



# วารสารวิชาการ อุตสาหกรรมศึกษา

วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2553 (77-93)

ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการสำหรับ  
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนภัทรพิทยาคาร

สกล ขุขันธิน, สนอง ทองปาน, ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์

สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

114 สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

---

The Efficiency of Aerobic Treatment System for Developing of Laboratory Directions  
“Wastewater Treatment” for Secondary School Grade Ten Students  
At Patarapittayagan School

Sakol Khukhantin, Sanong Thongpan, Natthapong Charoenpit

---

## บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมาย 3 ประการ คือ 1) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน ในรูปของการลดปริมาณสารอินทรีย์ และสารแขวนลอยในน้ำเสีย 2) เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ให้มีคุณภาพในระดับดี และมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 3) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อทรัพยากรน้ำของนักเรียนหลังการใช้บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย

แหล่งข้อมูลในการวิจัยมีดังนี้ 1) แหล่งน้ำที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำ ใช้น้ำที่รวมจากอาคารต่าง ๆ ภายในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ 2) การศึกษาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการและการศึกษาผลการเรียนรู้ ใช้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนภัทรพิทยาคาร อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก เป็นแหล่งข้อมูล

การศึกษาคุณภาพน้ำกระทำโดย วัดค่าคุณภาพน้ำตามค่าพารามิเตอร์ 6 ตัว ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าดีไอ ค่าบีโอดี ค่าซีโอดี ค่าน้ำมันและไขมัน และค่าของแข็งแขวนลอย แล้วนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำที่กำหนด ส่วนการศึกษาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการกระทำโดยการเทียบค่าสัดส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของคะแนนจากบทปฏิบัติการ 5 บท (E1) กับค่าร้อยละของคะแนนการสอบภาพรวม (E2) สำหรับการศึกษาผลการเรียนรู้ทั้ง 3 ด้านกระทำโดยการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างคะแนนก่อนเรียนกับคะแนนหลังเรียนของผลการเรียนรู้แต่ละด้านโดยการทดสอบค่า t-test กรณีข้อมูลคู่ขนาน (dependent data) ที่ระดับนัยสำคัญ .05

สกล ชุขันธ์อิน, สอนง ทองปาน, ญัฎฐพงษ์ เจริญพิทย  
วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2553 (77-93)

#### ผลการวิจัยมีดังนี้

1. ค่าคุณภาพน้ำ ปรากฏว่า ค่าคุณภาพน้ำ 5 ค่า คือ ค่าอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าดีโอ ค่าบีโอดี ค่าน้ำมัน และไขมัน และค่าของแข็งแขวนลอย เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนค่าซีโอดี มีค่าเกินกว่ามาตรฐาน (ซึ่งบ่งชี้ว่าคุณภาพน้ำยังไม่ดีพอ) เล็กน้อย
2. บทปฏิบัติการมีประสิทธิภาพ (E1/E2) มีค่า 80.26/80.71 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80
3. ผลการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และด้านเจตคติต่อทรัพยากรน้ำของนักเรียนภายหลังการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการ

**คำสำคัญ:** บทปฏิบัติการ, การบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน, มลพิษทางน้ำ

#### Abstract

The purposes of this research were: 1) to study the efficiency of anaerobic "Wastewater Treatment" system to reduce the organic substances from the solution and suspension. 2) to develop laboratory direction on "Wastewater Treatment" to obtain high quality and the efficiency index of 80/80. 3) to investigate the students' achievement on science process skills and attitude towards water resource after learning through the laboratory direction on "Wastewater Treatment"

The data were collected from: 1) analyzed waste water from the buildings in Srinakharinwirot University, Ongkarak 2) investigating the efficiency of laboratory directions and the Mathayomsuksa IV students' achievement at Patarapittayagan school.

The sample were 40 mathayomsuksa IV students, in the first semester of 2009 academic year at Patarapittayagan school.

The efficiency of "Wastewater Treatment" system was done by analyzing temperature, pH, DO, BOD, COD, Oil and Grease, Suspended Solids from wastewater and compared to the standardization of water quality. The efficiency of laboratory directions "Wastewater Treatment" was conducted by comparing to the summation of mean score percentage from 5 chapters (E1) with the summation of examination scores percentage (E2). The study of learning out come was statistically analyzed by computation from mean score before and after learning through laboratory directions "Wastewater Treatment" by using t-test for significant difference of means at the .05 level.

The result of this study indicated that;

1. The value of wastewater quality based on temperature, pH, OD, BOD, Oil and Grease, and suspended solid were acceptable according to the standard value, but COD was higher.
2. The laboratory direction on "Wastewater Treatment" attained the efficiency index at 80.26/80.70
3. The students' achievement, science process skills and attitude toward water resource was significantly increased after the experiment.

**Keyword:** Aerobic treatment system, Laboratory directions, Water pollution

## ภูมิหลัง

โลกเป็นดาวเคราะห์ที่มีสภาวะแวดล้อมเอื้ออำนวยต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต ประกอบขึ้นด้วยพื้นดินและพื้นน้ำ โดยส่วนที่เป็นพื้นน้ำมีอยู่ประมาณ 3 ส่วน น้ำจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งกับชีวิต (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่ม 15: 173) แต่เมื่อมีการเจริญเติบโตของสังคมจนเกิดชุมชนมีการพัฒนาในด้านต่าง ๆ ส่งผลให้เกิดปัญหาตามมาและปัญหาน้ำเสียในแหล่งน้ำทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศ (อินทัย อุเทนสุด. 2538: 5) แนวทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ไขปัญหาน้ำเสียคือ การสร้างระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อบำบัดสารปนเปื้อนที่เจือปนให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานก่อนระบายสู่แหล่งน้ำวิธีการทางชีวภาพนั้นนับว่าเป็นวิธีที่ยอมรับมากที่สุดในการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียในรูปสารละลายและอนุภาคแขวนลอยโดยใช้จุลินทรีย์ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียไปย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียด้วยปฏิกิริยาชีวเคมีแบบใช้ออกซิเจน และไม่ใช้ออกซิเจน (ชาติชาย ชายตระกูล. 2548: 2) ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนเป็นการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพโดยใช้แบคทีเรียเป็นตัวกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำด้วยปฏิกิริยาแบบใช้ออกซิเจน ซึ่งแบคทีเรียส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่มของแอโรบิกเฮเทอโรโทรฟิกแบคทีเรีย (Aerobicheterotrophic bacteria) (สันทิต ศิริอนันต์ไพบูลย์. 2549: 257) ในปัจจุบันการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์พบปัญหาอุปสรรคอีกมากมาย เพราะเป็นวิชาที่ยากทำให้มีปัญหาในการเรียนรู้อุตสาหกรรม และนักเรียนจำนวนไม่น้อยไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร เพราะผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับที่ไม่น่าพอใจมากนัก ดังที่กรอบวิสัยทัศน์และทิศทางแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 9 (พุทธศักราช 2545-2549) ได้สรุปคุณภาพของเด็กไทยในช่วงที่ผ่านมาว่ายังไม่ดีเท่าที่ควร ระบบการศึกษาและกระบวนการเรียนรู้อย่างไม่ได้มาตรฐาน ส่งผลต่อการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันกับต่างประเทศ (สำนักงานคณะกรรมการการวางแผนเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2543: 10) จากสภาพปัญหาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ดังกล่าวจำเป็นต้องได้รับ การ แก้ไข และพัฒนาอย่างเร่งด่วนเพื่อให้ผู้เรียนบรรลุตามจุดมุ่งหมายของการปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้อย่างที่บัญญัติไว้ใน

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 โดยจัดให้ผู้เรียนได้เรียนตามความสนใจ ความถนัด และลักษณะของผู้เรียน การสร้างความรู้เกี่ยวข้องกับสภาพสังคม และชีวิตประจำวันของผู้เรียนให้มากที่สุด ผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้ได้ดีเมื่อได้รับประสบการณ์ตรงจากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และจากการทำงานร่วมกันระหว่างผู้เรียน (ระพีพันธ์ คร้ามมี. 2544: 12)

การเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการ ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรงโดยการสัมผัสธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมด้วยตนเอง ได้พัฒนาด้านทักษะกระบวนการ ซึ่งเป็นความสามารถพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงการฝึกให้ผู้เรียนเป็นคนมีระเบียบวินัย มีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี ใจกว้างยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น เพื่อแผ้วถางแผ้วความสามัคคีภายในหมู่คณะ (กรมวิชาการ. 2543: 3)

จากสภาพการณ์ที่กล่าวมาทำให้ผู้วิจัยตระหนักถึงการมีส่วนร่วมในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ตลอดจนปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงได้นำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาผสมผสานกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดน้ำเสียในการพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสียเพื่อใช้เป็นนวัตกรรมในการพัฒนาผลการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อทรัพยากรน้ำ และยังเป็นส่งเสริมสร้างให้นักเรียนเกิดความตระหนักถึงความสำคัญของการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมรวมทั้งเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ต่อไป

## ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน ในรูปของการลดปริมาณสารอินทรีย์ และสารแขวนลอยในน้ำเสีย
2. เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ให้มีคุณภาพระดับดี และมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
3. เพื่อนำบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ไปทดลองสอนกับนักเรียน ดังนี้

สกล ชุขน์ธิน, สนอง ทองปาน, ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์  
วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2553 (77-93)

3.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อน-หลังเรียน  
ด้วยบทปฏิบัติการ

3.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์  
ก่อน-หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการ

3.3 เจตคติต่อทรัพยากรน้ำก่อน-หลังเรียน  
ด้วยบทปฏิบัติการ

### ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบข้อมูลในด้าน  
ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน ชนิดใช้  
เครื่องเติมอากาศ รวมทั้งได้บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำ  
เสีย ซึ่งมีคุณภาพระดับดี และมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์  
80/80 และมีศักยภาพในการพัฒนาผลการเรียนรู้ด้าน  
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์  
และเจตคติต่อทรัพยากรน้ำ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4  
ซึ่งผลการวิจัยดังกล่าวจะเป็นประโยชน์แก่ครูผู้สอนในการ  
พัฒนา และส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจ และมี  
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น อีกทั้งได้แนวทาง  
ในการพัฒนาบทปฏิบัติการเพื่อนำไปสร้างบทปฏิบัติการอื่น ๆ  
ต่อไป

### ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้า  
โดยแบ่งการวิจัยออกเป็น 3 ตอน

ตอนที่ 1 การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัด  
น้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน

1. ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในการศึกษา  
ประสิทธิภาพเป็นแบบใช้ออกซิเจน โดยใช้เครื่องเติมอากาศ  
ให้กับน้ำเสีย

2. น้ำเสียที่นำมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพ  
เป็นน้ำเสียภายในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ที่  
ได้มาจากอาคารอำนวยการ อาคารหอสมุด อาคารเรียนรวม  
อาคารปฏิบัติการพื้นฐาน และอาคารสโมสรนิสิต ซึ่งยังไม่ได้  
ผ่านกระบวนการบำบัดด้วยวิธีการใด ๆ มาก่อน

3. การเก็บตัวอย่างน้ำเสียเพื่อนำมาทำการ  
ตรวจวิเคราะห์คุณภาพจะกระทำ 2 จุด คือ จุดน้ำเข้าระบบ

(Influent) และจุดน้ำออกจากระบบ (Effluent) การเก็บ  
ตัวอย่างเก็บด้วยวิธีการเก็บแบบจ้วง

### 4. ตัวแปรที่ศึกษา

4.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ ระบบบำบัดน้ำ  
เสียแบบใช้ออกซิเจน ชนิดใช้เครื่องเติมอากาศให้กับน้ำเสีย

4.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ประสิทธิภาพ  
ของระบบบำบัดน้ำเสียตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำ ตาม  
ค่าพารามิเตอร์ โดยการเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน  
คุณภาพน้ำทั้ง กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม  
ตอนที่ 2 การพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การ  
บำบัดน้ำเสีย

1 .เนื้อหาในบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัด  
น้ำเสีย ที่พัฒนามี 5 บท คือ 1) การตรวจสอบคุณภาพน้ำ  
2) ความสำคัญของน้ำ 3) สาเหตุของน้ำเสีย 4) การ  
ปรับปรุงคุณภาพน้ำ และ 5) การอนุรักษ์น้ำ

2. ในแต่ละบทปฏิบัติการมีองค์ประกอบ  
ดังนี้ 1) ชื่อบทปฏิบัติการ 2) ใ้บทความรู้ 3) หลักการ 4)  
จุดประสงค์ 5) เวลาที่ใช้ 6) อุปกรณ์และสารเคมี 7) วิธีการ  
ทดลอง 8) แบบรายงานผลการทดลอง และ 9) คำถามท้าย  
บทปฏิบัติการ

ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไป  
ทดลองสอน

### 1. การทดลองสอน

1.1 ประชากร ได้แก่ นักเรียนช่วงชั้นที่  
4 โรงเรียนภัทรพิทยาคาร อำเภอองครักษ์ จังหวัด  
นครนายก ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 150  
คน จำนวน 6 ห้องเรียน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้น  
มัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนภัทรพิทยาคาร อำเภอองครักษ์  
จังหวัดนครนายก ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 จำนวน  
40 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบหลายขั้นตอนจำนวน 1  
ห้องเรียน

1.2 ตัวแปรต้น ได้แก่ การสอนโดยใช้  
บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย

สกล ชุขน์ธิน, สนอง ทองปาน, ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์  
วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2553 (77-93)

1.3 ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อทรัพยากรน้ำ

## 2. ระยะเวลาที่ในการทดลองสอน

ทดลองสอนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 ในคาบวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 คาบ คาบละ 50 นาที รวม 10 คาบ

## สมมติฐานในการวิจัย

1. คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน ชนิดใช้เครื่องเติมอากาศ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำที่กำหนด

2. นักเรียนที่ใช้บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ใช้ t - test กรณี Dependent Sample

3. นักเรียนที่ใช้บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ใช้ t - test กรณี Dependent

4. นักเรียนที่ใช้บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย มีเจตคติต่อทรัพยากรน้ำหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ใช้ t - test กรณี Dependent Sample

## สรุปผลการวิจัย

1. ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน ชนิดใช้เครื่องเติมอากาศ

1.1 ค่าอุณหภูมิ จากการวิจัย พบว่า ค่าอุณหภูมิของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบใช้ออกซิเจน จุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.93 องศาเซลเซียส ส่วนในจุดที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.81 องศาเซลเซียส ซึ่งค่าอุณหภูมิของน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดแล้วมีค่าเฉลี่ยลดลงเท่ากับ 0.12 องศาเซลเซียสในส่วนของประสิทธิภาพการบำบัดก่อนและหลังการบำบัดมีค่าตามมาตรฐานอยู่ในเกณฑ์ เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทั้งประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ที่กำหนดว่ามาตรฐานน้ำทิ้งอุณหภูมิ มีค่าไม่

เกิน 40 องศาเซลเซียส พบว่า คุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน ชนิดใช้เครื่องเติมอากาศ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

1.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง จากการวิจัย พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบใช้ออกซิเจน จุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.43 ส่วนในจุดที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.10 ซึ่ง ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดแล้วมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.67 ในส่วนของประสิทธิภาพการบำบัดคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่ได้เปลี่ยนแปลง เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2537 ที่กำหนดว่ามาตรฐานน้ำทิ้งความเป็นกรด-ด่าง มีค่าระหว่าง 5.5-9 พบว่า คุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าอยู่ระหว่างเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน ชนิดใช้เครื่องเติมอากาศ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

1.3 ค่าดีไอ จากการวิจัย พบว่า ค่าดีไอเฉลี่ยของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจนในจุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.38 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในจุดที่ 2 มีค่าดีไอเฉลี่ยเท่ากับ 5.63 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าดีไอของน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดแล้วมีค่าเฉลี่ยลดลงเท่ากับ 1.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ในส่วนของประสิทธิภาพการบำบัดโดยรวมเพิ่มขึ้นร้อยละ 28.53 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินที่ไม่ใช้น้ำทะเล ประเภท 3 พ.ศ. 2529 ที่กำหนดว่ามาตรฐาน น้ำทิ้งดีไอมีค่าไม่ต่ำกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า คุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน ชนิดใช้เครื่องเติมอากาศ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินที่ไม่ใช้น้ำทะเล ประเภท 3 พ.ศ. 2529 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

