสนอแนวทางในการนำความรู้เกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการต่างๆ ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน



## รายงานผลการทดลอง



### บทปฏิบัติการที่ 5 การปรับปรุงคุณภาพน้ำ

ชื่อผู้ทดลอง

1 ..... 2 .....

3 ..... 4 .....

5 .....

วัน/เดือน/ปี..... ชื่อกลุ่ม..... ชั้น.....

จุดประสงค์การทดลอง

1 .....

2 .....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

น้ำตัวอย่าง	กรด	เบส	pH	ตกตะกอน	ไม่ ตกตะกอน	วิธีการปรับปรุง คุณภาพน้ำ
สารละลาย หมายเลข 1						



### คำถามท้ายบทปฏิบัติการ



**คำชี้แจง** ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย X ทับตัวอักษรที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. สิ่งใดที่ควรคำนึงถึงอันดับแรกในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ
  - ก. สี
  - ข. กลิ่น
  - ค. ตะกอน
  - ง. สารปนเปื้อน
2. ค่า pH หมายความว่าหมายตรงกับข้อใด
  - ก. ค่าบอกสถานะของสาร
  - ข. ค่าบอกคุณภาพของสาร
  - ค. ค่าที่บอกความเป็นกรด-ด่าง
  - ง. ค่าที่บอกความสามารถในการละลาย
3. ถ้าน้ำในชุมชนที่นักเรียนอาศัยอยู่มีการปนเปื้อนของถุงพลาสติกนักเรียนจะเลือกวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำวิธีใดเพื่อจะให้น้ำมีคุณภาพดีขึ้น
  - ก. หยิบออกด้วยมือ
  - ข. ตักออกด้วยกระชอน
  - ค. กรองด้วยผ้าขาวบาง
  - ง. กรองด้วยตะแกรงหยาบ
4. น้ำประปาที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมาจากกระบวนการใด
  - ก. การกลั่น
  - ข. การกรอง
  - ค. การบำบัดน้ำ
  - ง. การปรับปรุงคุณภาพน้ำ
5. ถ้านักเรียนต้องการเลือกวิธีปรับปรุงคุณภาพน้ำควรใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ข้อใดเป็นอันดับแรก
  - ก. ทักษะการวัด
  - ข. ทักษะการสังเกต
  - ค. ทักษะการทดลอง
  - ง. ทักษะการจำแนกประเภท

6. เมื่อแกว่งสารส้มในถังน้ำที่ขุ่นแล้วตั้งทิ้งไว้สักครู่นักเรียนจะสังเกตเห็นสิ่งใด
- น้ำใส
  - น้ำขุ่น
  - น้ำมีตะกอน
  - น้ำใส และมีตะกอนก้นถัง
7. น้ำมันและคราบไขมันในน้ำส่งผลให้เกิดปัญหาต่อสัตว์น้ำในเรื่องใดมากที่สุด
- รบกวนที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ
  - น้ำมันและคราบไขมันทำให้สัตว์น้ำตาย
  - ออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการหายใจของสัตว์น้ำ
  - ลดอุณหภูมิของน้ำส่งผลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ
8. ในน้ำเสียที่มีไขมันปนเปื้อนอยู่เมื่อได้รับความเย็นจะมีลักษณะอย่างไร
- เป็นไอ
  - เป็นแผ่น
  - เป็นของเหลว
  - ละลายปนกับน้ำ
9. ปัจจุบันรัฐบาลให้ความสนใจในเรื่องการปรับปรุงคุณภาพน้ำ และบำบัดน้ำเสียเพื่อจุดประสงค์ใด
- เพื่อลดปริมาณขยะในน้ำ
  - เพื่อรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม
  - เพื่อลดการใช้น้ำโดยไม่จำเป็น
  - เพื่อความสะอาดในการคมนาคมทางน้ำ
10. การใช้แท่งแก้วคนสาร ควรปฏิบัติอย่างไร
- ใช้แท่งแก้วคนสารในทิศทางต่างกัน ไม่ให้กระทบกันและด้านข้างของภาชนะ หลังใช้เสร็จล้างให้สะอาด เช็ดให้แห้ง และเก็บให้เรียบร้อย
  - ใช้แท่งแก้วคนสารในทิศทางเดียวกัน ไม่ให้กระทบกันและด้านข้างของภาชนะ หลังใช้เสร็จล้างให้สะอาด เช็ดให้แห้ง และเก็บให้เรียบร้อย
  - ใช้แท่งแก้วคนสารในทิศทางต่างกัน ให้กระทบกันและด้านข้างของภาชนะ หลังใช้เสร็จล้างให้สะอาด เช็ดให้แห้ง และเก็บให้เรียบร้อย
  - ใช้แท่งแก้วคนสารในทิศทางเดียวกัน ให้กระทบกันและด้านข้างของภาชนะ หลังใช้เสร็จ เช็ดให้แห้ง และเก็บให้เรียบร้อย

## คู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการที่ 1 การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สามารถใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นได้
2. สามารถบอกคุณภาพน้ำเบื้องต้นโดยการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ และลักษณะทางเคมีได้
3. เปรียบเทียบน้ำสะอาดกับน้ำเสียได้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้ความรู้ตามรายละเอียดในใบความรู้ (ใช้เวลาประมาณ 20 นาที)

### บทปฏิบัติการที่ 1 การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น

จุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นโดยการสังเกต และใช้อุปกรณ์ที่หาได้ง่าย

### จุดประสงค์การทดลอง

1. บอกลักษณะทางกายภาพของน้ำได้
2. ตรวจสอบคุณภาพน้ำตัวอย่างได้
3. สามารถเปรียบเทียบลักษณะของน้ำสะอาดกับน้ำเสียได้

เวลาที่ใช้	อธิบายก่อนการทดลอง	20 นาที
	ทำการทดลอง	40 นาที
	อธิบายหลังการทดลอง	30 นาที
	ทำคำถามท้ายบทปฏิบัติการ	10 นาที
	รวม	100 นาที

### สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
สารเคมี	
น้ำกลั่น	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำเสียจากชุมชน	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำคลองแจรงร้อน	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

## สารเคมี และอุปกรณ์ (ต่อ)

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
<b>สารเคมี</b>	
น้ำประปา	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำล้างจาน	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำส้มสายชู	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำยาล้างห้องน้ำ	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำสบู่	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำจากตู้ล้างปลา	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำซักผ้า	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
<b>อุปกรณ์</b>	
กระบอกแก้วตวง ขนาด 100 ลูกบาศก์- เซนติเมตร	1 ใบ
แท่งแก้วคนสาร	1 แท่ง
แผ่นกระจก	1 แผ่น
เทอร์โมมิเตอร์	1 อัน
กระดาดช้อนนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์	10 แผ่น

## การเตรียมล่วงหน้า

ครูเตรียมตัวอย่างน้ำต่างๆ ดังนี้

1. น้ำกลั่น ควรเป็นน้ำกลั่นที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ
2. น้ำเสียจากชุมชน เป็นน้ำเสียที่มีสีดำ และมีกลิ่นเหม็นโดยให้นักเรียนเตรียมมาในตอนเช้า

ก่อนทำการทดลอง

3. น้ำคลองแจ่งร้อน ควรเตรียมทันทีที่มีการทดลอง
4. น้ำประปา ควรเปิดใส่ภาชนะปากกว้างก่อน 1 วัน เพื่อให้ปราศจากกลิ่นคลอรีน

5. น้ำล้างจาน เป็นน้ำที่มีการผสมกันระหว่างน้ำ เศษอาหาร และน้ำยาล้างจานโดยให้นักเรียนเตรียมมาในตอนเช้าก่อนทำการทดลอง
6. น้ำส้มสายชู ควรผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:3
7. น้ำยาล้างห้องน้ำ ควรผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:3
8. น้ำสบู่ เป็นน้ำสบู่ที่ได้จากการล้างทำความสะอาดมือของนักเรียน
9. น้ำจากตู้เลี้ยงปลา เป็นน้ำที่มีสาหร่ายทางกระบอกเจริญเติบโตอยู่ร่วมกับปลาหางนกยูง ซึ่งไม่มีการเติมออกซิเจนให้กับน้ำ
10. น้ำซักผ้า เป็นน้ำในการซักผ้าครั้งแรกซึ่งมีผงซักฟอกผสมอยู่โดยให้นักเรียนเตรียมมาในตอนเช้าก่อนทำการทดลอง

### อภิปรายก่อนการทดลอง

ครูแนะนำให้นักเรียนในหัวข้อต่อไปนี้

1. ห้ามนักเรียนชิมน้ำตัวอย่างทุกชนิด และวิธีการดมสารเคมีให้ใช้มือพัดกลิ่นมาดมห้ามใช้จมูกดมกลิ่นโดยตรง
2. อธิบายวิธีการใช้อุปกรณ์ในการทดลอง เช่น การใช้กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ การใช้เทอร์โมมิเตอร์ และการใช้กระบอกตวง
  - 2.1 การทดสอบโดยใช้กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ ใช้แท่งแก้วจุ่มลงในน้ำตัวอย่างนำมาแตะที่กระดาษ ยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ จากนั้นสังเกตสีที่เปลี่ยนเทียบกับสีมาตรฐานที่กำหนด การอ่านเลขที่ตรงกับสีจะต้องอ่านภายในเวลา 30 วินาที สีที่เปลี่ยนหลัง 30 วินาที จะเป็นค่าที่ผิดพลาด
  - 2.2 การใช้เทอร์โมมิเตอร์ต้องให้กระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์จุ่มอยู่ในสิ่งนั้นหรือสัมผัสกับสิ่งที่จะวัดให้มากที่สุด และก้านของเทอร์โมมิเตอร์ต้องตั้งตรง เมื่อระดับของเหลวในเทอร์โมมิเตอร์ไม่เปลี่ยนแปลงแล้ว จึงอ่านค่าอุณหภูมิตรงขีดที่ตรงกับระดับของเหลวในเทอร์โมมิเตอร์โดยให้สายตาอยู่ที่ระดับเดียวกับของเหลว และเทอร์โมมิเตอร์ยังจุ่มอยู่ในสิ่งที่ต้องการวัด
  - 2.3 การอ่านค่าบนกระบอกตวง เนื่องจากลักษณะผิวหน้าของของน้ำแก้วตรงกลาง ขณะอ่านให้อ่านที่ขีดบอกระดับตรงส่วนล่างสุดของผิวโค้งโดยให้ตาอยู่ตรงกับระดับน้ำเสมอ
3. ให้นักเรียนทำการทดลองเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน
4. ติดป้ายชื่อตัวอย่างทุกชนิดที่นำมาทดลองที่ข้างบีกเกอร์ทุกใบ
5. บันทึกผลการทดลอง
6. อภิปรายผลการทดลอง และสรุปผลการทดลองให้สอดคล้องกับข้อมูลที่บันทึกไว้

