

การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย  
แบบไม่ใช้ออกซิเจน เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการ  
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

A STUDY ON EFFICIENCY OF ANAEROBIC  
WASTEWATER TREATMENT SYSTEM FOR  
CONSECUTIVE DEVELOPMENT OF  
CORRESPONDENT LABORATORY  
DIRECTIONS FOR MATHAYOMSUKSA II  
STUDENTS

✳ วรวัฒน์ ทิพจ้อย<sup>1</sup>

อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน<sup>2</sup>

อาจารย์ สมปอง ใจดีเฉย<sup>2</sup>

**บทคัดย่อ**

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมาย 3 ประการ คือ 1) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ในการลดปริมาณสารอินทรีย์ที่อยู่ในรูปของสารละลาย และอนุภาคแขวนลอย 2) เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการเรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ให้มีคุณภาพในระดับดี และมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 และ 3) เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ของนักเรียนจากการเรียนด้วยบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

---

<sup>1</sup> นิสิตระดับปริญญาโท คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

<sup>2</sup> อาจารย์ประจำสาขาวิชาการมัธยมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียใช้โรงบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เป็นสถานที่ทำการศึกษาโดยวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียตามค่าพารามิเตอร์ คือ ความเป็นกรด-ด่าง บีโอดี ซีโอดี น้ำมัน และไขมัน และของแข็งแขวนลอย เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2537

ผลการวิจัยพบว่า คุณภาพของน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าเฉลี่ยตามค่าพารามิเตอร์ที่ศึกษา คือ ความเป็นกรด-ด่าง บีโอดี ซีโอดี น้ำมันและไขมัน และของแข็งแขวนลอย เท่ากับ 7.34, 330.04 มก./ล., 575.00 มก./ล., 18.46 มก./ล., และ 97.09 มก./ล. ตามลำดับ โดยค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าบีโอดี ซีโอดี และค่าของแข็งแขวนลอย ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

การทดลองสอน ให้นักปฏิบัติกรกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551 โรงเรียนเซนต์ดอมินิก จำนวน 40 คน เป็นกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบจัดกลุ่ม เรียนด้วยบทปฏิบัติการ 5 บท คือ 1) การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น 2) การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ 3) การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี 4) การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ และ 5) การปรับปรุงคุณภาพน้ำ

ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการเรื่อง การบำบัดน้ำเสียที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมากและมีประสิทธิภาพ 80.26/80.71 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ผลการทดลองใช้บทปฏิบัติการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน และมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 83.88 มากกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

#### ABSTRACT

The purposes of this research were:

1) to investigate efficiency of Srinakharinwirot University's anaerobic waste water treatment system to reduce the organic substances from the solution and suspension.

2) to develop laboratory directions on "Wastewater Treatment" to attain high quality and efficiency index of 80/80.

3) to try out the laboratory directions on the following outcomes; students' achievement, and students' science process skills.

For the investigation of the wastewater treatment system efficiency, the wastewater treatment system in Srinakharinwirot University, was utilized analyze pH, BOD, COD, oil and grease, suspended solids from wastewater by comparing with the standardization of polluted water from buildings, as defined by the Ministry of Science and Technology (1994)

The results from the study appeared that the average parameters of pH, BOD, COD, oil and grease, suspended solids were 7.34, 330.04 mg/l, 575.00 mg/l, 18.46 mg/l, and 97.09 mg/l, respectively. The pH and oil and grease were standard values, whilst those of BOD, COD, and suspended solids were not.

For the development of laboratory directions, students sample comprised 40 Mathayomsuksa II students in the 2008 first semester of Saint Dominic School. The laboratory directions covered 5 topics; 1) Basic Qualitative Analysis of Water Quality 2) Physical Treatment of Wastewater 3) Chemical Treatment of Wastewater 4) Biological Treatment of Wastewater and 5) Improvement of Water Quality.

The results revealed that the development of laboratory directions were at high level and attained the efficiency index as 80.26/80.71. The students' average post-test score on achievement was higher than the pre-test. The students' percentage score on science process skills was 83.88.