1.4 ค่าบีโอดี จากการวิจัย พบว่า ค่าบีโอดีเฉลี่ยของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจนในจุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.62 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในจุดที่ 2 มีค่าบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 18.83 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าบีโอดีของน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดแล้วมีค่าเฉลี่ยลดลงเท่ากับ 6.79 มิลลิกรัมต่อลิตร ในส่วนของประสิทธิภาพการบำบัดโดยรวมมีค่าร้อยละ 26.50 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2537 ที่กำหนดว่ามาตรฐานน้ำทิ้งบีโอดีมีค่าไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า คุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด จึงสรุปได้ว่า คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน ชนิดใช้เครื่องเติมอากาศ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

1.5 ค่าซีโอดี จากการวิจัย พบว่า ค่าซีโอดีเฉลี่ยของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจนในจุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 161.04 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในจุดที่ 2 มีค่าซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 120.61 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าซีโอดีของน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดแล้วมีค่าเฉลี่ยลดลงเท่ากับ 40.43 มิลลิกรัมต่อลิตร ในส่วนของประสิทธิภาพการบำบัดโดยรวมมีค่าร้อยละ 25.11 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2537 ที่กำหนดว่ามาตรฐานน้ำทิ้งซีโอดีมีค่าไม่เกิน 120 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า คุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน ชนิดใช้เครื่องเติมอากาศ ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

1.6 ค่าน้ำมันและไขมัน จากการวิจัย พบว่า ค่าน้ำมันและไขมันเฉลี่ยของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจนในจุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.70 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในจุดที่ 2 มีค่าน้ำมันและไขมันเฉลี่ยเท่ากับ 12.30 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าน้ำมันและไขมันของน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดแล้วมีค่าเฉลี่ยลดลงเท่ากับ 7.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ในส่วนของประสิทธิภาพการบำบัดโดยรวมมีค่าร้อยละ

37.56 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2537 ที่กำหนดว่ามาตรฐานน้ำทิ้งน้ำมันและไขมันมีค่าไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า คุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน ชนิดใช้เครื่องเติมอากาศ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

1.7 ของแข็งแขวนลอย จากการวิจัย พบว่า ค่าของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนในจุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 43.61 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในจุดที่ 2 มีค่าของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยเท่ากับ 28.91 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดแล้วมีค่าเฉลี่ยลดลงเท่ากับ 14.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ในส่วนของประสิทธิภาพการบำบัดโดยรวมมีค่าร้อยละ 37.71 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2537 ที่กำหนดว่ามาตรฐานน้ำทิ้งของแข็งแขวนลอยมีค่าไม่เกิน 30 มิลลิกรัม ต่อลิตร พบว่า คุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า คุณภาพน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน ชนิดใช้เครื่องเติมอากาศ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคาร ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

## 2. การพัฒนาบทปฏิบัติการ

2.1 ด้านคุณสมบัติของบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ผลการวิจัย พบว่า ในส่วนของเอกสารประกอบบทปฏิบัติการ (ใบความรู้) บทปฏิบัติการ เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการ และคู่มือประกอบบทปฏิบัติการมีคุณภาพอยู่ในระดับดี ทั้งนี้ เนื่องจากได้ผ่านการศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นที่ 3 และผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ มีการปรับปรุงแก้ไขให้มีความสอดคล้องกัน

2.2 ด้านประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ผลการวิจัย พบว่า บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ

สกล ชุขันธ์อิน, สนอง ทองปาน, ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์  
วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2553 (77-93)

80.26/80.71 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า บทปฏิบัติการดังกล่าวมีคุณภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

### 3. การทดลองสอน

3.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยจาก การทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยก่อนใช้บทปฏิบัติการ เท่ากับ 26.28 ส่วนคะแนนเฉลี่ยหลังใช้บทปฏิบัติการ เท่ากับ 32.53 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า นักเรียนที่ใช้บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

3.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ผลการวิจัย พบว่า คะแนนเฉลี่ยจาก การทำแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน และหลังเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยก่อนใช้บทปฏิบัติการ เท่ากับ 27.28 ส่วนคะแนนเฉลี่ยหลังใช้บทปฏิบัติการ เท่ากับ 32.45 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า นักเรียนที่ใช้บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

3.3 เจตคติต่อทรัพยากรน้ำ ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบวัดเจตคติต่อทรัพยากรน้ำก่อนเรียน และหลังเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยก่อนใช้บทปฏิบัติการ เท่ากับ 3.52 ส่วนคะแนนเฉลี่ยหลังใช้บทปฏิบัติการ เท่ากับ 4.08 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า นักเรียนที่ใช้บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย มีเจตคติต่อทรัพยากรน้ำหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

### อภิปรายผล

การอภิปรายผลการวิจัยครั้งนี้ เสนอตามลำดับผลการศึกษาค้นคว้าดังนี้

1. อภิปรายผลการศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน

น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดโดยระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน ชนิดใช้เครื่องเติมอากาศ มีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำที่กำหนด ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 โดยวัดได้จากค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังต่อไปนี้ คือ

#### 1.1 ค่าอุณหภูมิ

การบำบัดค่าอุณหภูมิของน้ำเสียมีประสิทธิภาพร้อยละ 0.38 สามารถลดค่าอุณหภูมิเฉลี่ยได้ 0.12 องศาเซลเซียส ซึ่งก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.93 องศาเซลเซียส เหลือค่า ที่ออกจากระบบเฉลี่ยเท่ากับ 30.81 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เป็นผลเนื่องจาก น้ำที่ผ่านการบำบัดแบบใช้ออกซิเจนแล้วมีกิจกรรมในการย่อยสลายสารอินทรีย์น้อยลง ประกอบกับ ในการวิจัยมีการไหลเวียนของน้ำทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและเกิดการระเหยได้ดี ส่งผลให้อุณหภูมิลดลง (Young and McCarty, 1962: 151) สอดคล้องกับ สนอง ทองปาน (2540: 198) กล่าวว่า น้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัดแล้วมีกิจกรรมของแบคทีเรียในการย่อยสลายสารอินทรีย์น้อยลงเนื่องจากปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำลดลง ทำให้อุณหภูมิของน้ำมีค่าลดลงด้วย

#### 1.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

การบำบัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียมีประสิทธิภาพร้อยละ 10.41 สามารถเพิ่ม ค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยได้ 0.67 ซึ่งก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.43 เพิ่มค่าที่ออกจากระบบเฉลี่ยเท่ากับ 7.10 เป็นผลเนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีกิจกรรมของแบคทีเรียในการย่อยสลายสารอินทรีย์น้อยลงทำให้สภาวะความเป็นกรด-ด่างลดลง (เสริมพล รัตสุข และไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 2525: 24) เนื่องจากปฏิกิริยาการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจนจะเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งสามารถรวมตัวกับน้ำได้เป็นกรดคาร์บอนิก จึงทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดจึงต่ำกว่าหลังการบำบัด สอดคล้องกับ เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ (2539: 139) กล่าวว่า การย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ในน้ำทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ซึ่งก๊าซดังกล่าวสามารถทำปฏิกิริยากับน้ำได้เป็นกรดคาร์บอนิก ( $H_2CO_3$ ) นอกจากนี้

การเติมออกซิเจนให้กับน้ำเสียจะทำให้เกิดการรวมตัวกันระหว่างออกซิเจนกับไฮโดรเจนในน้ำเสียได้ผลิตภัณฑ์เป็นโมเลกุลของน้ำ ( $H_2O$ )

