ระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมในสถานศึกษา : แหล่งเรียนรู้ด้านสิ่งแวดล้อมศึกษาสำหรับโรงเรียนขยายโอกาส สังกัดกรุงเทพมหานคร

THE APPROPRIATE WASTE WATER TREATMENT SYSTEM FOR SCHOOLS : AN ENVIRONMENTAL LEARNING RESOURCE FOR EXTENSION SECONDARY SCHOOLS IN BANGKOK

✸ **ดร.สนอง ทองปาน**

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีความมุ่งหมายเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับโรงเรียนขยายโอกาส สังกัดกรุงเทพมหานครตามค่าพารามิเตอร์ 5 ค่า และเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการเรื่องการบำบัดน้ำเสีย

ในการศึกษาตามความมุ่งหมายดังกล่าว ผู้วิจัยได้สร้างระบบบำบัดน้ำเสียขึ้นในพื้นที่ของโรงอาหารในโรงเรียนวัดปุรณาวาส กรุงเทพมหานคร ระบบบำบัดฯ.ที่สร้างขึ้นสามารถบำบัดน้ำเสียได้วันละประมาณ 23.8 ลบ.ม. ผู้วิจัยได้ใช้ระบบบำบัดฯ. ดังกล่าวทดลองบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารโรงเรียนวัดปุรณาวาส ในระหว่าง วันที่ 5 กุมภาพันธุ์ 2550 ถึง วันที่ 3 มีนาคม 2550

ผลการศึกษาพบว่า คุณภาพของน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าเฉลี่ยตามค่าพารามิเตอร์ที่ศึกษาคือ ค่าพีเอช ค่าบีโอดี ค่าซีโอดี ปริมาณสารแขวนลอย และน้ำมันและไขมัน เท่ากับ 7.40, 12.45 mg/l, 72.63 mg/l, 25.75 mg/l และ 7.64 mg/l ตามลำดับ ค่าดังกล่าวเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดโดยกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม 2537

อาจารย์ ดร. สาขาวิชาการมัธยมศึกษา กลุ่มการสอนสิ่งแวดล้อม คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการเรื่องการบำบัดน้ำเสียมีค่า IC เท่ากับ 0.70 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ 0.50

คำสำคัญ : ระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับสถานศึกษา ; ระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงอาหาร ; แหล่งเรียนรู้เรื่องการบำบัดน้ำเสีย

ABSTRACT

This research was attempted to study wastewater treatment efficiency of a researcher Appropriate Wastewater Treatment System for Extension Secondary Schools in Bangkok(AWTS) on eight parameters, and to study efficiency of laboratory directions on wastewater treatment .

To achieve the attests, the AWTS was earlier developed and installed of canteen's Puranavat School Bangkok. The AWTS, capable of treating 23.8 m^3 of wastewater per day, was operated from February 5 to March 3, 2007.

The wastewater treated by the AWTS was found Acceptable by the Ministry of Science Technology and Environment of Thailand 1994. on the eight parameters. The figures were 7.40 mg/l, 12.45 mg/l, 72.63 mg/l and 7.64 mg/l for pH, , BOD, COD, Suspended Solids and Oil and Grease respectively.

The laboratory directions on wastewater treatment efficiency of IC 0.7 at the level higher than the 0.5 criteria

Keyword : wastewater treatment for school; wastewater treatment for canteen; environmental learning resource