#### บทนำ

น้ำเป็นทรัพยากรที่มีอยู่ตามธรรมชาติซึ่งมีคุณค่าอย่างยิ่งต่อกระบวนการดำรงชีวิต ในอดีตแหล่งน้ำไม่เน่าเสียเนื่องจากสามารถปรับความสมดุลและฟื้นฟูตัวเองได้ แต่เมื่อมีการเจริญเติบโตของสังคมจนเกิดชุมชนมีการพัฒนาในด้านต่างๆ ส่งผลให้ธรรมชาติไม่สามารถฟื้นฟูตัวเองได้ทัน (อโนทัย อุเทนสุด. 2538: 5) ปัญหาน้ำเสียในแหล่งน้ำจึงเกิดขึ้น แนวทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ไขปัญหาน้ำเสีย คือการสร้างระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อบำบัดสารปนเปื้อนที่เจือปนให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานก่อนระบายสู่แหล่งน้ำซึ่งการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพนั้นนับว่าเป็นวิธีที่ยอมรับมากที่สุดในการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียด้วยปฏิกิริยาทางชีวเคมีของจุลินทรีย์ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน ชนิดใช้ตัวกลางจากขวดพลาสติกเหมาะสำหรับใช้ย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ โดยตัวกลางทำหน้าที่เพิ่มพื้นที่ยึดเกาะ

สำหรับแบบคที่เรียกว่าทำให้ไม่ถูกต้องออกจากระบบส่งผลการเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัด

ในปัจจุบันการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แม้ว่าได้มีการปรับปรุงแก้ไขมาโดยตลอดแต่ก็ยังคงพบปัญหาอุปสรรคอีกมากมาย ผู้เรียนส่วนใหญ่มีความเห็นตรงกันว่าเป็นวิชาที่ยากทำให้มีปัญหาในการเรียนรู้อุทยานศาสตร์และ มีนักเรียนจำนวนไม่น้อยไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควรเพราะผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับที่ไม่น่าพอใจมากนัก ดังที่กรอบวิจัยทัศนคติและทิศทางแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 9 (พุทธศักราช 2545-2549) ได้สรุปคุณภาพของเด็กไทยในช่วงที่ผ่านมาว่ายังไม่ดีเท่าที่ควร ระบบการศึกษา และกระบวนการเรียนรู้อยู่ยังไม่ทันการเปลี่ยนแปลงทำให้คุณภาพไม่ได้มาตรฐาน (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมแห่งชาติ. 2543: 10) จากสภาพปัญหาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ดังกล่าวจำเป็นต้องได้รับการแก้ไขและพัฒนาอย่างเร่งด่วนเพื่อให้ผู้เรียนบรรลุตามจุดมุ่งหมายของการปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้อย่างที่บัญญัติไว้

แนวคิดของนักการศึกษาในปรัชญาพิพัฒนนิยม มองว่าการศึกษาคือการจัดให้ผู้เรียนได้เรียนตามความสนใจ ความถนัด และลักษณะของผู้เรียน การสร้างความรู้เกี่ยวกับสภาพสังคม และชีวิตประจำวันของผู้เรียนให้มากที่สุด ผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้ได้ดีเมื่อได้รับประสบการณ์ตรงจากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และจากการทำงานร่วมกันระหว่างผู้เรียน (ระพีพร ค้ำมี. 2544: 12)

ในการพัฒนาผู้เรียนเพื่อให้สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 และแนวคิดของนักการศึกษาปรัชญาพิพัฒนนิยมอาจกระทำได้หลายวิธีรวมทั้งวิธีการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการซึ่งทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการใช้เครื่องมือ ฝึกการแก้ปัญหาตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เสริมสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์ มีความสนุกสนานและสนใจในการศึกษาค้นคว้าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (สุรพล วิทิตไพบูลย์. 2543: 27)

จากสภาพการณ์ที่กล่าวมาทำให้ผู้วิจัยตระหนักถึงการมีส่วนร่วมในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ตลอดจนจนปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอนจึงได้นำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาผสมผสานกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดน้ำเสียในการพัฒนาบทปฏิบัติการเรื่อง การบำบัดน้ำเสียเพื่อใช้เป็นนวัตกรรมในการพัฒนาผลการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และยังเป็น การเสริมสร้างให้นักเรียนเกิดความตระหนักถึงความสำคัญ

ของการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมรวมทั้งเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ต่อไป

### ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒในการลดปริมาณสารอินทรีย์ที่อยู่ในรูปของสารละลายและอนุภาคแขวนลอย
2. เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการเรื่อง การบำบัดน้ำเสียให้มีคุณภาพในระดับดี และมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
3. เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ของนักเรียนจากการใช้บทปฏิบัติการเรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ดังนี้
  - 3.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
  - 3.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

### ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบข้อมูลในด้านประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน ชนิดใช้ตัวกลางจากขวดพลาสติกเหลือใช้ในรูปแบบของการลดปริมาณสารอินทรีย์รวมทั้งได้ บทปฏิบัติการเรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ซึ่งมีความรู้ในระดับดี และมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 และมีศักยภาพในการพัฒนาผลการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งผลการวิจัยดังกล่าวจะเป็นประโยชน์แก่ครูผู้สอนในการพัฒนา และส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจ และมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มากขึ้นอีกทั้งได้แนวทางในการพัฒนาบทปฏิบัติการเพื่อนำไปสร้างบทปฏิบัติการอื่นๆ ต่อไป

### ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน

ตอนที่ 1 การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน

1. ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพครั้งนี้เป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจนชนิดใช้ตัวกลางจากขวดพลาสติกเหลือใช้ซึ่งติดตั้งอยู่ที่ โรงบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. การเก็บตัวอย่างน้ำเสียเพื่อนำมาทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพจะกระทำ 2 จุด คือ จุดน้ำเข้าระบบ (Influent) และจุดน้ำออกจากระบบ (Effluent) การเก็บตัวอย่างทั้งหมดเก็บด้วยวิธีการเก็บแบบจ้วง
3. ตัวแปรที่ศึกษา

3.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน ชนิดใช้ตัวกลางจากขวดพลาสติกเหลือใช้

3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร ซึ่งกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม (พ.ศ. 2537) กำหนดตามค่าพารามิเตอร์ ดังต่อไปนี้ คือ ความเป็นกรด-ด่าง บีโอดี ซีโอดี น้ำมันและไขมัน และของแข็งแขวนลอย

## ตอนที่ 2 การพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย

1. เนื้อหาบทปฏิบัติการ เรื่องการบำบัดน้ำเสีย มีขอบเขตดังนี้

1.1 บทปฏิบัติการ มี 5 บท คือ 1) การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น 2) การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ 3) การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี 4) การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ และ 5) การปรับปรุงคุณภาพน้ำ

1.2 บทของบทปฏิบัติการแต่ละบทมีองค์ประกอบดังนี้ 1) ชื่อบทปฏิบัติการ 2) วัตถุประสงค์ 3) หลักการ 4) จุดประสงค์ 5) เวลาที่ใช้ 6) อุปกรณ์และสารเคมี 7) วิธีการทดลอง 8) แบบรายงาน ผลการทดลอง และ 9) คำถามท้ายบทปฏิบัติการ

ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยม ศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเซนต์ดอมินิก เขตราชเทวี กรุงเทพฯ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 250 คน จำนวน 5 ห้องเรียน ส่วนกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนดังกล่าว 1 ห้องเรียน จำนวน 40 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบจัดกลุ่ม

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ การสอนโดยใช้ บทปฏิบัติการ เรื่องการบำบัดน้ำเสีย

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3. ระยะเวลาที่ในการทดลองสอน

การทดลองสอนกระทำในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551 ในคาบวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 คาบ คาบละ 50 นาที รวม 10 คาบ

## วิธีดำเนินการวิจัย

ตอนที่ 1 การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน

1. เตรียมความพร้อมของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Start up) ให้อยู่ในสภาวะคงที่ (Steady state)

2. ศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยมีขั้นตอนดำเนินการดัง รายละเอียดต่อไปนี้

2.1 สูบน้ำจากบ่อรวมน้ำทิ้งมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ นำไปเก็บไว้ในถังหมักแบบใช้ตัวกลางจากขวดพลาสติกเหลือใช้เพื่อทำการบำบัด สูบน้ำที่ผ่านการบำบัดเรียบร้อยแล้วเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียระบบอื่นๆ เพื่อทำการบำบัดในขั้นตอนต่อไป

2.2 เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำซึ่งเก็บหลังจากเตรียมความพร้อมของระบบให้อยู่ในสภาวะคงที่แล้วด้วยวิธีการเก็บแบบจ้วง สัปดาห์ละ 1 ครั้ง

คือวันพฤหัสบดี ตั้งแต่เวลา 15.00 น. ถึง 16.00 น. เป็นเวลาทั้งหมด 24 สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 24 ตัวอย่าง เพื่อนำมาวิเคราะห์