#### 1.3 ค่าดีไอ

การบำบัดค่าดีไอของน้ำเสียมีประสิทธิภาพ ร้อยละ 28.53 สามารถเพิ่มค่าดีไอเฉลี่ยได้ 1.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.38 มิลลิกรัมต่อลิตร เพิ่มค่าที่ออกจากระบบเฉลี่ยเท่ากับ 5.63 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นผลเนื่องจากการเติมอากาศให้กับน้ำเสียทำให้ปริมาณออกซิเจนมีเพียงพอสำหรับจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้เร็วขึ้นกว่าการปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติความสกปรกของน้ำจึงลดลง ประกอบกับในการวิจัยมีการไหลเวียนของน้ำโดยการทำงานของเครื่องเติมอากาศ และค่าอุณหภูมิที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานส่งผลให้ออกซิเจนละลายในน้ำได้ดี ประสิทธิภาพในการบำบัดจึงมีค่าร้อยละ 28.53 สอดคล้องกับ สนอง ทองปาน (2540: 50) กล่าวว่า อุณหภูมิของน้ำที่สูงเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานมีผลทำให้การละลายของออกซิเจนในน้ำลดลง

#### 1.4 ค่าบีโอดี

การบำบัดค่าบีโอดีของน้ำเสียมีประสิทธิภาพร้อยละ 26.50 สามารถลดค่าบีโอดีเฉลี่ยได้ 6.79 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.62 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือค่าที่ออกจากระบบเฉลี่ยเท่ากับ 18.83 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นผลเนื่องมาจากบีโอดีเป็นค่าที่บอกให้ทราบถึงความสกปรกของน้ำว่ามีมากน้อยเพียงใด ซึ่งก่อนบำบัดมีค่าที่เกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด แสดงว่าน้ำจากอาคารต่างๆ ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องค์กรักษ์ มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ เป็นจำนวนมาก เมื่อนำน้ำดังกล่าวผ่านกระบวนการบำบัดแบบใช้ออกซิเจนทำให้มีปริมาณออกซิเจนเพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ส่งผลให้ค่าบีโอดีหลังการบำบัดลดลงคุณภาพน้ำจึงดีขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ บัญจรตน์ โจลานันท์ (2538: 79) ที่ศึกษาถึงประสิทธิภาพของระบบ Aerobic packed bed ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร พบว่า ประสิทธิภาพการลดค่า COD, BOD และ SS ที่ระยะเวลาเก็บกัก 4 ชั่วโมง เท่ากับร้อยละ

93.72, 98.72 และ 97.07 ตามลำดับ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุวิทย์ วรณประดิษฐ์ (2543: 54) ที่ศึกษาประสิทธิภาพของระบบฟิกส์เบดแอโรชั่นสำหรับการบำบัดน้ำเสียชุมชน พบว่า น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีคุณภาพ อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถลดค่า BOD ในน้ำเสียให้มีค่าต่ำกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

#### 1.5 ค่าน้ำมันและไขมัน

การบำบัดค่าน้ำมันและไขมันของน้ำเสียมีประสิทธิภาพร้อยละ 37.56 สามารถลดค่าน้ำมันและไขมันเฉลี่ยได้ 7.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.70 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือค่าที่ออกจากระบบเฉลี่ยเท่ากับ 12.30 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นผลเนื่องจากการใช้สารอินทรีย์ซึ่งประกอบด้วยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน เป็นแหล่งอาหารและพลังงาน เพื่อกระบวนการเจริญเติบโตทำให้ปริมาณน้ำมันและไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำเสียมีปริมาณลดลง ส่งผลให้ความสกปรกของน้ำเสียลดลงด้วย (อรรถวุฒิ อัมพุลทรัพย์ และคณะ. 2536: 49) นอกจากนี้ ค่าน้ำมันและไขมันของน้ำเสียหลังการบำบัดผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร เนื่องจากการปนเปื้อนของน้ำมันและไขมันในน้ำเสียก่อนบำบัดมีปริมาณไม่สูงมากนักสังเกตได้จากปริมาณน้ำมันและไขมันที่ลอยอยู่บนผิวน้ำจับตัวอยู่อย่างไม่หนาแน่น จากการตรวจวิเคราะห์ในจุดที่ 1 พบว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด เพราะฉะนั้นน้ำเสียของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องค์กรักษ์ มาจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ได้แก่ อาคารอำนวยการ อาคารทอสมุด อาคารเรียนรวม อาคารปฏิบัติการพื้นฐาน ซึ่งมีการปล่อย น้ำมันและไขมันในปริมาณน้อย ส่วนใหญ่น้ำมันและไขมันมาจากอาคารสโมสรนิสิต เนื่องจากเป็นโรงอาหารของนิสิตภายในมหาวิทยาลัยจึงมีการชะล้างสิ่งสกปรกโดยเฉพาะไขมันและน้ำมันลงสู่แหล่งน้ำ

#### 1.6 ค่าของแข็งแขวนลอย

การบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียมีประสิทธิภาพร้อยละ 37.71 สามารถลดค่าของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยได้ 14.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 43.61 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือค่าที่ออกจากระบบเฉลี่ยเท่ากับ 28.91 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นผลเนื่องจากการบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน จุลินทรีย์ซึ่งส่วน



ใหญ่เป็นแบคทีเรียสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้ดีกว่าการย่อยสลายตามธรรมชาติทำให้น้ำที่ผ่านระบบบำบัดมีคุณภาพสูงขึ้น

จากเหตุผลข้างต้นส่งผลให้ค่าอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าดีไอ ค่าบีโอดี ค่าน้ำมันและไขมัน และค่าของแข็งแขวนลอย ของน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดแบบใช้ออกซิเจน ชนิดใช้เครื่องเติมอากาศ มีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ส่วนการบำบัดสารอินทรีย์ในรูปของซีโอดี มีประสิทธิภาพร้อยละ 25.11 ไม่สามารถลดปริมาณสารอินทรีย์ที่อยู่ในรูปของสารละลายและอนุภาคแขวนลอยให้มีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2537 ได้ จึงไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ซึ่งผู้วิจัยจะเสนอผลการอภิปราย ดังนี้

#### 1.7 ค่าซีโอดี

การบำบัดค่าซีโอดีของน้ำเสีย มีประสิทธิภาพร้อยละ 25.11 สามารถลดค่าซีโอดีเฉลี่ยได้ 40.43 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 161.04 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือค่าที่ออกจากระบบเฉลี่ยเท่ากับ 120.61 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นผลเนื่องจาก ซีโอดีเป็นการวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสียทั้งประเภทที่ย่อยสลายได้ย่อยสลายได้ช้า และย่อยสลายไม่ได้โดยจุลินทรีย์ (สุรัสวดี บุษะเรณู. 2542: 23) รวมถึงสารอนินทรีย์ต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในน้ำเสียซึ่งบีโอดีไม่สามารถวิเคราะห์ได้ เนื่องจากบีโอดีสามารถวิเคราะห์ได้เฉพาะสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์เท่านั้น ซีโอดีจึงเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสกปรกของน้ำเสียอีกค่าหนึ่งซึ่งวัดในรูปของออกซิเจนที่ละลายในน้ำเช่นเดียวกับบีโอดี (มันสิน ตัณฑุลเวศม์. 2525: 45) ต่างกันที่บีโอดีใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์แต่ซีโอดีใช้ตัวเติมออกซิเจน ได้แก่ โพแทสเซียมไดโครเมตในการย่อยสลาย ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นสารประกอบคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

จากการอภิปรายผลการวิจัยข้างต้นจะเห็นว่า ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียตามค่าพารามิเตอร์ ดังต่อไปนี้ ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าดีไอ ค่าบีโอดี ค่าซีโอดี ค่าน้ำมันและไขมัน และค่าของแข็งแขวนลอย มีค่าร้อยละ 0.38, 10.41, 28.53, 26.50,

25.11, 37.56 และ 37.71 ตามลำดับ เนื่องจากการเติมออกซิเจนลงในน้ำเสียทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์ของระบบเพิ่มขึ้น เนื่องจากจุลินทรีย์จะใช้พลังงานและใช้ในการเจริญเติบโต สอดคล้องกับแนวคิดของ กัลยา ทรรษภิญโญ (2539: 5) กล่าวว่าสารอินทรีย์ในน้ำเสียถูกใช้เป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียประเภทที่สามารถดำรงชีวิตได้ทั้งสภาพที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน (Facultative bacteria)