ตารางบันทึกผล การสังเกต สี กลิ่น และตะกอนในน้ำตัวอย่าง

น้ำตัวอย่าง	สี		กลิ่น		ตะกอน	
	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี
น้ำกลั่น		/		/		/
น้ำเสียจากชุมชน	/		/		/	
น้ำคลองแจรงร้อน	/		/		/	
น้ำประปา		/		/		/
น้ำล้างจาน	/		/		/	
น้ำส้มสายชู		/	/			/
น้ำยาล้างห้องน้ำ	/		/			/
น้ำสบู่	/		/		/	
น้ำจากตู้เลี้ยงปลา	/		/		/	
น้ำซักผ้า	/		/		/	

หมายเหตุ ผลการทดลองอาจเปลี่ยนแปลงไปตามการทดลองที่ทดลองได้จริง

ตารางบันทึกผล การตรวจสอบความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ

น้ำตัวอย่าง	เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง	
	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	อุณหภูมิ (°C)
	5.0 –9.0	ไม่เกิน 38
น้ำกลั่น	7	27
น้ำเสียจากชุมชน	10	30
น้ำคลองแจรงร้อน	7	30
น้ำประปา	7	27
น้ำล้างจาน	6	28
น้ำส้มสายชู	3	28

น้ำยาล้างห้องน้ำ	1	28
น้ำสบู่	9	27
น้ำจากตู้เลี้ยงปลา	7	28
น้ำซักผ้า	10	28

### อภิปรายหลังการทดลอง

1. ให้นักเรียนเสนอผลการทดลองบนกระดานดำ
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปดังนี้
  - 2.1 น้ำที่มีผลการทดลองเช่นเดียวกับน้ำกลั่น คือ น้ำประปา แสดงว่าน้ำนั้นเป็นน้ำสะอาดสามารถนำไปใช้ในการบริโภคได้
  - 2.2 น้ำที่มีผลการทดลองแตกต่างจากน้ำกลั่น คือ น้ำเสียจากชุมชน มีสีเทาดำ กลิ่นเหม็น มีเศษอาหาร และวัสดุไม่ย่อยสลายปนเปื้อน
 

น้ำคลองแจ้วร้อน มีสีดำอ่อนๆ กลิ่นเหม็นเล็กน้อย มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์และอนินทรีย์จากแหล่งกำเนิดต่างๆ

น้ำล้างจาน มีสีส้ม-แดงคล้ายสีของพริก กลิ่นเหม็น มีเศษอาหารปนหลายชนิด

น้ำส้มสายชู มีกลิ่นเปรี้ยว ค่า pH เท่ากับ 3 แสดงว่าน้ำนั้นมีสภาพเป็นกรดซึ่งสามารถนำมาใช้ในการปรุงอาหารได้แต่ห้ามใช้ในปริมาณที่มากเพราะจะทำให้เกิดโทษต่อร่างกาย

น้ำยาล้างห้องน้ำ มีสีฟ้า ค่า pH เท่ากับ 1 แสดงว่าน้ำมีสภาพความเป็นกรดที่รุนแรง

น้ำสบู่ สีขาวขุ่น กลิ่นหอม มีฟองอากาศขนาดเล็กลอยอยู่ผิวน้ำ

น้ำจากตู้เลี้ยงปลา มีสีเหลืองอ่อน มีกลิ่นเล็กน้อย พบการปะปนของเศษสาหร่ายหางกระรอกแต่มีปริมาณน้อยมาก

น้ำซักผ้า มีสีดำ กลิ่นฉุนฟอก มีฟองสีขาวลอยอยู่ที่ผิวของน้ำ

ดังนั้น น้ำเสียจากชุมชน น้ำคลองแจ้วร้อน น้ำล้างจาน น้ำส้มสายชู น้ำยาล้างห้องน้ำ น้ำสบู่ น้ำจากตู้เลี้ยงปลา และน้ำซักผ้า จึงเป็นน้ำเสียเนื่องจากมีลักษณะที่แตกต่างไปจากน้ำกลั่น
  - 2.3 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานซึ่งน้ำที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือ น้ำกลั่น และน้ำประปา

แนวคำตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการ

- ข้อที่ 1 เฉลย ค. น้ำที่มีกลิ่นเหม็นของมูลสัตว์
- ข้อที่ 2 เฉลย ก. เขียนกราฟ
- ข้อที่ 3 เฉลย ค. น้ำประปา น้ำยาล้างห้องน้ำ
- ข้อที่ 4 เฉลย ง. เพราะน้ำที่เป็นกลางมีค่า pH เท่ากับ 7
- ข้อที่ 5 เฉลย ก. น้ำกลั่น น้ำประปา
- ข้อที่ 6 เฉลย ง. น้ำคลองแจรงร้อน
- ข้อที่ 7 เฉลย ข. สารละลายผงซักฟอก
- ข้อที่ 8 เฉลย ง. กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์
- ข้อที่ 9 เฉลย ง. ใช้แท่งแก้วจุ่มลงในน้ำตัวอย่างแล้วนำไปแตะกระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ ที่วางบนแผ่นกระจก
- ข้อที่ 10 เฉลย ค. ให้สมาชิกเพียงคนเดียวของกลุ่มวัดอุณหภูมิของน้ำตัวอย่างอย่างระมัดระวัง 4 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยจากการวัด 4 ครั้ง

## คู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการที่ 2 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายหลักการในการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ
2. สามารถเลือกใช้วิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ
3. สรุปข้อดี ข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้ความรู้ตามรายละเอียดในใบความรู้ (ใช้เวลาประมาณ 20 นาที)

### บทปฏิบัติการที่ 2 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ

จุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพโดยเลือกใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสมกับน้ำตัวอย่าง

### จุดประสงค์การทดลอง

1. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพได้
2. นักเรียนสามารถเลือกใช้วิธี และอุปกรณ์บำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพได้อย่างเหมาะสมกับประเภทของน้ำเสียได้
3. นักเรียนสามารถสรุปข้อดี ข้อเสียของการบำบัดด้วยวิธีทางกายภาพได้

เวลาที่ใช้	อภิปรายก่อนการทดลอง	20 นาที
	ทำการทดลอง	40 นาที
	อภิปรายหลังการทดลอง	30 นาที
	ทำคำถามท้ายบทปฏิบัติการ	10 นาที
	รวม	100 นาที

### สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
<u>สารเคมี</u>	
น้ำผสมกับข้าวสุก	1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำผสมกับเศษกระดาษ	1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

### สารเคมีและอุปกรณ์ (ต่อ)

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
<u>สารเคมี</u>	
น้ำผสมกับดินบดละเอียด	1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำที่มีสารแขวนลอย	1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

<u>อุปกรณ์</u>	
ตะแกรงหยาบ	1 อัน
ตะแกรงละเอียด	1 อัน
กระชอน	1 อัน
ผ้าขาวบาง	1 อัน
ถังตกตะกอน	1 ใบ
ขวดพลาสติกชนิดใส ขนาด 2 ลิตร	4 ขวด

### การเตรียมล่วงหน้า

1. น้ำผสมข้าวสุก ใช้ข้าวสุก จำนวน 50 กรัม เติมน้ำให้ครบ 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. น้ำผสมกับกระดาษ ฉีกกระดาษให้เป็นชิ้นเล็กๆ ใส่ลงในขวดพลาสติกใส จำนวน 10 กรัม เติมน้ำให้ครบ 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
3. น้ำผสมกับดินบดละเอียด น้ำดินที่บดละเอียดแล้วใส่ในขวดพลาสติกใส จำนวน 10 กรัม เติมน้ำให้ครบ 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
4. น้ำที่มีสารแขวนลอย ให้นักเรียนเตรียมมาจากบ้านโดยนำมาจากแหล่งน้ำใกล้บ้าน

### อภิปรายก่อนการทดลอง

ครูแนะนำให้นักเรียนในหัวข้อต่อไปนี้

1. ห้ามนักเรียนชิมน้ำตัวอย่างทุกชนิด
2. อธิบายวิธีการใช้อุปกรณ์ในการทดลอง เช่น การใช้ตะแกรง การใช้ผ้าขาวบาง การใช้ถังตกตะกอน และการใช้กระชอน
3. ให้นักเรียนทำการทดลองเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน
4. ติดป้ายชื่อน้ำตัวอย่างที่ขวดทุกขวด
5. ออกแบบการทดลอง แล้วบันทึกผลการทดลองในตารางบันทึกผลการทดลองที่กำหนดให้
6. อภิปรายผลการทดลองและสรุปผลการทดลองให้สอดคล้องกับข้อมูลที่บันทึกไว้