หาค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าบีโอดี ค่าซีโอดี ค่าน้ำมันและไขมัน และค่าของแข็งแขวนลอย โดยเก็บตัวอย่างน้ำรวมทั้งหมด 2 จุด คือ จุดน้ำเข้าระบบ และจุด น้ำออกจากระบบ

จุดที่ 1 น้ำเข้าระบบ คือ น้ำทิ้งของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒก่อนสูบน้ำเข้าสู่ระบบบำบัด

จุดที่ 2 น้ำออกจากระบบ คือ น้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยถังหมักโดยใช้ตัวกลาง

การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้อง ปฏิบัติการ จะกระทำภายในเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากเก็บน้ำตัวอย่างเรียบร้อยแล้ว

2.3 วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียโดยวิธีวิเคราะห์น้ำเสียสากล (Standard Methods for Examination of Water and Wastewater)

ตอนที่ 2 การพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการ

2. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาบทปฏิบัติการให้เป็นนวัตกรรม

3. ยกร่างโดยผ่านการตรวจพิจารณาทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มทดลองจำนวน 3 ครั้ง คือ 3 คน 9 คน และ 30 คน พร้อมกับหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

นำบทปฏิบัติการเรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

## สมมติฐานของการวิจัย

1. คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านระบบการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน ชนิดใช้ตัวกลางจากขวดพลาสติกเหลือใช้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร

2. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มากกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

**สรุปผลการวิจัย**

ตอนที่ 1 การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน

1. ความเป็นกรด-ด่าง จุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 6.25 จุดที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 7.34 ประสิทธิภาพการบำบัดมีค่าร้อยละ 17.44 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร ที่กำหนดว่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร มีค่าระหว่าง 5.5-9 พบว่า คุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าอยู่ระหว่างเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

2. บีโอดี จุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 458.21 มก./ล.จุดที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 330.04 มก./ล. ประสิทธิภาพการบำบัดมีค่าร้อยละ 27.97 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร ที่กำหนดว่ามาตรฐานน้ำทิ้งบีโอดีมีค่า ไม่เกิน 20 มก./ล. พบว่า คุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

3. ซีโอดี จุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 681.20 มก./ล.จุดที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 575.00 มก./ล. ประสิทธิภาพการบำบัดมีค่าร้อยละ 15.59 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร ที่กำหนดว่ามาตรฐาน น้ำทิ้งซีโอดี มีค่าไม่เกิน 120 มก./ล. พบว่า คุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

4. น้ำมันและไขมัน จุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 22.37 มก./ล.จุดที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.46 มก./ล.ประสิทธิภาพการบำบัดมีค่าร้อยละ 17.47 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร ที่กำหนดว่ามาตรฐานน้ำทิ้ง น้ำมันและไขมัน มีค่าไม่เกิน 20 มก./ล. พบว่า คุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

5. ของแข็งแขวนลอย จุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 129.24 มก./ล. จุดที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 97.09 มก./ล.ประสิทธิภาพการบำบัดมีค่าร้อยละ 24.94 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร ที่กำหนดว่ามาตรฐานน้ำทิ้งของแข็ง

แขวนลอย มีค่าไม่เกิน 30 มก./ล. พบว่า คุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด



**ภาพประกอบ 1** ตัวกลางขวดพลาสติกเหลือใช้ที่นำออกจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน



**ภาพประกอบ 2** การยึดเกาะของจุลินทรีย์บริเวณ พื้นที่ผิวตัวกลางขวดพลาสติกเหลือใช้

**ตอนที่ 2 การพัฒนาบทปฏิบัติการ**

บทปฏิบัติการมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก และมีประสิทธิภาพ 80.26/80.71 (เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80)

**ตาราง 1** แสดงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน ชนิดใช้ตัวกลางจากขวดพลาสติกเหลือใช้โดยภาพรวม

คุณภาพน้ำจุดต่างๆ ของระบบบำบัด	ค่าพารามิเตอร์				
	ความเป็นกรด-ด่าง	บีโอดี (มก./ล.)	ซีโอดี (มก./ล.)	น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)
จุดที่ 1 น้ำเข้าระบบ	6.25	458.21	681.21	22.37	129.24
จุดที่ 2 น้ำออกจากระบบ	7.34	330.04	575.00	18.46	97.09
เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร	5.5-9	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 120	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 30
ประสิทธิภาพในการบำบัด (ร้อยละ)	17.44	27.97	15.59	17.47	24.94
ผลการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้ง หลัง การบำบัดกับเกณฑ์ มาตรฐาน	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน

จากตาราง 1 แสดงว่าประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียโดยภาพรวมของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนชนิดใช้ตัวกลางจากขวดพลาสติกเหลือใช้ตามค่าพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าบีโอดี ค่าซีโอดี ค่าน้ำมันและไขมัน และค่าของแข็งแขวนลอย มีค่าร้อยละ 17.44, 27.97, 15.59, 17.47 และ 24.94 และผลการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดกับเกณฑ์มาตรฐาน น้ำทิ้งจากอาคาร กระทรวงวิทยาศาสตร์ พ.ศ. 2537 ผลปรากฏว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าน้ำมันและไขมันมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนด ส่วนค่าบีโอดี ซีโอดี และ ค่าของแข็งแขวนลอยมีค่าเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนด

### ตอนที่ 3 การทดลองสอน

ผลจากการทดลองสอน พบว่า คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียนมีความแตกต่างกัน (มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05) และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05)



**ภาพประกอบ 2** การปฏิบัติกิจกรรมการทดลองของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการเรื่อง การบำบัดน้ำเสีย

### อภิปรายผล

1. การประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน

1.1 การบำบัดความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียมีประสิทธิภาพร้อยละ 17.44 สามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำซึ่งก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดมีสภาพเป็นกรดให้มีสภาพเป็นกลางได้

ซึ่งถือว่าสภาพดังกล่าวมีความเหมาะสมในการดำเนินกิจกรรมของแบคทีเรียเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยกระบวนการบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน แบคทีเรียจะเปลี่ยนไฮโดรเจนไอออนในน้ำเสียให้กลายเป็นก๊าซมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และเซลล์แบคทีเรียใหม่ ส่งผลให้ปริมาณไฮโดรเจนไอออนลดลง สอดคล้องกับเกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ (2539: 227) กล่าวว่า การลดลงของไฮโดรเจนไอออนในน้ำเสียโดยเปลี่ยนไปอยู่ในรูปก๊าซทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างมากขึ้นเนื่องจากค่าดังกล่าวขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนในน้ำเสีย

1.2 การบำบัดน้ำมันและไขมันของน้ำเสีย มีประสิทธิภาพร้อยละ 17.47 เนื่องจากกระบวนการบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนจุลินทรีย์ใช้สารอินทรีย์ซึ่งประกอบด้วยโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งอาหาร และพลังงานภายในถังหมักเพื่อกระบวนการเจริญเติบโตทำให้ปริมาณน้ำมันและไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำเสียมีปริมาณลดลง นอกจากนี้การติดตั้งบ่อดักไขมันบริเวณโรงอาหารเพื่อกำจัดไขมันบางส่วนที่ลอยอยู่บริเวณผิวน้ำ ออกจากน้ำเสียทำให้ระบบบำบัดในการบำบัดทุกสารอินทรีย์ประเภทไขมันในปริมาณน้อย

1.3 การบำบัดบีโอดีของน้ำเสียมีประสิทธิภาพร้อยละ 27.97 เนื่องจากแบคทีเรียสามารถยึดเกาะพื้นที่ผิวของตัวกลางขวดพลาสติกเหลือใช้โดยไม่หลุดออกนอกระบบ สารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียจึงถูกย่อยสลายโดยปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ออกซิเจนได้ผลผลิตเป็นก๊าซต่างๆ โดยเฉพาะมีเทนซึ่งจะแยกออกจากระบบอย่างรวดเร็วเนื่องจากความสามารถในการละลายน้ำต่ำสอดคล้องกับงานวิจัยของสนอง ทองปาน (2540: 95) ที่ศึกษาการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีการทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยภายในถังหมักบรรจุตัวกลางที่ทำจากท่อพีวีซีเพื่อเป็นที่ยึดเกาะของแบคทีเรีย ป้องกันไม่ให้แบคทีเรียไหลปะปนมากับน้ำที่ผ่านการบำบัดซึ่งแบคทีเรียเหล่านี้จะทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลใหญ่ให้กลายเป็นสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลเล็กทำให้น้ำมีคุณภาพดีขึ้น