#### 2. อภิปรายผลการพัฒนาบทปฏิบัติการ

2.1 ด้านคุณสมบัติของบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการดังกล่าวโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ปรากฏว่า โดยภาพรวมคุณภาพของบทปฏิบัติการอยู่ในระดับดี ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากสาเหตุต่างๆ ดังนี้

ประการแรก บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ที่พัฒนาขึ้นได้คำนึงถึงความสอดคล้องในส่วนที่เกี่ยวกับเนื้อหาในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังคำนึงถึงความเหมาะสมของการทดลอง เพราะนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ตั้งแต่ช่วงชั้นที่ 3 ใช้ระยะเวลาในการทดลองไม่มากนักเหมาะสมกับระดับชั้นที่ใช้ในการเรียนการสอน

ประการที่สอง บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ที่พัฒนาขึ้นแต่ละบทประกอบด้วยชื่อบทปฏิบัติการ ใบบทความรู้ หลักการ จุดประสงค์ สารเคมีและอุปกรณ์ วิธีการทดลอง แบบรายงานผลการทดลอง และคำถามท้ายบทปฏิบัติการซึ่งทุกองค์ประกอบมีความเหมาะสม ชัดเจน มีความต่อเนื่องสัมพันธ์กันช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการคิดแล้วนำไปปฏิบัติที่ละขั้นตอนได้อย่างถูกต้อง อีกทั้งบทปฏิบัติการดังกล่าวที่พัฒนาขึ้นเป็นนวัตกรรมการเรียนการสอนที่เน้นการทดลอง ซึ่งสามารถจูงใจให้นักเรียนสนใจในกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง เห็นได้จากบทปฏิบัติการที่ 1 การตรวจสอบคุณภาพน้ำ นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ และใช้กระดาษยูนิเวอร์ซัลวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง และช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

สกล ชุขน์ธิน, สอนง ทองปาน, ญัฎฐพงษ์ เจริญพิทย์  
วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2553 (77-93)

ประการที่สาม บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับสภาพการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (สุใจ เห่งสีไพร. 2547: 286) ซึ่งรูปแบบของบทปฏิบัติการเน้นการทดลองเป็นหลักโดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงภายใต้คำแนะนำ และการให้คำปรึกษาของครูผู้สอนส่งผลให้กิจกรรมการเรียนรู้ดำเนินไปอย่างต่อเนื่องและเป็นระบบ สอดคล้องกับแนวคิดของอารมณ บุญเชิดฉาย (2549: 64) กล่าวว่า การปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองเป็นกลุ่มตามความสนใจโดยมีครูเป็นผู้ให้คำปรึกษา แนะนำ สนับสนุน อำนวยให้กิจกรรมการเรียนรู้ดำเนินไปด้วยความราบรื่น นักเรียนรู้จักรับผิดชอบในหน้าที่ตามที่ได้รับมอบหมาย เสริมสร้างศักยภาพของตนเองสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อชุมชนและท้องถิ่นได้ สอดคล้องกับแนวคิดของ ประเทืองทิพย์ สุกมลินทร์ (2545: 70) กล่าวว่า สภาพการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันเกี่ยวกับหลักสูตรท้องถิ่นนักเรียนสามารถถ่ายโยงความรู้ที่ได้จากการเรียนด้วยบทปฏิบัติการไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อตนเอง ครอบครัว บุคคลใกล้เคียง และชุมชนต่อไป เพราะบทปฏิบัติการที่ใช้จะเป็นการวัดคุณภาพของแหล่งน้ำในชุมชน ตลอดจนอุปกรณ์ที่ใช้ทำชุดบำบัดน้ำเสียที่นำมาสอนนักเรียนเป็นอุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้นจากวัสดุเหลือใช้ และมีอยู่ในท้องถิ่นของนักเรียน

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นทำให้บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย มีคุณภาพและความเหมาะสมในการนำไปใช้จัดการเรียนการสอนอยู่ในระดับดี

2.2 ด้านประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 80.26/80.71 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนด ซึ่งผลการวิจัยข้างต้นเป็นค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของคำถามท้ายบทปฏิบัติการคิดเป็นร้อยละ 80.26 และค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยหลังใช้บทปฏิบัติการจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คิดเป็นร้อยละ 80.71 ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากสาเหตุต่างๆ ดังนี้

ประการแรก บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีข้อมูลพื้นฐานมาจากการทดลองในห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม และการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องโดยผู้วิจัยได้คำนึงถึงความเหมาะสมของเนื้อหา

รูปแบบกิจกรรม ระยะเวลาในการปฏิบัติการทดลอง ตลอดจนความแตกต่างระหว่างบุคคล (ธีระพล อรุณะกสิกร และคณะ. 2543: 23) เห็นได้จากการจัดกลุ่มนักเรียนในการปฏิบัติกิจกรรมมีการคละที่เด็กนักเรียนที่มีผลการเรียนเก่ง ปานกลาง และอ่อน และความพร้อมในการปฏิบัติกิจกรรมของผู้เรียนที่ต้องมีการตรวจสอบคุณภาพน้ำ และการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยวิธีการต่างๆ ทำให้ผู้เรียนเกิดจิตสำนึกในการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อม ตระหนัก และเห็นคุณค่าของทรัพยากรในท้องถิ่น ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้น สนใจ และมุ่งมั่นทำให้การทดลองดำเนินไปด้วยดี ผลการทดลองมีความถูกต้อง แม่นยำ และมีข้อผิดพลาดน้อย (พันศักดิ์ สายแสงจันทร์. 2544: 56)

ประการที่สอง บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นคำนึงถึงสภาพ และปัญหาน้ำเสียที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน นักเรียนได้สัมผัสและมีส่วนร่วมในการเรียนรู้เกี่ยวกับการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นโดยใช้ประสาทสัมผัส ไม่ว่าจะเป็นการใช้จมูกเพื่อดมกลิ่น การใช้สายตาเพื่อดูสีและตะกอนของน้ำ เป็นต้น สามารถเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ได้ถูกต้องเหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัดเสริมสร้างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดกับนักเรียน สอดคล้องกับ ภพ เลหาไพบุลย์ (2542: 168) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการทดลองทำให้นักเรียนได้ใช้ประสาทสัมผัสมาช่วยในการแก้ปัญหาเป็นการเสริมสร้างความรู้ ความเข้าใจให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจอย่างถ่องแท้ และจดจำได้นาน นอกจากนี้การที่นักเรียนได้บำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการต่างๆ ในบทปฏิบัติการที่ 4 การปรับปรุงคุณภาพน้ำ นักเรียนใช้วิธีทางกายภาพด้วยการใช้ถังดักไขมัน และทางชีวภาพคือการใช้เครื่องเติมอากาศลงไปในน้ำ แล้วนำมาเปรียบเทียบ ทำให้ทราบข้อมูลพื้นฐานของการบำบัดน้ำเสีย ปลูกฝังค่านิยมในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม มีจิตสำนึกในการดูแลรักษา มีส่วนร่วมในการรับผิดชอบปัญหาาร่วมกัน สอดคล้องกับ บัณฑิต ดุลยรักษ์ (2542: 32) กล่าวว่า การจัดการศึกษาเพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจเรื่องสิ่งแวดล้อม ปัญหาสิ่งแวดล้อม ความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสิ่งแวดล้อมให้ผู้เรียนเกิดทัศนคติที่ดีต่อสิ่งแวดล้อม มีจิตสำนึก มีความตระหนักร่วมกันอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อมให้ยั่งยืน

ประการที่สาม บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นได้ผ่านการตรวจสอบแก้ไข

สกล ชุขันธิน, สนอง ทองปาน, ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์  
วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2553 (77-93)

และผ่านการตรวจพิจารณาทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญในส่วนของเอกสารประกอบบทปฏิบัติการ (ใบความรู้) บทปฏิบัติการ เอกสารรายงานผลการทดลอง และคำถามท้ายการทดลอง ซึ่งผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการอยู่ในระดับดี จากนั้นผู้วิจัยได้นำบทปฏิบัติการดังกล่าวไปทดลองสอนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งมีความสามารถเก่ง ปานกลาง และอ่อน จำนวน 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 ทดลองสอนกลุ่มย่อยกับนักเรียน 3 คน 1 กลุ่ม เพื่อตรวจสอบการรับรู้ข้อมูลพื้นฐานทั้งหมดในบทปฏิบัติการแล้วนำข้อมูลต่าง ๆ มาปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 1 จากนั้นทดลองสอนกลุ่มย่อยครั้งที่ 2 กับนักเรียน 9 คน 3 กลุ่มเพื่อปรับปรุงสืบเนื่องจากครั้งที่ 1 และทดสอบผลการเรียนรวมทั้งสัมภาษณ์ และสังเกตพฤติกรรมผู้เรียน แล้วนำข้อมูลต่าง ๆ มาปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 2 และครั้งสุดท้ายทดลองสอนกับนักเรียน 30 คน 6 กลุ่ม เพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ 80/80

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นทำให้บทปฏิบัติการ เรื่องการบำบัดน้ำเสีย มีประสิทธิภาพ 80.26/80.71 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนด และมีความเหมาะสมจะนำไปใช้ในการสอนได้

### 3. อภิปรายผลการทดลองสอน

3.1 นักเรียนที่ใช้บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากสาเหตุต่างๆ ดังนี้

ประการแรก บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญซึ่งผลการประเมินอยู่ในระดับดี อีกทั้งได้ผ่านการหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการซึ่งมีค่า 80.26/80.71 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนด และมีการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ อยู่ตลอดเวลาเพื่อความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน สอดคล้องกับแนวคิดของ ประทีปทิพย์ สุกุมลจันทร์ (2545: 71) กล่าวว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ และคะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับดีประกอบกับมีการพัฒนา และ

ปรับปรุงบทปฏิบัติการก่อนนำไปสอนจริงส่งผลให้บทปฏิบัติการดังกล่าวมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการสอนได้

ประการที่สอง บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นผู้วิจัยได้จัดให้นักเรียนปฏิบัติการทดลองเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน ซึ่งเป็นไปตามลักษณะและคุณสมบัติของผู้เรียน โดยคละกันระหว่างนักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกันในด้านของผลการเรียนแต่ละวิชา (เก่ง ปานกลาง และอ่อน) ทำให้นักเรียนได้มีโอกาสวางแผนการทำงานร่วมกัน ปรีกษาหารือ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และช่วยเหลือซึ่งกันและกันภายใต้กรอบการทำงานอย่างมีระบบ สอดคล้องกับ สุดใจ เหง้าสีไพร (2547: 284) กล่าวว่า การสอนแบบกลุ่มนั้นทำให้ผู้เรียนเกิดความคุ้นเคยกับสมาชิกในกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนทัศนะ ฟังพาดูซึ่งกันและกัน ฝึกการเป็นผู้นำ ผู้ตามที่ดี มีความรับผิดชอบในหน้าที่ที่ตนเองได้รับมอบหมาย ส่งเสริมความร่วมมือที่ดีไม่ส่งเสริมให้มีการแข่งขันอันนำมาซึ่งผลประโยชน์ร่วมกัน จากการสังเกตของผู้วิจัย พบว่า ในขณะที่นักเรียนปฏิบัติการทดลองนักเรียนที่เก่งกว่าจะคอยให้คำแนะนำ เช่น การใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้องและเหมาะสม และช่วยเหลือต่อสมาชิกภายในกลุ่มซึ่งเป็นนักเรียนที่อ่อนกว่าเป็นระยะส่งผลให้กิจกรรมการทดลองดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง สมาชิกทุกคนภายในกลุ่ม สมาชิกภายในกลุ่มมีความกระตือรือร้นกับงานที่ได้รับมอบหมาย นักเรียนแต่ละคนทำหน้าที่ของตนเองอย่างเต็มความสามารถ เกิดความสัมพันธ์ที่ดีภายในกลุ่ม มีความภาคภูมิใจในผลงาน เข้าใจเนื้อหาของกิจกรรมการทดลองเป็นอย่างดี มีจิตสาธารณะ ยอมรับจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นอันนำมาซึ่งการปรับปรุงแก้ไข และพัฒนาศักยภาพของตนเองให้เกิดขึ้นอย่างเต็มความสามารถ เห็นได้จากการร่วมกันอภิปรายผลหลังการปฏิบัติการทดลอง นักเรียนจะนำเสนอผลงานตามข้อมูลการทดลองและยอมรับความผิดพลาดที่เกิดขึ้น

ประการที่สาม บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเป็นกิจกรรมเกี่ยวเนื่องสัมพันธ์กับชีวิตประจำวันของนักเรียน การเรียนการสอนที่เน้นเรื่องสิ่งที่อยู่รอบตัวทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง

สกล ชุขน์ธิน, สอนง ทองปาน, ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์  
วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2553 (77-93)

ผ่านการลงมือปฏิบัติ สอดคล้องกับแนวคิดของ จาร์ส อินทลาภพร (2545: 127) กล่าวว่า การศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติการทดลองทำให้เกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรง สามารถนำผลการเรียนรู้ที่ได้รับถ่ายทอดสู่สาธารณะชนในเชิงสร้างสรรค์ สอดคล้องกับ ประเวศ วะสี (2544: 10) กล่าวว่า การจัดประสบการณ์เรียนรู้ให้กับผู้เรียนนั้นควรเป็นเรื่องใกล้ตัวเพื่อให้ผู้เรียนสามารถมองเห็นปัญหา สังเกตได้จากนักเรียนบางคน ประดิษฐ์ถังดักไขมันเพื่อนำกลับไปใช้ที่บ้านหลังจากเรียนบทปฏิบัติการที่ 5 การอนุรักษ์น้ำ และประยุกต์ผลการเรียนรู้ไปใช้ในชีวิตจริง ประกอบกับบทปฏิบัติการดังกล่าวมีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียนและมีรูปแบบกิจกรรมที่แปลกใหม่ ซึ่งไม่เพียงแต่ผู้สอนเป็นผู้กำหนดรูปแบบกิจกรรมให้เท่านั้น นักเรียนซึ่งถือเป็นศูนย์กลางในการเรียนรู้ยังมีโอกาสแสดงออกถึงความคิด เห็นได้จากหลังจากทดลองทุกครั้ง นักเรียนจะร่วมกันสรุป อภิปรายผลการทดลอง มีอิสระในการตัดสินใจถึงแบบแผนปฏิบัติการทดลองตามแบบเฉพาะของแต่ละกลุ่มภายใต้ระเบียบวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เพราะทุกครั้งที่นักเรียนได้เอกสารบทปฏิบัติการ นักเรียนจะร่วมกันวางแผนเพื่อทำการทดลองให้เหมาะสมกับเวลา และความเข้าใจในธรรมชาติของทฤษฎีการบำบัดน้ำเสีย ก่อให้เกิดความหวงแหน เห็นคุณค่า และตระหนักถึงการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นเป็นการสนับสนุนสมมติฐานข้อที่ 2 ที่ว่านักเรียนที่ใช้บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3.2 นักเรียนที่ใช้บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 3 ทั้งนี้ อาจเป็นผลเนื่องมาจากสาเหตุต่าง ๆ ดังนี้

ประการแรก บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเป็นกิจกรรมการเรียนการสอนที่เนื้อหาในแต่ละบทปฏิบัติการมุ่งให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง ทำการทดลองจริงอย่างเป็นระบบ และมีกระบวนการอย่างต่อเนื่อง แต่ละบทปฏิบัติการมีความ