### ผลการทดลอง

น้ำตัวอย่าง	อุปกรณ์ที่ใช้ในการบำบัด
น้ำผสมกับข้าวสุก	ตะแกรงละเอียด กระชอน ถังตกตะกอน
น้ำผสมกับเศษกระดาษ	ตะแกรงหยาบ ตะแกรงละเอียด
น้ำผสมกับดินบดละเอียด	ผ้าขาวบาง ถังตกตะกอน
น้ำที่มีสารแขวนลอย	ตะแกรงละเอียด ผ้าขาวบาง ถังตกตะกอน

### อภิปรายผลหลังการทดลอง

1. ให้นักเรียนเสนอผลการออกแบบการทดลองบนกระดานดำ
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุป ดังนี้
  - 2.1 น้ำผสมกับข้าวสุก อุปกรณ์ที่ใช้ในการบำบัดควรจะเป็นตะแกรงละเอียด กระชอน เพราะข้าวสุกมีขนาดเล็ก แต่ถ้ามีเศษอาหารหลุดรอดไปได้ก็ใช้ผ้าขาวบางหรือถังตกตะกอนเพื่อแยกให้ตะกอนเล็กๆ ตกลงสู่ก้นถัง
  - 2.2 น้ำผสมกับเศษกระดาษ อุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการบำบัดควรจะเป็นตะแกรงหยาบหรือละเอียดขึ้นอยู่กับขนาดของกระดาษที่จะทำการบำบัด
  - 2.3 น้ำผสมกับดินบดละเอียด อุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการบำบัดควรใช้ผ้าขาวบาง และถ้ามีส่วนที่รอดจากผ้าขาวบางออกไปได้ก็ใช้ถังตกตะกอนเพื่อแยกให้ตะกอนเล็กๆ ตกลงสู่ก้นถัง

2.4 น้ำที่มีสารแขวนลอย ต้องพิจารณาสารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำก่อน ต่อจากนั้นจึงเลือกใช้อุปกรณ์ที่นำมาบำบัดซึ่งควรเป็นตะแกรงละเอียด ผ้าขาวบาง และถังตกตะกอน เพราะว่ามีสารแขวนลอยที่มาจากแหล่งชุมชนจะมีสารแขวนลอยที่เล็กและละเอียดมาก

สรุปจากผลการทดลอง การเลือกใช้อุปกรณ์ในการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพจะต้องพิจารณาสิ่งที่ปะปนอยู่ในน้ำก่อน ต่อจากนั้นจึงเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับการบำบัดไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เดียวในการบำบัดเพราะสิ่งที่ปะปนมากับน้ำเสียนั้นมีขนาดแตกต่างกัน

#### แนวคำตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการ

- ข้อที่ 1 เฉลย ก. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพ
- ข้อที่ 2 เฉลย ค. ตะแกรงหยาบ
- ข้อที่ 3 เฉลย ง. น้ำผสมกับดินบดละเอียดกับถังตกตะกอน
- ข้อที่ 4 เฉลย ก. มีผักตบชวาเต็มคลอง
- ข้อที่ 5 เฉลย ค. ปริมาณตะกอนลดลง น้ำใสขึ้น
- ข้อที่ 6 เฉลย ข. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ
- ข้อที่ 7 เฉลย ง. ตะแกรงละเอียด
- ข้อที่ 8 เฉลย ง. แก้วสารส้มให้ความขุ่น และตะกอนตกลงก้นถัง
- ข้อที่ 9 เฉลย ค. น้ำที่ได้จากการบำบัดมีคุณภาพต่ำ
- ข้อที่ 10 เฉลย ค. แยกของแข็งขนาดใหญ่ออกจากน้ำเสีย

### คู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการที่ 3 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายหลักการของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี
2. สามารถเลือกใช้วิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี
3. สรุปข้อดี ข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้ความรู้ตามรายละเอียดในใบความรู้ (ใช้เวลาประมาณ 20 นาที)

#### บทปฏิบัติการที่ 3 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี

จุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมีโดยการทำให้เป็นกลาง

#### จุดประสงค์การทดลอง

1. อธิบายขั้นตอน และหลักการของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมีได้
2. เลือกใช้วิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมีได้อย่างเหมาะสมกับประเภทของน้ำเสีย
3. สามารถสรุปข้อดี ข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี

เวลาที่ใช้	อธิบายก่อนการทดลอง	20 นาที
	ทำการทดลอง	40 นาที
	อธิบายหลังการทดลอง	30 นาที
	ทำคำถามท้ายบทปฏิบัติการ	10 นาที
	รวม	100 นาที

#### สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
สารเคมี	
น้ำมะนาว	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำมะขามเปียก	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำมะกรูด	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

สารเคมีและอุปกรณ์ (ต่อ)

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
<b>สารเคมี</b>	
น้ำส้มสายชู	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำปูนขาว	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำขี้เถ้า	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำปูนแดง	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำสบู่	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำคลองแจรงร้อน	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำเสียชุมชน	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
<b>อุปกรณ์</b>	
ขวดโหลขนาด 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร	8 ใบ
กระดาษทิชชู	1 ม้วน
หลอดหยด	8 อัน
แท่งแก้วคนสาร	8 แท่ง
แผ่นกระดาษ	1 แผ่น
กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์	8 แผ่น
ถ้วยตวง	1 ใบ

การเตรียมล่วงหน้า

ครูเตรียมน้ำตัวอย่างต่างๆ ดังนี้

1. นำน้ำมะนาว 1 ถ้วยตวง ผสมน้ำประปาให้ครบ 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนให้เข้ากัน
2. นำน้ำมะขามเปียก 1 ถ้วยตวง ผสมน้ำประปาให้ครบ 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนให้เข้ากัน
3. นำน้ำมะกรูด 1 ถ้วยตวง ผสมน้ำประปาให้ครบ 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนให้เข้ากัน
4. นำน้ำส้มสายชู 1 ถ้วยตวง ผสมน้ำประปาให้ครบ 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนให้เข้ากัน
5. นำปูนขาว 1 ถ้วยตวง ผสมน้ำประปาให้ครบ 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนให้เข้ากัน
6. นำขี้เถ้า 1 ถ้วยตวง ผสมน้ำประปาให้ครบ 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนให้เข้ากัน

7. นำปูนแดง 1 ถ้วยตวง ผสมน้ำประปาให้ครบ 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนให้เข้ากัน
8. นำสบู่เหลว 1 ถ้วยตวง ผสมน้ำประปาให้ครบ 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนให้เข้ากัน
9. น้ำประปา ควรเปิดใส่ภาชนะปากกว้างตั้งทิ้งไว้ 1 วัน ก่อนทำการทดลอง
10. น้ำเสียชุมชน และน้ำคลองแจรงร้อนควรเตรียมในวันทำการทดลอง

#### อภิปรายก่อนการทดลอง

ครูแนะนำให้นักเรียนในหัวข้อต่อไปนี้

1. ห้ามนักเรียนชิมน้ำตัวอย่างทุกชนิด
2. อธิบายวิธีการใช้อุปกรณ์ในการทดลอง เช่น การใช้หลอดหยด การใช้กระดาษลิตมัส
3. ให้นักเรียนทำการทดลองเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน
4. นำขวดโหลขนาด 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 8 ขวด มารับน้ำตัวอย่าง ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต่อ 1 ขวด เขียนป้ายชื่อติดข้างขวดสำหรับน้ำตัวอย่างแต่ละชนิด
5. ตรวจสอบความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำตัวอย่างแต่ละชนิด และเลือกใช้น้ำตัวอย่างที่ให้มาเป็นตัวปรับสภาพความเป็นกรดหรือด่าง โดยทำให้เป็นกลาง
6. บันทึกผลการทดลอง
7. อภิปรายผลการทดลอง และสรุปผลการทดลองให้สอดคล้องกับข้อมูลที่บันทึกไว้

#### ผลการทดลอง (ตารางที่ 1)

น้ำตัวอย่าง	pH	กรด	เบส
น้ำมะนาว	4	/	
น้ำมะขามเปียก	4	/	
น้ำมะกรูด	4	/	
น้ำส้มสายชู	2	/	
น้ำปูนขาว	10		/
น้ำซีเมนต์	10		/
น้ำปูนแดง	10		/
น้ำสบู่	11		/
น้ำคลองแจรงร้อน	6	/	
น้ำเสียชุมชน	6	/	

## ผลการทดลอง (ตารางที่ 2)

น้ำตัวอย่าง	pH	จำนวนหยด		สภาพ
		กรด	เบส	
น้ำมะนาว + น้ำสบู่	5	15	30	กลาง
น้ำมะกรูด + น้ำขี้เถ้า	5	15	30	กลาง
น้ำมะขามเปียก + น้ำปูนขาว	5	15	30	กลาง
น้ำส้มสายชู + น้ำปูนแดง	5	15	30	กลาง
น้ำมะนาว + น้ำปูนแดง	5	15	30	กลาง
น้ำมะกรูด + น้ำปูนขาว	5	15	30	กลาง
น้ำมะขามเปียก + น้ำขี้เถ้า	5	15	30	กลาง
น้ำส้มสายชู + น้ำสบู่	5	15	30	กลาง
น้ำมะนาว + น้ำปูนขาว	5	15	30	กลาง
น้ำมะกรูด + น้ำสบู่	5	15	30	กลาง
น้ำมะขามเปียก + น้ำปูนแดง	5	15	30	กลาง
น้ำส้มสายชู + น้ำขี้เถ้า	5	15	30	กลาง
น้ำคลองแจรงร้อน + น้ำสบู่	7	-	-	กลาง
น้ำเสียจากชุมชน + น้ำขี้เถ้า	7	-	-	กลาง