1.4 การบำบัดซีโอดีของน้ำเสียมีประสิทธิภาพร้อยละ 15.59 เนื่องจากสารอินทรีย์ประเภทที่ย่อยสลายได้ถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำสามารถออกจากระบบได้ส่งผลให้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมีคุณภาพดีขึ้น สอดคล้องกับมันสิน ตันทุลเวศม์ (2525: 45) กล่าวว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายสิ่งสกปรกในน้ำเสียซึ่งอยู่ในรูปของซีโอดีจะเป็นสารประกอบคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

1.5 การบำบัดของแข็งแขวนลอยของ น้ำเสีย มีประสิทธิภาพร้อยละ 24.94 เนื่องจากสารอินทรีย์ที่เป็น

องค์ประกอบของของแข็งแขวนลอยแม้ส่วนใหญ่จะเป็นประเภทที่ย่อยสลายยากแต่บางส่วนก็สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ ส่งผลให้ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียลดลงเมื่อผ่านการบำบัด สอดคล้องกับงานวิจัยของเกรียงศักดิ์ คูศิริบุญรัตน์ (2535: 85) ที่ได้ศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียชนิดใช้ตัวกลางติดกับที่แบบถังกรองไร้ออกซิเจนสำหรับบำบัดอาคาร พบว่า น้ำเสียที่ผ่านถังกรองไร้ออกซิเจน มีค่าของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยเท่ากับ 151.81 มีประสิทธิภาพในการบำบัดร้อยละ 41.66

จากผลการทดลอง ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน ชนิดใช้ตัวกลางจากขวดพลาสติกเหลือใช้สามารถบำบัดความเป็นกรด-ด่าง และน้ำมันและไขมันให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้ ส่วนบีโอดี ซีโอดี และของแข็งแขวนลอยไม่สามารถบำบัดให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดได้ ต้องผ่านกระบวนการบำบัดในระบบอื่นโดยมหาวิทยาลัยศรีนครินทร- วิโรฒใช้ระบบจานหมุนชีวภาพ

## 2. การพัฒนาบทปฏิบัติการ

2.1 จากการประเมินคุณภาพของบทปฏิบัติการโดยผู้เชี่ยวชาญปรากฏว่าโดยภาพรวมคุณภาพของบทปฏิบัติการอยู่ในระดับดีเนื่องจาก มีความสอดคล้องกับสภาพการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ตลอดจนคำนึงถึงความสอดคล้องเกี่ยวกับเนื้อหาในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ความเหมาะสมของการทดลอง อุปกรณ์และสารเคมีที่หาง่ายในท้องถิ่น ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง รวมถึงองค์ประกอบต่างๆ มีความเหมาะสม ชัดเจนต่อเนื่องสัมพันธ์กันช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการคิดแล้วนำไปปฏิบัติที่ละขั้นตอนได้อย่างถูกต้อง สามารถจูงใจให้นักเรียนสนใจในกิจกรรม และช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

2.2 ประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการเท่ากับ 80.26/80.71 เนื่องจากมีข้อมูลพื้นฐานมาจากการทดลองในห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมและการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง โดยเล็งเห็นคุณค่า ความสำคัญของการนำวัสดุอุปกรณ์สารเคมีที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์รวมถึงสภาพและปัญหาน้ำเสียที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน นักเรียนได้สัมผัสและมีส่วนร่วมในการเรียนรู้เกี่ยวกับการตรวจสอบคุณภาพน้ำโดยใช้ประสาทสัมผัส สามารถเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ได้ถูกต้องเหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด เสริมสร้างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ให้เกิดกับผู้เรียน ส่งผลให้บทปฏิบัติการ เรื่องการบำบัดน้ำเสีย มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 สอดคล้องกับงานวิจัยของฐาปนีย์ เมธิพลกุล

(2542: 100) พบว่า บทปฏิบัติการเสริมความรู้ชีววิทยา เรื่อง การจำแนกอันดับปลาทะเล มีประสิทธิภาพ 86.40/82.67