สอดคล้องกันอย่างเป็นระบบ มีการปฏิบัติการทดลองเป็นกลุ่มทำให้นักเรียนได้ร่วมมือกัน รู้จักแบ่งงานกันทำทั้งในด้านการวางแผนการทดลอง และการปฏิบัติการทดลอง (พรยมล บัวศิริ. 2546: 104) ตลอดจนการนำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียน นักเรียนทุกคนต่างมีส่วนร่วมในการเสนอความคิดเห็นในแต่ละบทปฏิบัติการ การมีส่วนร่วมดังกล่าวส่งผลให้เกิดความสัมพันธ์ภายในกลุ่ม ให้เกียรติซึ่งกันและกัน มีอิสระในการแสดงความคิด มีความกล้าแสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรม สร้างความเชื่อมั่นให้เกิดขึ้นกับเพื่อนนักเรียน ส่งเสริมความรับผิดชอบในหน้าที่ซึ่งได้รับมอบหมายให้ประสบผลสำเร็จอันนำมาซึ่งประโยชน์ร่วมกันภายในกลุ่ม ฉะนั้น นักเรียนทุกคนจึงมีความสำคัญ และมีความเสมอภาคในการปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง เพราะในแต่ละบทปฏิบัติการจะมีกิจกรรมแยกย่อย ซึ่งนักเรียนทุกคนในกลุ่มจึงมีโอกาสลงมือปฏิบัติการทดลอง แม้ว่านักเรียนบางคนจะยังไม่เคยมีประสบการณ์ในการปฏิบัติกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ แต่ก็ต้องพยายามศึกษา ค้นคว้า และฝึกปฏิบัติเพื่อให้เกิดความรู้ ความชำนาญ และมีพัฒนาการในแนวโน้มที่ดีขึ้นจนสามารถดำเนินกิจกรรมการทดลองด้วยตนเองได้

ประการที่สอง บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเป็นกิจกรรม การเรียนการสอนที่มีการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการวางแผน และกำหนดเป้าหมายการทดลองอย่างเป็นระบบ ทำให้ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมด้วยความมุ่งมั่น และตั้งใจอย่างเต็มศักยภาพส่งผลให้ได้มาซึ่งความรู้ ความสามารถ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับแนวคิดของ นันทยา ใจตรง (2548: 147) กล่าวว่า การเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ดี ต้องเริ่มต้นจากการวางแผนกระบวนการทางความคิดให้เข้าใจแล้วจึงสะท้อนออกมาทางความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง สังเกตได้จากทุกบทปฏิบัติการนักเรียนแต่ละกลุ่มจะมีการปรึกษาเพื่อวางแผนการทดลองให้ประสบผลสำเร็จ นอกจากนี้การได้รับความช่วยเหลือ และกำลังใจในการปฏิบัติการทดลองจากสมาชิกภายในกลุ่ม ตลอดจนคำแนะนำและการชมเชยของผู้สอนส่งผลให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในการปฏิบัติการทดลองให้ประสบผลสำเร็จ ทำให้ผู้เรียนทราบถึงระดับความสามารถ

สกล ชุขน์ธิน, สอนทอง ปาน, ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์  
วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2553 (77-93)

ของตนเองว่ามีอยู่ในระดับใดซึ่งสามารถนำมาปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด รวมทั้งยังเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนค้นพบหลักการทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง (จิรพรรณ ทะเชียว. 2543: บทคัดย่อ) นอกจากนี้การนำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียนซึ่งผู้เรียนต้องปรึกษาหารือระหว่างนักเรียนภายในกลุ่ม และแสดงความคิดเห็นร่วมกันทำให้เกิดการถ่ายทอดประสบการณ์ที่ได้รับจากการปฏิบัติการทดลอง ส่งผลให้สมาชิกภายในกลุ่มเกิดการเรียนรู้ในเนื้อหาเรื่อง การบำบัดน้ำเสียเพิ่มขึ้น ลดช่องว่างความแตกต่างระหว่างบุคคลทั้งในด้านความรู้ และทักษะกระบวนการของสมาชิกภายในกลุ่ม ขณะที่เสนอผลการทดลองสมาชิกแต่ละกลุ่มสามารถแสดงความคิดเห็นที่แตกต่างและซักถามในประเด็นที่เป็นข้อสงสัยต่อกลุ่มนักเรียนที่นำเสนอ โดยครูผู้สอนจะเป็นผู้สรุปประเด็นต่างๆ และคอยกระตุ้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมีส่วนร่วมกับกิจกรรมการเรียนการสอนให้มากที่สุดและสรุปเนื้อหาที่สำคัญร่วมกับผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์อย่างต่อเนื่อง

ประการที่สาม บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีขั้นตอนการสอนที่ช่วยให้นักเรียนฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตั้งแต่การวางแผนการทดลอง การลงมือปฏิบัติการทดลอง การบันทึกและสรุปผลการทดลอง และการตอบคำถามท้ายการทดลอง ทำให้นักเรียนเกิดประสบการณ์ตรงจากการปฏิบัติส่งผลให้เกิดการสังมพบพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านต่างๆ อันนำไปสู่การพัฒนาความคิด และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่อง จนสามารถแสดงออกได้โดยอัตโนมัติ เห็นได้จากการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน เช่น ครอบเปอร์ กระบอกตวง และบีเกอร์ เป็นต้น นักเรียนเหล่านั้นสามารถใช้อุปกรณ์การทดลองในรายวิชาอื่นๆ ได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับแนวความคิดของ อรุมา ละมุล (2541: 122) กล่าวว่า ขั้นตอนของการเรียนโดยใช้บทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์จะทำให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสูงขึ้น เพราะได้รับการฝึกปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอ จนเกิดความคล่องแคล่วและชำนาญ ด้วยเหตุนี้ทำให้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านการสังเกต การวัด การจัด

กระทำและสื่อความหมายข้อมูล การทดลองมีแนวโน้มในการพัฒนาอย่างเป็นระบบ สังเกตได้จากนักเรียนสามารถปฏิบัติการทดลองได้อย่างถูกต้องและคล่องแคล่วในส่วนท้ายของบทปฏิบัติการ

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นเป็นการสนับสนุนสมมติฐานข้อที่ 3 ที่ว่านักเรียนที่ใช้บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3.2 นักเรียนที่ใช้บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย มีเจตคติต่อทรัพยากรน้ำหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 3 ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากสาเหตุต่างๆ ดังนี้

ประการแรก บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเน้นให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมจริง เรียนรู้จากสิ่งรอบตัว และสามารถนำไปประยุกต์ในชีวิตประจำวันให้เกิดประโยชน์ได้นักเรียนทราบถึงวิธีการตรวจคุณภาพน้ำ ซึ่งทำให้นักเรียนเห็นการเปลี่ยนแปลงของตัวอย่างน้ำที่ชัดเจนและมีเหตุผล ส่งผลให้เห็นคุณค่าและความสำคัญของน้ำมากขึ้น อันนำไปสู่การพัฒนาเจตคติต่อทรัพยากรน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับแนวคิดของชวัญจิต เกี่ยวพันธุ์ (2541: 40) กล่าวว่า เจตคติเป็นการปลูกฝังหรือพัฒนาความรู้สึกซาบซึ้งต่อสิ่งแวดล้อม การปรับปรุงเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมทางด้านความรู้สึก อารมณ์ จำเป็นที่จะต้องสอดแทรกการปฏิบัติในทุกกิจกรรม ทุกโอกาสเท่าที่จะทำได้ แม้ว่าพฤติกรรมต่างๆ จะไม่เกิดขึ้นทันทีทันใดก็ตามแต่ในเวลาข้างหน้าถ้ามีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเป็นไปตามที่มุ่งหวังจะเป็นการส่งเสริมและพัฒนาเจตคติได้

ประการที่สอง บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ทำให้นักเรียนเกิดการอยากรู้ อยากเห็น กระตือรือร้นในการทำงาน และพยายามทำงานให้ดีที่สุด ประกอบกับเนื้อหาในบทปฏิบัติการเน้นกิจกรรมให้นักเรียนได้ออกไปทำกิจกรรมนอกห้องเรียน ไม่ว่าจะเป็นการออกไปเก็บตัวอย่างน้ำเสียหลังโรงเรียน การทดลองความแตกต่างระหว่างน้ำเสียกับน้ำดีที่ผ่านการบำบัดโดยธรรมชาติที่สนามฟุตบอล เป็นต้น ทำให้นักเรียนเกิดความสนุกสนาน