ภูมิหลัง

ในปัจจุบันการขยายตัวของชุมชนในเขตกรุงเทพมหานครได้ก่อให้เกิดปัญหาการเสื่อมคุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำต่างๆ เนื่องจากการเพิ่มจำนวนของประชากรอย่างรวดเร็วทำให้ปริมาณการใช้น้ำในการประกอบกิจกรรมต่างๆ เพิ่มมากขึ้น ปริมาณของเสียที่ปนมากับน้ำซึ่งจะต้องกำจัดมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้คุณภาพน้ำในแม่น้ำรวมถึงคูคลองต่างๆ ในเขตกรุงเทพมหานครเสื่อมโทรมลงตามลำดับ สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดมลภาวะทางน้ำ (Water Pollution) มีหลายประการ เช่น น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม น้ำเสียจากเกษตรกรรม น้ำเสียจากกองขยะ และน้ำเสียจากแหล่งชุมชนต่างๆ น้ำเสียเหล่านี้จะถูกระบายลงสู่ลำคลองต่างๆ โดยตรงซึ่งสัดส่วนของปริมาณความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ของน้ำเสียจากแหล่งชุมชนส่งผลกระทบต่อความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำเป็นสัดส่วนร้อยละ 70 เมื่อเทียบกับน้ำเสียที่ปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรม (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2543 : 28) และสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์มากที่สุดคือ การระบายน้ำทิ้งจากกิจกรรมต่างๆ ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร อันได้แก่ กิจกรรมภัตตาคาร ร้านอาหาร ตลาดสด โรงพยาบาล โรงแรม หอพัก และความสกปรกจากบ้านพักอาศัยอีกประมาณ 78,182 กก.บีโอดี/วัน หรือร้อยละ 54.10 ของปริมาณความสกปรกทั้งหมดที่ระบายลงสู่คูคลองต่างๆ ในเขตกรุงเทพมหานคร

โรงเรียนและสถานศึกษาทั่วไป นับว่าเป็นแหล่งสำคัญที่ก่อให้เกิดความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ได้อย่างมาก โดยเฉพาะบริเวณโรงอาหารจัดว่าเป็นสถานที่ที่ทำกิจกรรมเกี่ยวกับการใช้น้ำในการชำระล้างค่อนข้างมาก จากการสำรวจของกรมควบคุมมลพิษพบว่า น้ำทิ้งจากโรงอาหารจะมีค่าบีโอดีเฉลี่ย ประมาณ 110 - 400 มิลลิกรัม/ลิตร และในน้ำทิ้งดังกล่าวมีไขมันสะสมอยู่โดยเฉลี่ยประมาณ 50 -150 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ.2545.23) ซึ่งจัดว่ามีค่าค่อนข้างสูงและเมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติแล้วจะส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำมาก เนื่องจากคราบไขมันจะลอยเคลือบอยู่บริเวณหน้าผิวน้ำ ส่งผลให้แสงแดดส่องลงไปในน้ำได้ในระดับต่ำทำให้สิ่งมีชีวิตประเภทสาหร่ายเซลล์เดียว ซึ่งเป็นผู้ผลิตในห่วงโซ่อาหารไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ ทำให้จำนวนสาหร่ายเหล่านั้นมีปริมาณลดลงและส่งผลให้ระบบนิเวศเสียสมดุลอีกด้วย นอกจากนั้นคราบน้ำมันที่ลอยเคลือบอยู่บริเวณผิวน้ำยังส่งผลให้ออกซิเจนในอากาศไม่สามารถละลายลงไปในน้ำได้ ทำให้ค่าดีโอ (Dissolved oxygen) ของน้ำมีปริมาณลดลง สิ่งมีชีวิตประเภทสัตว์น้ำจะเกิด

สภาวะขาดออกซิเจนและต้องเสียชีวิตลงในที่สุด ส่งผลให้แหล่งน้ำเกิดการเน่าเสียต่อไป

ดังนั้น การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน ชนิดถังหมักแบบใช้ตัวกลาง (Anaerobic Filter) ซึ่งจัดว่าเป็นระบบบำบัดที่มีประสิทธิภาพสูง ประหยัดพลังงาน ประหยัดพื้นที่การก่อสร้าง โดยผู้วิจัยจะออกแบบเพื่อพัฒนาให้ระบบบำบัดน้ำเสียดังกล่าวให้มีประสิทธิภาพสูง ต้นทุนการก่อสร้างต่ำและพัฒนาระบบบำบัดดังกล่าวให้เหมาะสมกับการใช้เป็นแหล่งเรียนรู้และปฏิบัติการเรื่องการบำบัดน้ำเสียสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สังกัดกรุงเทพมหานคร ให้ได้รับความรู้ความเข้าใจในกระบวนการบำบัดน้ำเสียอินทรีย์ และสร้างความตระหนักในการอนุรักษ์แหล่งน้ำให้มีคุณภาพดีในโอกาสต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณภาพของน้ำทิ้งจากโรงอาหารก่อนการบำบัดเพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมกับโรงเรียนในสังกัดกรุงเทพมหานครที่มีจำนวนนักเรียนประมาณ 800-1000 คน