## 3. การทดลองสอน

3.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการ มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เนื่องจากบทปฏิบัติการที่ผู้วิจัยพัฒนา ขึ้นผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญซึ่งผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก อีกทั้งได้ผ่านการหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการซึ่งมีค่า 80.26/80.71 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนด มีการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ให้เหมาะสมกับระดับของผู้เรียน สอดคล้องกับแนวคิดของประเทืองทิพย์ สุกมลจันทร์ (2545: 71) กล่าวว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ และคะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับดีประกอบกับมีการพัฒนา และปรับปรุงบทปฏิบัติการก่อนนำไปสอนจริงส่งผลให้บทปฏิบัติการดังกล่าวมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการสอนได้ ประกอบกับนักเรียนปฏิบัติการทดลองเป็นกลุ่มซึ่งเป็นไปตามลักษณะและคุณสมบัติของผู้เรียนโดยแต่ละคนระหว่างนักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกันในด้านของผลการเรียนแต่ละวิชา (เก่ง ปานกลาง และอ่อน) ทำให้นักเรียนได้มีโอกาสวางแผนการทำงานร่วมกัน ปรึกษาหารือ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และช่วยเหลือซึ่งกันและกันภายใต้กรอบการทำงานอย่างมีระบบส่งผลให้นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของอรทัย ศรีสมชัย (2547: 73) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมศึกษาในโรงเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการมีคะแนนเฉลี่ย 33.55 คิดเป็นร้อยละ 83.88 เนื่องจากบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นเป็นกิจกรรมการเรียนการสอนที่เนื้อหาในแต่ละบทปฏิบัติการมุ่งให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองทำการทดลองจริงอย่างเป็นระบบ มีกระบวนการอย่างต่อเนื่อง การปฏิบัติการทดลองเป็นกลุ่มทำให้นักเรียนได้ร่วมมือกัน ู้จักแบ่งงานทั้งในด้านการวางแผนการทดลอง และการปฏิบัติการทดลองตลอดจนการนำเสนอผลการทดลองหน้า ชั้นเรียนการมีส่วนร่วมดังกล่าวส่งผลให้เกิดความ สัมพันธ์ภายในกลุ่ม ให้เกียรติซึ่งกันและกัน มีอิสระในการแสดงความคิดเห็น กล้าแสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรม สร้างความเชื่อมั่น และความมั่นใจให้กับบุคคล ส่งเสริมความรับผิดชอบในหน้าที่ซึ่งได้รับมอบหมายให้ประสบผลสำเร็จอันนำมาซึ่งประโยชน์ร่วมกันภายในกลุ่ม สอดคล้องกับแนวคิดของ ณัฐวรรณ เขียมขำ (2549: 90) กล่าวว่า การที่

นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองตามขั้นตอนต่างๆ ที่กำหนดไว้ รวมทั้งมีการแก้ไขปัญหา และลงมือปฏิบัติหลายครั้งจนเกิดความชำนาญส่งผลต่อการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความรู้อย่างแท้จริงให้อยู่คู่กับนักเรียนด้วยความยั่งยืนส่งผลให้นักเรียนที่ใช้บทปฏิบัติการเรื่อง การบำบัดน้ำเสีย มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นมากกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 สอดคล้องกับงานวิจัยของธนวรรณ โสมน้อย (2548: 79) พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง จุลินทรีย์ที่ใช้ในการย่อยสลายสีย้อมผ้าสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาที่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

#### ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

##### 1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 ในการนำระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยใช้ตัวกลางจากขวดพลาสติกเหลือใช้ ไปใช้ควรมีการคำนวณปริมาตรน้ำที่เข้าสู่ระบบบำบัดให้มีค่าพอดีกับปริมาตรของขวดพลาสติกรวมทั้งระยะเวลาที่ใช้ในการกักเก็บน้ำเสียเพื่อให้ จุลินทรีย์ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำจนเสร็จสิ้นกระบวนการ

1.2 น้ำทิ้งที่ผ่านระบบควรทำการบำบัดต่อเนื่องในระบบต่อไปเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียให้มากยิ่งขึ้นก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

1.3 ถังหมักที่ใช้บรรจุตัวกลางต้องมีพื้นที่เพียงพอสำหรับบรรจุตัวกลางและควรรองรับน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดต่างๆ สัมพันธ์กับระยะเวลาในการกักเก็บน้ำเสีย

##### 2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียชนิดใช้ตัวกลางพลาสติกที่ระดับต่างๆ ภายในถังหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน

2.2 ควรศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียชนิดใช้ตัวกลางจากวัสดุชนิดต่างๆ เช่น ขวดน้ำโพลาลิทร ซังข้าวโพด และอิฐมอญ เป็นต้น