หมายเหตุ ผลการทดลองอาจเปลี่ยนแปลงไปตามการทดลองจริง

### อภิปรายผลหลังการทดลอง

1. ให้นักเรียนเสนอผลการทดลองบนกระดานดำ
2. ครู และนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุป ดังนี้

2.1 ตรวจสอบสภาพความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำตัวอย่างที่จะนำมาทำการทดลอง ซึ่งน้ำตัวอย่างที่เป็นกรด ได้แก่ น้ำมะนาว น้ำมะขามเปียก น้ำมะกรูด และน้ำส้มสายชู ส่วนน้ำตัวอย่างที่เป็นเบส ได้แก่ น้ำปูนขาว น้ำขี้เถ้า น้ำปูนแดง น้ำสบู่ คลองแจรงร้อน และน้ำเสียจากชุมชน

2.2 การเลือกใช้น้ำตัวอย่างที่เป็นกรดหรือเบสเป็นตัวปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง เมื่อดูจากผลการทดลองจะเห็นว่า ถ้าใช้กรดในปริมาณที่เท่ากันจะต้องใช้น้ำตัวอย่างที่เป็นเบสมาปรับสภาพมากกว่า จึงจะทำให้ตัวอย่างทั้งสองชนิดมีสภาพเป็นกลาง

สรุปจากผลการทดลอง จะเห็นได้ว่าน้ำตัวอย่างที่เป็นกรดจะมีความเข้มข้นมากกว่าน้ำตัวอย่างที่เป็นเบส จึงต้องใช้น้ำตัวอย่างที่เป็นเบสในปริมาณที่มากกว่ามาปรับสภาพเพื่อให้มีสภาพเป็นกลาง

#### แนวคำตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการ

- ข้อที่ 1 เฉลย ข. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี
- ข้อที่ 2 เฉลย ก. น้ำสบู่
- ข้อที่ 3 เฉลย ง. น้ำมะนาวกับน้ำมะขามเปียก
- ข้อที่ 4 เฉลย ง. ปริมาณสารเคมีผสมอยู่ในน้ำเสียเพิ่มมากขึ้น
- ข้อที่ 5 เฉลย ง. น้ำผงซักฟอก
- ข้อที่ 6 เฉลย ง. ใช้กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์
- ข้อที่ 7 เฉลย ง. กรดกำมะถัน
- ข้อที่ 8 เฉลย ง. บอกไม่ได้จนกว่าจะมีการตรวจสอบคุณภาพน้ำก่อน
- ข้อที่ 9 เฉลย ค. การกำจัดตะกอนแขวนลอย
- ข้อที่ 10 เฉลย ง. ดูดของเหลวให้มีปริมาณใกล้เคียงกับที่ต้องการ เวลาบีบจุกยางให้ของเหลวหยดที่ละหยดในปริมาณที่เท่าๆ กัน เสร็จแล้วล้างให้สะอาดแล้วสะบัดให้แห้ง

**คู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการที่ 4**  
**การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ**

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายหลักการ และวิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนได้
2. สามารถบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนได้
3. เปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้ความรู้ตามรายละเอียดในใบความรู้ (ใช้เวลาประมาณ 20 นาที)

บทปฏิบัติการที่ 4 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ

จุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน และแบบไม่ใช้ออกซิเจน

จุดประสงค์การทดลอง

1. อธิบายหลัก และวิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบใช้และไม่ใช้ออกซิเจนออกซิเจนได้
2. สามารถบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนได้
3. เปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน

<u>เวลาที่ใช้</u>	อภิปรายก่อนการทดลอง	20 นาที
	ทำการทดลอง	40 นาที
	อภิปรายหลังการทดลอง	30 นาที
	ทำคำถามท้ายบทปฏิบัติการ	10 นาที
	รวม	100 นาที

### สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
<u>สารเคมี</u>	
น้ำเสียจากโรงงาน	2,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำเสียจากชุมชน	2,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำมูลสัตว์	2,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำล้างจาน	2,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
<u>อุปกรณ์</u>	
ขวดน้ำพลาสติกใสขนาด 2,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร	8 ขวด
เครื่องปั่นลม (ชนิดที่ใช้ใส่ในตู้ปลา)	2 เครื่อง
กระดาษยูนีเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์	36 อัน
เทอร์โมมิเตอร์	1 อัน
แท่งแก้วคนสาร	1 แท่ง
แผ่นกระดาษ	1 แผ่น

### การเตรียมล่วงหน้า

1. น้ำเสียจากโรงงานควรเป็นน้ำเสียที่ยังไม่ผ่านกระบวนการบำบัดใดๆ มาก่อน ครูให้นักเรียนเตรียมตอนเข้าก่อนทำการทดลอง
2. น้ำเสียจากชุมชนควรเป็นน้ำที่มีกลิ่นเหม็น และมีสีดำ ครูให้นักเรียนเตรียมตอนเข้าก่อนทำการทดลอง
3. น้ำมูลสัตว์ควรเตรียมไว้ล่วงหน้า 3 วัน ที่ความเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร เก็บไว้ในขวดปากแคบ และก่อนนำมาทำการทดลองควรกวนตะกอนให้ลอยตัวและผสมกับน้ำเป็นเนื้อเดียวกัน
4. น้ำล้างจานควรเป็นน้ำที่ได้จากการล้างจานครั้งแรก หรือใช้เศษอาหารผสมกับน้ำ 10 กรัมต่อลิตร ครูให้นักเรียนเตรียมตอนเข้าก่อนทำการทดลอง และก่อนทำการทดลองควรกวนตะกอนให้ลอยตัวและผสมกับน้ำเป็นเนื้อเดียวกัน

### อภิปรายก่อนการทดลอง

ครูแนะนำให้นักเรียนในหัวข้อต่อไปนี้

1. ห้ามนักเรียนชิมน้ำตัวอย่าง และในการดมกลิ่นให้ใช้มือพัดกลิ่นมาดมห้ามใช้จมูกดมโดยตรง
2. อธิบายวิธีใช้อุปกรณ์ในการทดลอง เช่น การใช้เครื่องปั๊มลม
3. ให้นักเรียนทำการทดลองเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน
4. นำขวดน้ำพลาสติกใสขนาด 2,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 8 ขวด มารับน้ำตัวอย่าง ปริมาตร 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต่อ 1 ขวด เขียนป้ายชื่อติดข้างขวดสำหรับน้ำตัวอย่างแต่ละชนิด (โดยแบ่งเป็น 2 ชุด)
5. ปิดปากขวดน้ำตัวอย่างชุดที่ 1 ส่วนน้ำตัวอย่างชุดที่ 2 ให้นำปั๊มลมที่มีหัวฟู่ใส่ลงไปในขวดน้ำชุดที่ 2 ทั้ง 4 ขวด (เปิดเครื่องปั๊มลมตลอดเวลาจนกว่าจะเสร็จการทดลอง)
6. บันทึกผลการทดลอง
7. สรุปผลการทดลองให้สอดคล้องกับข้อมูลที่บันทึกไว้

### ตารางบันทึกผล น้ำตัวอย่างก่อนการทดลอง

น้ำตัวอย่าง	สี		กลิ่น		ตะกอน		pH		อุณหภูมิ	
	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2
น้ำเสียจากโรงงาน	น้ำตาล	น้ำตาล	เหม็น	เหม็น	มี	มี	9	9	29	29
น้ำเสียจากชุมชน	ดำ	ดำ	เหม็น	เหม็น	มี	มี	7	7	30	30
น้ำมูลสัตว์	น้ำตาล	น้ำตาล	เหม็น	เหม็น	มี	มี	7	7	30	30
น้ำล้างจาน	ส้ม	ส้ม	เหม็น	เหม็น	มี	มี	6	6	31	31

### ตารางบันทึกผล น้ำตัวอย่างหลังการทดลอง 2 วัน

น้ำตัวอย่าง	สี		กลิ่น		ตะกอน		pH		อุณหภูมิ	
	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2
น้ำเสียจากโรงงาน	น้ำตาล	น้ำตาล	เหม็น	เหม็น	มี	มี	9	9	29	29
น้ำเสียจากชุมชน	ดำ	ดำ	เหม็น	เหม็น	มี	มี	7	7	30	30
น้ำมูลสัตว์	น้ำตาล	น้ำตาล	เหม็น	เหม็น	มี	มี	7	7	30	30
น้ำล้างจาน	ส้ม	ส้ม	เหม็น	เหม็น	มี	มี	6	6	31	31

ตารางบันทึกผล น้ำตัวอย่างหลังการทดลอง 4 วัน

น้ำตัวอย่าง	สี		กลิ่น		ตะกอน		pH		อุณหภูมิ	
	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2
น้ำเสียจากโรงงาน	น้ำตาล อ่อน	น้ำตาล อ่อน	เหม็น	ไม่ เหม็น	ลด ลง	มี	9	9	29	28
น้ำเสียจากชุมชน	จางลง	จางลง	เหม็น	ไม่ เหม็น	ลด ลง	มี	7	7	30	29
น้ำมูลสัตว์	น้ำตาล อ่อน	น้ำตาล อ่อน	เหม็น	ไม่ เหม็น	ลด ลง	มี	7	7	30	28
น้ำล้างจาน	จางลง	จางลง	เหม็น	ไม่ เหม็น	ลด ลง	มี	6	6	31	30