2. เพื่อศึกษาปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารของโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานครที่มีจำนวนนักเรียนประมาณ 800-1000 คน

3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในเชิงการบำบัดโดยภาพรวมของระบบบำบัดน้ำเสียที่พัฒนาขึ้นสำหรับโรงเรียนในสังกัดกรุงเทพมหานครที่พัฒนาขึ้นในรูปแบบการลดปริมาณสารอินทรีย์

4. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการเรื่องการบำบัดน้ำเสียสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. วัสดุที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำ

1.1 ขวดพลาสติกใส่ตัวอย่างน้ำขนาด 1,000 มิลลิลิตร จำนวน 4 ใบ

1.2 บิกเกอร์ ขนาด 1,000 มิลลิลิตร

1.3 แบบฟอร์มการเก็บตัวอย่างน้ำ

2 .อุปกรณ์สำหรับผสมตัวอย่างน้ำ

2.1 ขวดแก้วทรงกระบอก ขนาด 2.5 ลิตร จำนวน 1 ใบ

2.2 กระบอกตวงขนาด 10 มิลลิลิตร จำนวน 1 ใบ

2.3 กระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร จำนวน 1 ใบ

2.4 กระบอกตวงขนาด 1,000 มิลลิลิตร จำนวน 1 ใบ

3. อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์น้ำในห้องปฏิบัติการ

3.1 เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด (PRECICA ,Model :Zerotic II)

3.2 พีเอชมิเตอร์ (METTLER ,Model : Delta 320)

3.3 ตู้อบ (SHEL,Model : U 30)

3.4 ตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20 องศาเซลเซียส (SHEL,Model : Delta 320)

3.5 ขวดบีโอดี ขนาด 300 มิลลิลิตร

3.6 ชุดสกัดซอกฮ์เลต (Soxhlet Apparatus)

3.7 กระดาษกรองใยแก้วมาตรฐาน (Glass Fiber Filter Dise)

3.8 เครื่องแก้วต่าง ๆ

3.9 สารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำตามค่าพารามิเตอร์ที่กำหนด

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

การวิจัยในครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับโรงเรียนขยายโอกาส สังกัดกรุงเทพมหานครและใช้ระบบบำบัดน้ำเสียที่สร้างขึ้นเป็นแหล่งเรียนรู้ เรื่อง การบำบัดน้ำเสียสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียที่พัฒนาขึ้นดำเนินการดังนี้

1 สำรวจข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับ โรงเรียนที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษทางน้ำโดยโรงเรียนดังกล่าวต้องมีจำนวนนักเรียนประมาณ 800-1000 คน ศึกษาคุณภาพของน้ำทิ้งจากโรงอาหารก่อนการบำบัด ตามพารามิเตอร์ต่อไปนี้ อุณหภูมิ, พีเอช (pH) , ดีโอ (Dissolved oxygen) บีโอดี (Biochemical oxygen Demand) , ซีโอดี (Chemical oxygen Demand) ปริมาณสารแขวนลอย (Suspended Solids) และน้ำมันและไขมัน (Oil and Crease)

2 นำน้ำเสียก่อนการบำบัดมาทำการทดลองบำบัดโดยระบบบำบัดน้ำเสียจำลองเพื่อศึกษาหาปัจจัย

สำคัญที่มีผลต่อการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารของโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร ได้แก่ ระยะเวลาการบำบัดน้ำเสียเพื่อนำมาใช้คำนวณขนาดและปริมาตรของระบบบำบัดน้ำเสียและหาประสิทธิภาพการบำบัดตามพารามิเตอร์ดังนี้ ปริมาณน้ำเสียที่ไหลเข้าสู่ระบบในแต่ละวัน, บีโอดี, ซีโอดี, ปริมาณสารแขวนลอย และน้ำมัน และไขมัน