## 2. ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการนำทบทปฏิบัติการไปทดลองสอน

### 2.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป

2.1.1 การนำทบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ไปใช้ในการเรียนการสอนครูผู้สอน คุรศึกษาและทำการทดลองด้วยตนเองจนเกิดความชำนาญ เพื่อให้การสอนนักเรียนประสบผลสัมฤทธิ์สูงสุด

2.1.2 การนำทบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ไปใช้ในการเรียนการสอนอาจปรับกิจกรรมหรือเวลาที่ใช้ให้เหมาะสมกับระดับความสามารถของนักเรียน และสถานที่ที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรม เช่น การทดลองนอกห้องเรียน หรือลงมือปฏิบัติทดลองที่ต้องใช้ความคล่องตัว อาจปรับให้ตรงกับวันที่มีชั่วโมงพละ

2.1.3 การนำทบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ไปใช้โดยครูผู้สอนหรือผู้ที่สนใจควรศึกษารายละเอียดของบทปฏิบัติการ และศึกษาเพิ่มเติมจากคู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการเพื่อจะได้ให้คำแนะนำนักเรียนได้อย่างถูกต้องและเกิดประสิทธิภาพในการเรียนการสอนมากยิ่งขึ้น

2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.2.1 ควรศึกษาผลการใช้บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย กับตัวแปรอื่นๆ ที่มีความเกี่ยวข้อง เช่น ความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการ และจิตวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

2.2.2 ควรนำทบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับนักเรียนระดับชั้นต่างๆ หรือโรงเรียนที่มีความแตกต่างของลักษณะพื้นที่เพื่อให้สอดคล้องกับบริบทด้านสิ่งแวดล้อมของโรงเรียน

2.2.3 ควรนำทบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ไปทดลองใช้เป็นแนวทางในการทำโครงการสิ่งแวดล้อมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษา และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น หรือโครงการสิ่งแวดล้อมด้านอื่น ๆ เช่น โครงการที่เกี่ยวกับมลพิษขยะ โครงการที่เกี่ยวกับมลพิษด้านอากาศ เป็นต้น

## บรรณานุกรม

- [1.] กรมวิชาการ.(2543). การจัดกิจกรรมชุมนุมภาษาอังกฤษ เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของเด็กไทย. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการ
- [2.] กัลยา หรรษภิญโญ. (2539). ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารโดยวิธีชั้นตัวกลางอัดบรรจุไร้อากาศ. ทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมโยธา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- [3.] เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. (2539). การบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพฯ: มิตรนราการพิมพ์.
- [4.] เกษม สาทรายทิพย์. (2540). ระเบียบวิธีวิจัย. นครสวรรค์: นิวเสรินคร.
- [5.] ขวัญจิต เกียวพันธุ์. (2541). ผลการจัดค่ายวิทยาศาสตร์โดยการสำรวจสิ่งแวดล้อมที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปรัญญา นิพนธ์ กศ.ม.(การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- [6.] คณะกรรมการพัฒนาการสอน และผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์. (2525). ชุดเสริมประสบการณ์สำหรับครูวิทยาศาสตร์. ทบวงมหาวิทยาลัย.
- [7.] จันทรจิรา จุมพลหล้า (2546). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การผลิตและการตรวจสอบสารอาหารในเห็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรัญญา นิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- [8.] จำรัช อิตลาภาพร. (2545). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์นมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรัญญา นิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- [9.] จิรพรรณ ทะเชียว. (2543). การเปรียบเทียบทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์กับการ

สกล ชุขน์อิน, สอนง ทองปาน, ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์  
วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2553 (77-93)

- สอนตามคู่มือครู. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- [10.] ซาติชาย ชายตระกูล. (2548). การศึกษาระสิทธิภาพของถังบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการอเล็กโตรลิซิส. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- [11.] อีระพล อรุณะกลีกร และคณะ. (2543). รวบรวมพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542. กรุงเทพฯ: พิมพ์วิญญูชน.
- [12.] นฤมล เลียบสวัสดิ์. (2545). การเปรียบเทียบความเข้าใจในการอ่านและเจตคติในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนการอ่านด้วยการฝึกใช้ความรู้เดิมโดยใช้เทคนิคโครงสร้างระดับยอดกับวิธีสอนอ่านตามคู่มือครู. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- [13.] บัญจรัตน์ โจลานันท์. 2538. ประสิทธิภาพของระบบแอโรบิค แบคทีเรียแบบ สำหรับการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงอาหาร. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- [14.] บัณฑิต ดุลยรักษ์. (2542). กิจกรรมการเรียนการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษาระดับมัธยมศึกษา. ปัตตานี: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [15.] ประเทืองทิพย์ สุกุมลจันทร์. (2545). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง การแปรรูปและทดสอบเรื่องสารอาหารในพืชสมุนไพร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย” ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- [16.] ประเวศวะสี. (2544). ยุทธศาสตร์สู่ความสำเร็จของการศึกษาไทย. ใน การปฏิรูปการเรียนรู้. หน้า 10 กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [17.] พรยมล บัวศิริ. (2546). การพัฒนาบทปฏิบัติการเรื่อง สารและสมบัติของสารสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- [18.] พันศักดิ์ สายแสงจันทร์. (2544). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคนิคการแยกสารสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- [19.] ภพ เลาะห์ไพบูลย์. (2537). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- [20.] มั่นสิน ตันทูลเวศม์. (2525). การออกแบบขั้นตอนกระบวนการของระบบกำจัดน้ำเสียที่อาศัยหลักชีวภาพเล่มที่ 2 โมเดลทางจุลศาสตร์. ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [21.] ระพินทร์ คร้ามมี. (2544). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลเชิงวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนวิชาสังคมศึกษาโดยการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิซิมกับการสอนแบบแก้ปัญหา. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- [22.] สอนง ทองปาน. (2540). การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้พลังงานในตัวเองบำบัดตัวเอง กรณีศึกษาเพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้สัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมศึกษา. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- [23.] เสริมพล รัตนสุข และไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. (2525). การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมแหล่งชุมชน. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.



สกล ชูขันธิน, สนอง ทองปาน, ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์  
วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2553 (77-93)

- [24.] สันทัต ศิริอนันต์ไพบูลย์. (2549). ระบบบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด.
- [25.] สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่ม 15. (2534). หน้า 173-178
- [26.] สุดถุ้ย มุขยวงศา. (2533). ผลของการศึกษาเชิงจิตวิทยาแบบกลุ่มโดยแนวความคิดแบบพิจารณาความเป็นจริงที่มีต่อนิสัยและทัศนคติในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- [27.] สุดใจ เหง้าสีไพร. (2547). พื้นฐานทางเทคโนโลยีของการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [28.] สุรัสวดี บุปผะเรณู. (2542). การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีและซีโอดีในน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรี โดยวิธีหญ้ากรองน้ำเสีย. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- [29.] สุวิทย์ วรรณประดิษฐ์. (2543). ประสิทธิภาพของระบบฟิกล์เบดแอเรชั่นสำหรับการบำบัดน้ำเสียชุมชน. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- [30.] สำนักงานคณะกรรมการการพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมแห่งชาติ. (2543). กรอบวิสัยทัศน์ และทิศทางการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 9. สำนักงานคณะกรรมการการพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี.
- [31.] อรรถวุฒิ อิมพุลทรัพย์ และคณะ. (2536). รายงานสถานการณ์เรื่อง การศึกษาปัญหาและวิเคราะห์เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับคราบน้ำมันตามแหล่งต่างๆ ในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.
- [32.] อรุมา ละมุล. (2541). การพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องความสามารถของวัสดุธรรมชาติโดยการดูดซับโลหะหนักที่ใช้สอนวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- [33.] อารมณีย์ บุญเชิดฉาย. (2549). การพัฒนาชุดกิจกรรมเรื่อง การกำจัดขยะมูลฝอยสำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- [34.] อโนทัย อุเทนสุด. (2538). องค์การจัดการน้ำเสีย. กรุงเทพฯ: กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.