2.3 ควรศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียชนิดใช้ตัวกลางจากขวดพลาสติกโดยเปลี่ยนชนิดของน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง เช่น น้ำเสียจากโรงงาน น้ำเสียจากคลองแสนแสบ เป็นต้น

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการนำบทปฏิบัติการไปทดลองสอน

##### 1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 ครูผู้สอนควรศึกษา และทำการทดลองเบื้องต้นด้วยตนเองเพื่อให้การทดลองของนักเรียนเป็นไปด้วยดี และครูควรชี้แจง แนะนำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในขั้นตอนต่างๆ ที่ต้องปฏิบัติเพื่อให้การทดลองมีประสิทธิภาพ

1.2 ครูผู้สอนควรศึกษารายละเอียดของบทปฏิบัติการ และศึกษาคู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการเพิ่มเติมเพื่อจะได้ให้คำแนะนำนักเรียนได้อย่างถูกต้องและเกิดประสิทธิภาพในการเรียนการสอนมากยิ่งขึ้น

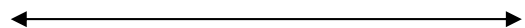
1.3 ควรมีการปรับปรุงรูปแบบกิจกรรมหรือแก้ไขดัดแปลงให้มีความสอดคล้องกับสภาพการณ์ ของท้องถิ่น เพื่อให้ นักเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

##### 2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาผลการใช้บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสียกับตัวแปรอื่นๆ ที่มีความเกี่ยวข้อง เช่น จิตสำนึกทางสิ่งแวดล้อม เจตคติทางสิ่งแวดล้อม และจิตวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

2.2 ควรนำบทปฏิบัติการ เรื่องการบำบัดน้ำเสียไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับบุคลิกภาพของนักเรียนระดับชั้นต่างๆ

2.3 ควรนำบทปฏิบัติการ เรื่องการบำบัดน้ำเสียไปทดลองใช้เป็นแนวทางในการทำโครงการสิ่งแวดล้อมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย



#### บรรณานุกรม

- กรมควบคุมมลพิษ. (2547). **ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร**. สืบค้นเมื่อ 26 กุมภาพันธ์ 2550 จาก <http://www.pcd.go.th>
- เกรียงศักดิ์ คูศิริญญรัตน์. (2535). **การศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียชนิดติดกับที่แบบถังกรองไร้ออกซิเจนสำหรับภาคอาคาร**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมโยธา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- สุพานีย์ เมธิ์พลกุล. (2542). **การสำรวจปลาทะเลที่หาเทียบเรือประมงชุมพรเพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการเสริมสร้างความรู้ชีววิทยาเรื่อง การจำแนกอันดับปลาทะเล**. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.



- ณัฐวรรณ เขี่ยมท่า. (2549). การพัฒนาคู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ประเทืองทิพย์ สุกุมลจันทร์. (2545). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง การแปรรูป และทดสอบเรื่อง สารอาหารในพืชสมุนไพร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- มันสิน ตันกุลเวศม์. (2525). การออกแบบขั้นตอนกระบวนการของระบบกำจัดน้ำเสียที่อาศัยหลักชีวภาพ เล่มที่ 2 โมเดลทางจุลศาสตร์. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ระพีพันธ์ ครัวมมี. (2544). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลเชิงวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนวิชาสังคมศึกษาโดยการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิซึ่มกับการสอนแบบแก้ปัญหา. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สนอง ทองปาน. (2540). การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้พลังงานในตัวเองบำบัดตัวเอง: กรณีศึกษาเพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้สัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมศึกษา. ปรินญานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สำนักงานคณะกรรมการการพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมแห่งชาติ. (2543). กรอบวิสัยทัศน์ และทิศทางแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 9. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมแห่งชาติ สำนักงานนายกรัฐมนตรี.
- สุรพล วิหคไพบูลย์. (2543). การพัฒนาบทปฏิบัติการเรื่อง การบำบัดน้ำเสีย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อรทัย ศรีสมชัย. (2547). การพัฒนาบทปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมศึกษาในโรงเรียนมัธยม. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อโนทัย อุเทนสุด. (2538). องค์การจัดการน้ำเสีย. กรุงเทพฯ: กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- APHA;AWWA WPCF. (1989). Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. New York: American Pubic Health Association.