ตารางบันทึกผล น้ำตัวอย่างหลังการทดลอง 8 วัน

น้ำตัวอย่าง	สี		กลิ่น		ตะกอน		pH		อุณหภูมิ	
	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2
น้ำเสียจากโรงงาน	น้ำตาล อ่อน	น้ำตาล อ่อน	เหม็น	ไม่ เหม็น	ลด ลง	มี	9	9	29	28
น้ำเสียจากชุมชน	จางลง	จางลง	เหม็น	ไม่ เหม็น	ลด ลง	มี	7	7	30	29
น้ำมูลสัตว์	น้ำตาล อ่อน	น้ำตาล อ่อน	เหม็น	ไม่ เหม็น	ลด ลง	มี	7	7	30	28
น้ำล้างจาน	จางลง	จางลง	เหม็น	ไม่ เหม็น	ลด ลง	มี	6	6	31	30

## ผลการทดลอง (ครั้งที่ 5)

น้ำตัวอย่าง	สี		กลิ่น		ตะกอน		pH		อุณหภูมิ	
	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2
น้ำเสียจากโรงงาน	ใส	น้ำตาล อ่อน	เหม็น	ไม่ เหม็น	ลด ลง	มี	9	9	28	28
น้ำเสียจากชุมชน	จางลง	จางลง	เหม็น	ไม่ เหม็น	ลด ลง	มี	7	7	30	29
น้ำมูลสัตว์	น้ำตาล อ่อน	น้ำตาล อ่อน	เหม็น	ไม่ เหม็น	ลด ลง	มี	7	7	31	28
น้ำล้างจาน	ใส	ใส	เหม็น	ไม่ เหม็น	ลด ลง	มี	6	6	31	30

หมายเหตุ ผลการทดลองอาจเปลี่ยนแปลงไปตามการทดลองที่ทดลองได้จริง

## อภิปรายหลังผลการทดลอง

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุป ดังนี้

1. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน ทำให้การบำบัดได้ผลรวดเร็ว สีและกลิ่นลดลง ส่วนปริมาณตะกอนจะอยู่เท่าเดิม ค่า pH คงที่ อุณหภูมิลดลงเล็กน้อย การบำบัดวิธีนี้จะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการบำบัด

2. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน การบำบัดต้องใช้เวลามากแต่ปริมาณตะกอนลดลง กลิ่นเหม็น สีลดลงเล็กน้อย ค่า pH คงที่ อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเล็กน้อย การบำบัดวิธีนี้จะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้อยแต่ต้องใช้เวลาในการบำบัดนาน

3. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบใช้และไม่ใช้ออกซิเจนสิ่งๆที่เหมือนกันคือ ค่า pH จะคงที่ ส่วนที่แตกต่างกันคือ สี กลิ่น อุณหภูมิ และปริมาณตะกอน

4. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนมีข้อดี คือ ไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการบำบัด ช่วยลดปริมาณตะกอนได้มากส่วนข้อเสีย คือ ต้องใช้เวลาในการบำบัดนาน

5. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจนมีข้อดี คือ ใช้เวลาในการบำบัดน้อย ส่วนข้อเสีย คือ สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการบำบัด

แนวคำตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการ

- ข้อที่ 1 เฉลย ง. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน
- ข้อที่ 2 เฉลย ก. ก๊าซมีเทน
- ข้อที่ 3 เฉลย ก. แบบที่จุลินทรีย์ใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิต
- ข้อที่ 4 เฉลย ง. ระบบจานหมุนชีวภาพ
- ข้อที่ 5 เฉลย ค. น้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกร
- ข้อที่ 6 เฉลย ก. ปริมาณตะกอน
- ข้อที่ 7 เฉลย ค. ล้างด้วยสบู่หรือสารซักล้าง น้ำสะอาด และคว่ำลงบนผ้าหรือที่คว่ำเครื่องแก้ว  
ทิ้งไว้ให้แห้ง ห้ามใช้กระดาษชำระหรือผ้าเช็ด
- ข้อที่ 8 เฉลย ง. ค่าความเป็นกรด-ด่าง
- ข้อที่ 9 เฉลย ข. ไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย
- ข้อที่ 10 เฉลย ข. ปริมาณตะกอนถูกย่อยสลายให้กลายเป็นก๊าซมีเทน



## คู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการที่ 5 การปรับปรุงคุณภาพน้ำ

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นำหลักการตรวจสอบคุณภาพน้ำด้วยวิธีเบื้องต้นมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพน้ำได้
  2. เลือกวิธีการบำบัดน้ำเสียแบบต่างๆ ได้เหมาะสมกับชนิดของน้ำเสีย
- ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้ความรู้ตามรายละเอียดในในความรู้ (ใช้เวลาประมาณ 20 นาที)

### บทปฏิบัติการที่ 5 การปรับปรุงคุณภาพน้ำ

จุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำ และการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการต่างๆ ที่จะทำให้ น้ำมีคุณภาพดีขึ้น

### จุดประสงค์การทดลอง

1. บอกวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำได้
2. สามารถนำวิธีการบำบัดน้ำเสียแบบต่างๆ มาใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้

### เวลาที่ใช้

อภิปรายก่อนการทดลอง	20 นาที
ทำการทดลอง	40 นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	30 นาที
ทำคำถามท้ายบทปฏิบัติการ	10 นาที
รวม	100 นาที

### สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
<u>สารเคมี</u>	
น้ำคลองแจรงร้อน	2,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำสนุ่	1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำปูนขาว	1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำปูนแดง	1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

## สารเคมีและอุปกรณ์ (ต่อ)

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
น้ำมันพืช	10 ลูกบาศก์เซนติเมตร
โซเดียมไฮดรอกไซด์	2 ลูกบาศก์เซนติเมตร
กรดอะซิติก	2 ลูกบาศก์เซนติเมตร
ดินเหนียว	20 กรัม
สารส้ม	20 กรัม
ข้าวสุก	20 กรัม

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
<b>อุปกรณ์</b>	
ขวดโหลแก้วขนาด 2 ลิตร	2 ใบ
ปิเกตอร์ขนาด 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร	2 ใบ
ตะแกรงละเอียด	1 อัน
ตะแกรงหยาบ	1 อัน
ผ้าขาวบาง	1 ผืน
กระชอน	1 อัน
แท่งแก้ว	1 แท่ง
กระดาษลิตมัส	10 แผ่น
กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์	10 ชิ้น
กระดาษกรอง	5 แผ่น
หลอดหยด	2 หลอด

### การเตรียมล่วงหน้า

ครูเตรียมน้ำตัวอย่างซึ่งมีคุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้

1. สารละลายหมายเลข 1 ประกอบด้วย น้ำจากคลองแจรงร้อน 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร + ไฮเดียมไฮดรอกไซด์ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร + ข้าวสุก 10 กรัม + ดินเหนียวบดละเอียด 10 กรัม
2. สารละลายหมายเลข 2 ประกอบด้วย น้ำจากคลองแจรงร้อน 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร + กรดอะซิติก 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร + ข้าวสุก 10 กรัม + ดินเหนียวบดละเอียด 10 กรัม + น้ำมันพืช 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร
3. น้ำปูนขาว ประกอบด้วยปูนขาว 200 กรัม ผสมน้ำ 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
4. น้ำปูนแดง ประกอบด้วยปูนแดง 200 กรัม ผสมน้ำ 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
5. น้ำสบู่ น้ำสบู่เหลว 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมน้ำ 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
6. ดินเหนียว นำมาตากแดดให้แห้งแล้วบดให้ละเอียด
7. สารส้ม นำมาบดให้ละเอียด

### อภิปรายก่อนการทดลอง

ครูแนะนำนักเรียนในหัวข้อต่อไปนี้

1. ห้ามนักเรียนชิมสารละลายทุกชนิด และสารเคมีทุกชนิดโดยใช้อุปกรณ์ที่ห้ามใช้ จมูกดมโดยตรง
2. อธิบายการใช้อุปกรณ์ต่างๆ ในการทดลองแล้วให้นักเรียนเลือกใช้เอง เช่น การใช้ผ้าขาวบาง การใช้กระดาษกรอง การใช้หลอดหยด กระดาษลิตมัส กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์
3. ให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน
4. ติดป้ายชื่อสารละลายทุกชนิดที่นำมาทำการทดลอง
5. ทำการทดลองโดยใช้ความรู้จากบทปฏิบัติการที่ 1-4 มาช่วยในการทดลอง
6. บันทึกผลการทดลอง อภิปราย และสรุปผลการทดลองให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้บันทึกไว้

## ผลการทดลอง

น้ำตัวอย่าง	กรด	เบส	pH	ตกตะกอน	ไม่ตกตะกอน	การปรับปรุงคุณภาพน้ำ
สารละลายหมายเลข 1		/	12	/	/	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ใช้สารส้มเติมลงไปเพื่อให้ตกตะกอน และปรับสภาพน้ำให้เป็นกลาง</li> <li>- กรองโดยใช้ตะแกรงละเอียด</li> <li>- กรองโดยใช้ตะแกรงละเอียดรองด้วยผ้าขาวบาง</li> <li>- กรองด้วยกระดาษกรอง</li> </ul>

## ผลการทดลอง (ต่อ)

น้ำตัวอย่าง	กรด	เบส	pH	ตกตะกอน	ไม่ตกตะกอน	การปรับปรุงคุณภาพน้ำ
สารละลายหมายเลข 2	/		4	/	/	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ใช้กระชอนช้อนคราบไขมัน</li> <li>- ใช้น้ำปูนขาว หรือน้ำปูนแดงปรับสภาพน้ำให้เป็นกลาง</li> <li>- กรองโดยใช้ตะแกรงละเอียด</li> <li>- กรองโดยใช้ตะแกรงละเอียดรองด้วยผ้าขาวบาง</li> <li>- กรองด้วยกระดาษกรอง</li> </ul>

## อภิปรายผลหลังการทดลอง

1. ให้นักเรียนนำเสนอผลการทดลองบนกระดานดำ
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุป ดังนี้

2.1 สารละลายหมายเลข 1 เมื่อตรวจสอบด้วยสายตาจะเห็นสารละลายสีน้ำตาลอ่อน และมีสารแขวนลอยขนาดใหญ่ที่ตกตะกอน และขนาดเล็กจำนวนมากที่ไม่ยอมตกตะกอน แล้วจึงตรวจสอบ

ด้วยกระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ ปรากฏว่ามีค่า pH 12 แสดงว่าเป็น “เบส” ต่อจากนั้นเลือกใช้วิธีการบำบัดน้ำเสียเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำ

ขั้นที่ 1 ทำการบำบัดด้วยวิธีการทางเคมี เพื่อปรับสภาพเบสให้เป็นกลางโดยใช้สารเคมีที่ครูเตรียมไว้ให้ นั่นคือสารส้ม ก่อนที่จะนำสารส้มมาใช้จะต้องตรวจด้วยกระดาษลิตมัสเสียก่อนเพื่อให้แน่ใจว่าสารส้มนั้นมีสภาพเป็นกรด ในขณะที่ใช้สารส้มบดละเอียดเติมลงไปในสารละลายควรเติมทีละน้อยแล้วคนด้วยแท่งแก้วให้เข้ากันเพื่อให้มีสภาพเป็นกลาง และตกตะกอน ในการทดลองควรใช้กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์วัดเป็นระยะๆ

ขั้นที่ 2 ทำการบำบัดด้วยวิธีการทางกายภาพ โดยใช้ตะแกรงละเอียดกรองสารละลายครั้งที่ 1 เมื่อกรองเสร็จเรียบร้อยแล้วให้ใช้ตะแกรงละเอียดรองด้วยผ้าขาวบางทำการกรองเป็นครั้งที่ 2 เพื่อแยกตะกอนออกจากสารละลาย จากนั้นถ้ายังมีตะกอนขนาดเล็กอยู่ในสารละลาย ให้กรองด้วยกระดาษกรองหรือตั้งทิ้งไว้ให้ตะกอนเล็กๆ ตกลงรวมตัวกันที่ก้นภาชนะ

2.1 สารละลายหมายเลข 2 เมื่อตรวจสอบด้วยสายตาจะเห็นสารละลายสีน้ำตาลอ่อน มีคราบน้ำมันลอยอยู่บนผิวน้ำ มีสารแขวนลอยขนาดใหญ่ที่ตกตะกอน และขนาดเล็กจำนวนมากที่ยังไม่ยอมตกตะกอน แล้วจึงตรวจสอบด้วยกระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ ปรากฏว่ามีค่า pH 4 แสดงว่าเป็น “กรด” ต่อจากนั้นเลือกใช้วิธีการบำบัดน้ำเสียเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำ

ขั้นที่ 1 ทำการบำบัดโดยการช้อนคราบไขมันที่อยู่เหนือผิวน้ำออกเสียก่อน

ขั้นที่ 2 ทำการบำบัดด้วยวิธีการทางเคมี เพื่อปรับสภาพกรดให้เป็นกลางโดยใช้สารเคมีที่ครูเตรียมไว้ให้ นั่นคือน้ำปูนขาวโดยรินเอามาแต่น้ำใสๆ มาปรับสภาพสารละลายหมายเลข 2 ในขณะที่ใช้น้ำปูนขาวปรับสภาพควรเทลงไปทีละน้อย และตรวจสอบด้วยกระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ จนกว่าจะมีสภาพเป็นกลาง

ขั้นที่ 3 ทำการบำบัดด้วยวิธีการทางกายภาพ โดยใช้ตะแกรงละเอียดกรองสารละลายหมายเลข 2 เมื่อกรองเสร็จเรียบร้อยแล้วให้ใช้ตะแกรงละเอียดรองด้วยผ้าขาวบางทำการกรองเป็นครั้งที่ 2 เพื่อแยกเอาตะกอนออกจากสารละลาย จากนั้นถ้ายังมีตะกอนขนาดเล็กอยู่ละลายในสารละลายอยู่มาก ให้กรองด้วยกระดาษกรองหรือตั้งทิ้งไว้ให้ตะกอนเล็กๆ ตกลงรวมตัวกันที่ก้นภาชนะ

แนวคำตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการ

ข้อที่ 1 เฉลย ง. สารปนเปื้อน

ข้อที่ 2 เฉลย ค. ค่าที่บอกความเป็นกรด-ด่าง

ข้อที่ 3 เฉลย ง. กรองด้วยตะแกรงหยาบ

ข้อที่ 4 เฉลย ง. การปรับปรุงคุณภาพน้ำ

ข้อที่ 5 เฉลย ข. ทักษะการสังเกต

ข้อที่ 6 เฉลย ง. น้ำใส และมีตะกอนก้นถึง

ข้อที่ 7 เฉลย ค. ออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการหายใจของสัตว์น้ำ

ข้อที่ 8 เฉลย ข. เป็นแผ่น

ข้อที่ 9 เฉลย ข. เพื่อรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

ข้อที่ 10 เฉลย ข. ใช้แท่งแก้วคนสารในทิศทางเดียวกัน ไม่ให้กระทบกันและด้านข้างของภาชนะ  
หลังใช้เสร็จล้างให้สะอาด เช็ดให้แห้ง และเก็บให้เรียบร้อย





**ภาคผนวก จ**

ผลการประเมินดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของกิจกรรม  
กับเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น

ตาราง 18 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญกับความ  
สอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับกิจกรรมของบทปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น

บทปฏิบัติการ	จุดประสงค์การเรียนรู้	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ *					รวม	IOC	แปลผล
		1	2	3	4	5			
กิจกรรมที่ 1 การตรวจสอบ คุณภาพน้ำ เบื้องต้น	1. นักเรียนสามารถใช้วิธีการทาง วิทยาศาสตร์ตรวจสอบ คุณภาพน้ำเบื้องต้นได้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	2. นักเรียนสามารถบอกคุณภาพ ของน้ำเบื้องต้นโดยการ ตรวจสอบลักษณะทาง กายภาพและลักษณะทางเคมี ได้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	3. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบ น้ำคุณสมบัติของสะอาดกับ น้ำเสียได้	0	+1	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
กิจกรรมที่ 2 การบำบัด น้ำเสียด้วย วิธีการทาง กายภาพ	1. นักเรียนสามารถอธิบาย หลักการบำบัดน้ำเสียด้วย วิธีการทางกายภาพได้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	2. นักเรียนสามารถเลือกใช้วิธี และอุปกรณ์บำบัดน้ำเสีย ด้วยวิธีทางกายภาพได้อย่าง เหมาะสมกับประเภทของ น้ำเสีย	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	ใช้ได้
	3. นักเรียนสามารถสรุปข้อดี ข้อเสียของการบำบัดน้ำเสีย ด้วยวิธีทางกายภาพ	0	+1	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้

ตาราง 18 (ต่อ)

บทปฏิบัติการ	จุดประสงค์การเรียนรู้	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ *					รวม	IOC	แปลผล
		1	2	3	4	5			
กิจกรรมที่ 3 การบำบัด น้ำเสียด้วย วิธีการทางเคมี	1. นักเรียนสามารถอธิบาย หลักการของการบำบัดน้ำ เสียด้วยวิธีการทางเคมีได้	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	ใช้ได้
	2. นักเรียนสามารถเลือกใช้ วิธีการบำบัดน้ำเสียด้วย วิธีการทางเคมีได้อย่าง เหมาะสมกับประเภทของ น้ำเสียได้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	3. นักเรียนสามารถสรุปข้อดี ข้อเสียของการบำบัดน้ำ เสียด้วยวิธีการทางเคมีได้	0	+1	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้
กิจกรรมที่ 4 การบำบัด น้ำเสียด้วย วิธีการทาง ชีวภาพ	1. นักเรียนสามารถอธิบาย หลักการ และวิธีการบำบัด น้ำเสียด้วยวิธีการทาง ชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน และไม่ใช้ออกซิเจนได้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	2. นักเรียนสามารถบำบัดน้ำ เสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ แบบใช้ออกซิเจน และไม่ใช้ ออกซิเจน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	4. นักเรียนสามารถสรุปข้อดี ข้อเสียของการบำบัดน้ำ เสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ แบบใช้ออกซิเจน และไม่ใช้ ออกซิเจนได้	0	+1	+1	+1	+1	4	0.80	ใช้ได้

## ตาราง 18 (ต่อ)

บทปฏิบัติการ	จุดประสงค์การเรียนรู้	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ *					รวม	IOC	แปลผล
		1	2	3	4	5			
กิจกรรมที่ 5 การปรับปรุง คุณภาพน้ำ	1. นักเรียนสามารถนำ หลักการตรวจสอบคุณภาพ น้ำเบื้องต้นมาใช้ประโยชน์ ในการเลือกวิธีปรับปรุง คุณภาพน้ำได้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	2. นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ หลักการบำบัดน้ำเสียด้วย วิธีการต่างๆ ได้	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	ใช้ได้

\* หมายเลข 1, 2, 3, 4 และ 5 หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญรายที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ





ภาพประกอบ 3 แสดงชุดตรวจวิเคราะห์ฟอสเฟต ของบริษัทซีรา



ภาพประกอบ 4 แสดงชุดตรวจวิเคราะห์แอมโมเนีย ของบริษัทซีรา



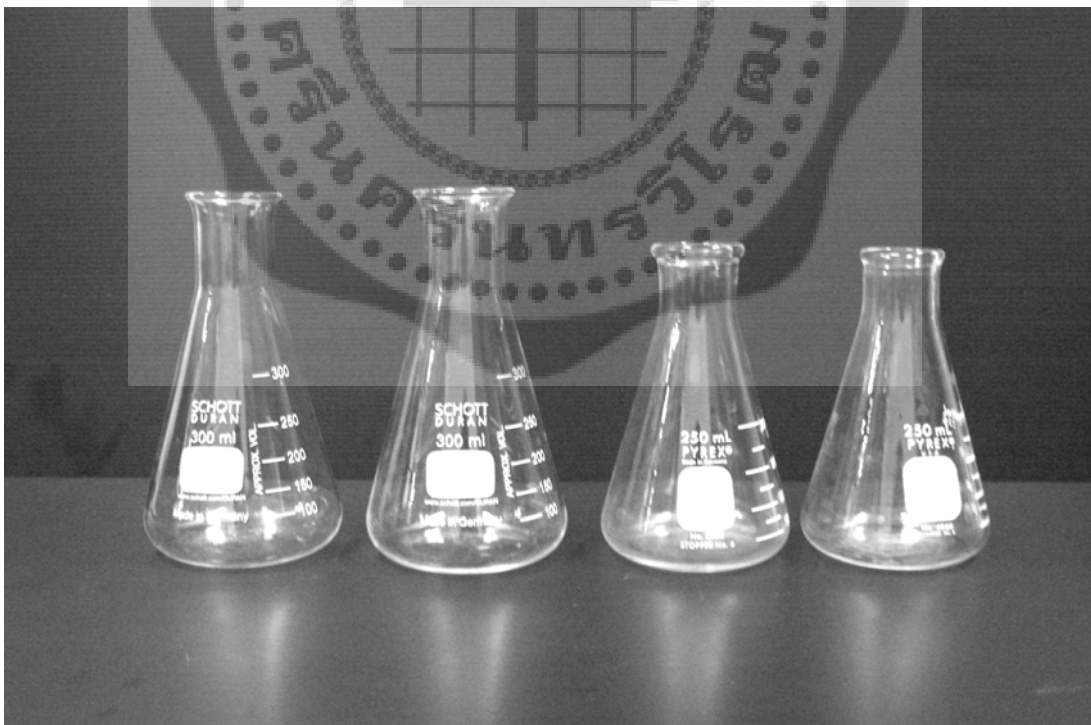
ภาพประกอบ 5 แสดงเครื่องมือตรวจวิเคราะห์ออกซิเจนละลายในน้ำ และอุณหภูมิ



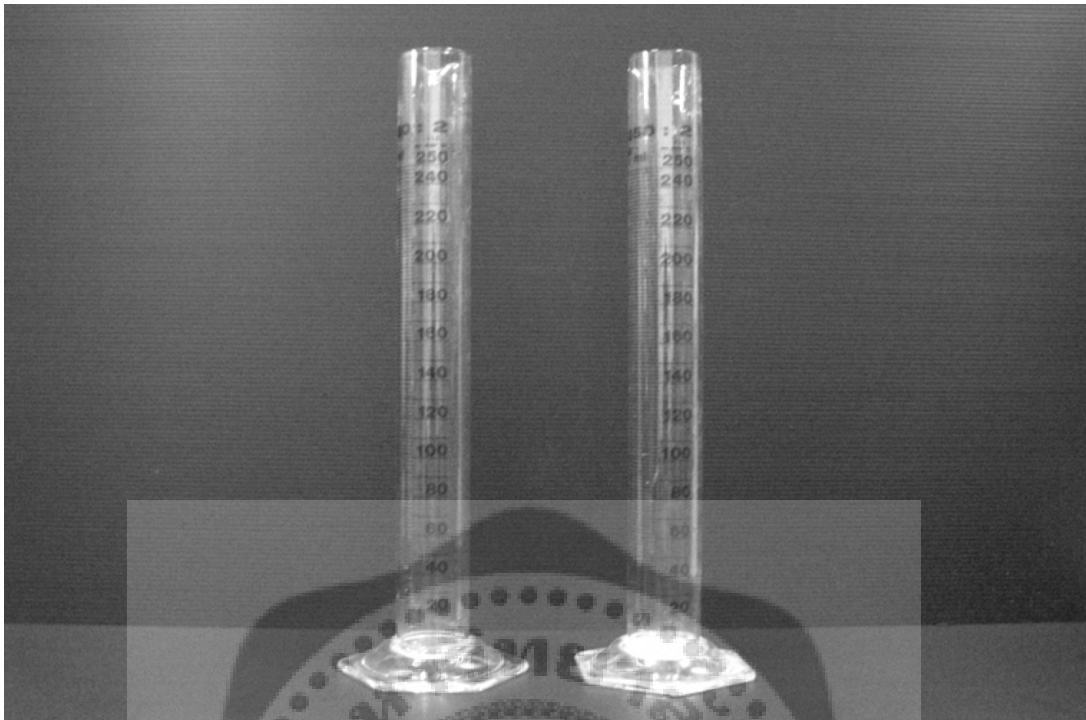
ภาพประกอบ 6 แสดงเครื่องมือตรวจวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง



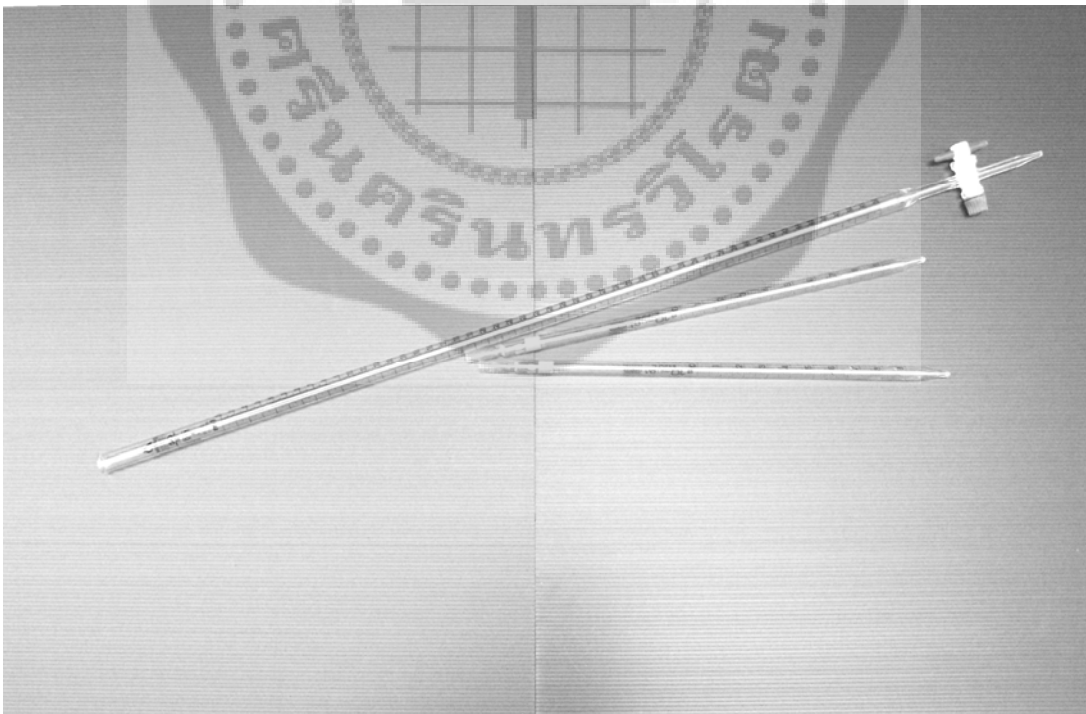
ภาพประกอบ 7 แสดงขวด BOD ขนาด 300 มิลลิลิตร



ภาพประกอบ 8 แสดงขวดรูปชมพู่ ขนาด 300 มิลลิลิตร และ 250 มิลลิลิตร



ภาพประกอบ 9 แสดงกระบอกตวง ขนาด 250 มิลลิลิตร



ภาพประกอบ 10 แสดงบิวเรต ขนาด 50 มิลลิลิตร และปิเปต ขนาด 10 มิลลิลิตร



ภาพประกอบ 11 แสดงปริมลลเติมอากาศ ของบริษัท Sonic



ภาพประกอบ 12 แสดงสารเคมีในการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ



ภาคผนวก ซ

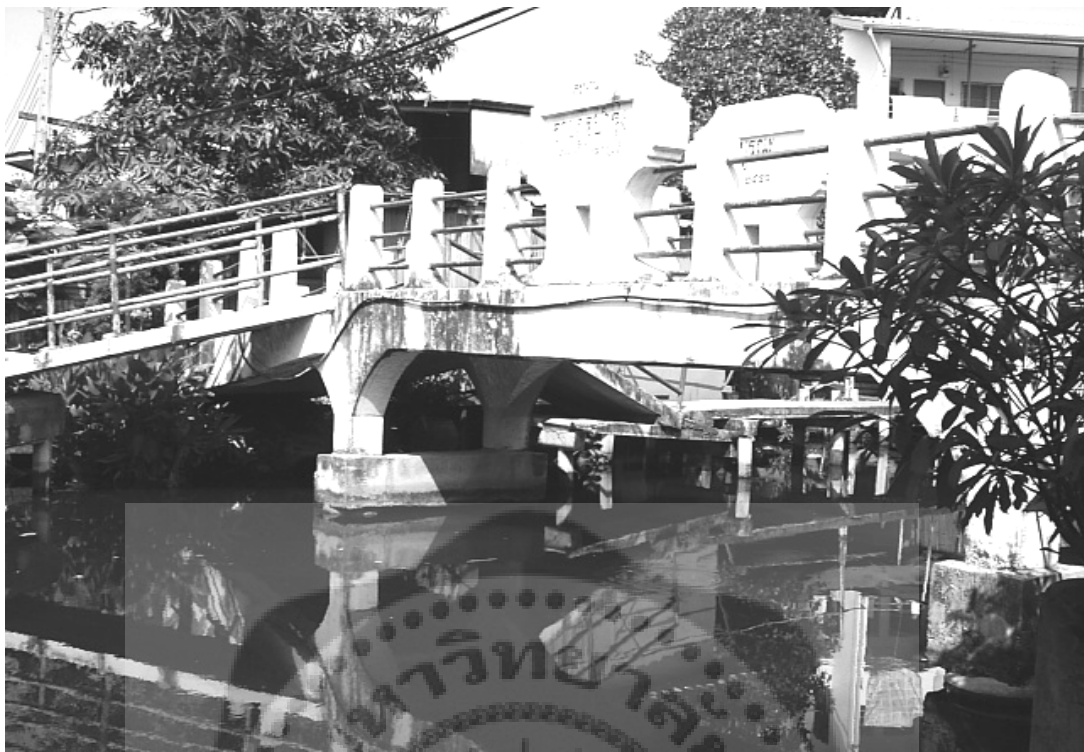
ประมวลภาพการเก็บข้อมูลการวิจัย



ภาพประกอบ 13 แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 1 บริเวณประตูเขื่อนกั้นระหว่างคลองแจรงร้อน  
และแม่น้ำเจ้าพระยา



ภาพประกอบ 14 แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 2 บริเวณหน้าโรงเรียนแจรงร้อน



ภาพประกอบ 15 แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 3 บริเวณใต้สะพานคอนกรีตข้ามคลองแจ่งร้อน



ภาพประกอบ 16 แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 4 บริเวณหน้าวัดชุมชนวัดสน



ภาพประกอบ 17 แสดงวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วง



ภาพประกอบ 18 แสดงวิธีการบรรจุตัวอย่างน้ำใส่ภาชนะขวดพลาสติก ปริมาตร 600 มิลลิลิตร



ภาพประกอบ 19 แสดงวิธีการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำเพื่อนำมาตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ



ภาพประกอบ 20 แสดงวิธีการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำในภาชนะบรรจุที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส



ภาพประกอบ 21 แสดงวิธีการตรวจวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตของน้ำในคลองแจรงร้อน



ภาพประกอบ 22 แสดงวิธีการนำตัวอย่างน้ำมาตรวจวัดปริมาณแอมโมเนีย



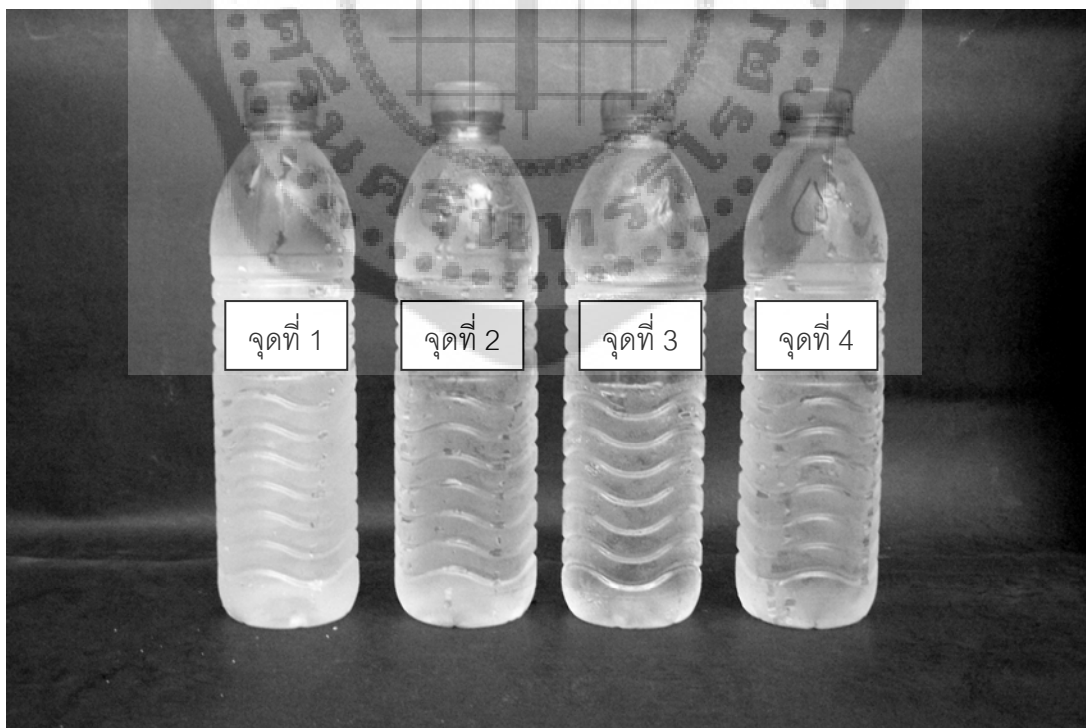
ภาพประกอบ 23 แสดงการเปรียบเทียบสีของแอมโมเนียของตัวอย่างน้ำกับสีมาตรฐานที่กำหนด



ภาพประกอบ 24 แสดงวิธีการตรวจวัดค่าอุณหภูมิ และดีไอโดยใช้เครื่องมือตรวจวิเคราะห์ออกซิเจนละลายในน้ำ DO Meter ของบริษัท YSI รุ่น 550 DO



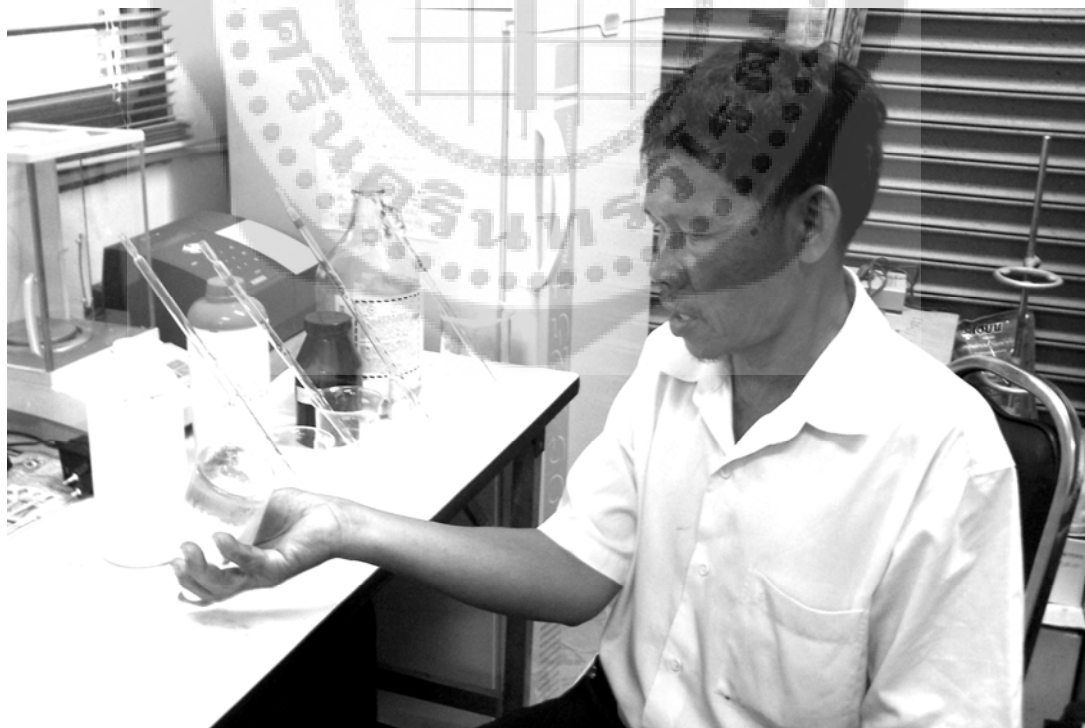
ภาพประกอบ 25 แสดงวิธีการตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำในคลองแจ่งร้อน



ภาพประกอบ 26 แสดงตัวอย่างน้ำในคลองแจ่งร้อนจุดต่างๆ 4 จุด



ภาพประกอบ 27 แสดงวิธีการเทตัวอย่างน้ำจากภาชนะบรรจุลงในขวดบีโอดี



ภาพประกอบ 28 แสดงวิธีการเขย่าขวดบีโอดีโดยการกลับขวดไปมาประมาณ 15 ครั้ง



ภาพประกอบ 29 แสดงวิธีการเติมสารละลายอัลคาไล-ไฮโดรเจน-ไฮดรอกไซด์ ลงในตัวอย่างน้ำ ในการวิเคราะห์ค่าบีโอดี



ภาพประกอบ 30 แสดงการเปรียบเทียบสีของตัวอย่างน้ำก่อนเติม และหลังเติมด้วยกรดซัลฟิวริก



ภาพประกอบ 31 แสดงวิธีการเทตัวอย่างน้ำที่ผ่านการเติมด้วยสารเคมีที่เกี่ยวข้องลงในขวดรูปชมพู่



ภาพประกอบ 32 แสดงสีของตัวอย่างน้ำก่อนการไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์



ประวัติย่อผู้วิจัย

## ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล นายพรหมา แสงโคตร  
วันเดือนปีเกิด 8 กันยายน 2491  
สถานที่เกิด อำเภอภูหินร่องกล้า จังหวัดกาฬสินธุ์  
สถานที่อยู่ปัจจุบัน 51/8 หมู่ 4 ถ.ประชาอุทิศ แขวงราษฎร์บูรณะ  
เขตราษฎร์บูรณะ กรุงเทพฯ 10140

### ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2516 เทียบเท่า มัธยมศึกษาตอนปลาย  
จากสถานศึกษาวัดสามพระยา  
พ.ศ. 2538 ครุศาสตรบัณฑิต (ค.บ.)  
จากมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา  
พ.ศ. 2552 การมัธยมศึกษา (กศ.ม.)  
จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