สูตรคำนวณปริมาตรของบ่อบำบัด (m^3) = V T

V แทนปริมาตรน้ำที่ไหลเข้าบ่อบำบัด (m^3 /hr)

T แทนระยะเวลาการบำบัด (hr)

สูตรคำนวณขนาดของบ่อบำบัดที่จะสร้าง (m) = กว้าง X ยาว x สูง = ปริมาตรของบ่อบำบัด(m^3)

3 นำข้อมูลผลการทดลองตามข้อที่ 2 มาสร้างระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสม สำหรับโรงเรียนที่มีจำนวนนักเรียนประมาณ 800-1000 คน ทำการ set up ระบบบำบัดให้ประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด

4. ศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียโดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียเพื่อนำมาทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพโดยจะกระทำ 2 จุด คือ จุดน้ำเข้าระบบ (Influent) และจุดน้ำออกจากระบบ (Effluent) การเก็บตัวอย่างทั้งหมดเก็บด้วยวิธีการเก็บแบบจ้วง (grab sampling)

5. ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างจะกระทำสัปดาห์ละ 3 ครั้ง คือในวันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ เริ่มตั้งแต่เวลา 14.00 น- 15.00 น เป็นเวลาทั้งหมด 4 สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 12 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย

6. การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ วิเคราะห์โดยวิธีวิเคราะห์น้ำสากล (Standard Method) โดยพารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวัดทันทีที่เก็บตัวอย่าง คือ ค่าพีเอช ส่วนพารามิเตอร์ตัวอื่น จะนำมาทำการตรวจวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์น้ำของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

7. ค่าพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ได้แก่ พีเอช, บีโอดี, ซีโอดี ปริมาณสารแขวนลอย และน้ำมัน และไขมัน

ตอนที่ 2 การพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสียดำเนินการดังนี้

1. พัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่องการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระบบบำบัดน้ำเสียที่พัฒนาขึ้น เป็นแหล่งเรียนรู้โดยบทปฏิบัติการเรื่องการบำบัดน้ำเสียประกอบด้วยชุดกิจกรรมทั้งหมด 4 กิจกรรม คือ

(1) กิจกรรม เรื่อง ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสีย

(2) กิจกรรม เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น

(3) กิจกรรม เรื่อง การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน

(4) กิจกรรม เรื่อง การควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียชนิดถังหมักแบบใช้ตัวกลาง

2. นำบทปฏิบัติการไปหาประสิทธิภาพการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านเป็นผู้ประเมินค่า IC เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์ของกิจกรรมและเนื้อหาของกิจกรรม

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรต้น ได้แก่

1.1 ตัวอย่างน้ำก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ ตำแหน่งที่ 1 (Influent) และตำแหน่งที่ 2 น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว (Effluent)

1.2 บทปฏิบัติการ เรื่องการบำบัดน้ำเสีย

2. ตัวแปรตาม ได้แก่

2.1 ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือนประเภท ข. ตามประกาศของกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2537 ตามค่าพารามิเตอร์ ดังต่อไปนี้ พีเอช (pH) , บีโอดี (Biochemical oxygen Demand) ,ซีโอดี (Chemical oxygen Demand) , ปริมาณสารแขวนลอย (Suspended Solids) และ น้ำมันและไขมัน (Oil and Crease)

2.2 คุณภาพของบทปฏิบัติการ เรื่องการบำบัดน้ำเสีย

ผลการศึกษา การศึกษาคุณภาพของน้ำทิ้งจากโรงอาหารของโรงเรียนวัดปุรณาวาสก่อนการบำบัด

ผลการศึกษาคุณภาพของน้ำทิ้งจากโรงอาหารก่อนการบำบัดแสดงได้ดังตาราง 2

ตาราง 1 แสดงคุณภาพของน้ำทิ้งจากโรงอาหารโรงเรียนวัดปุรณาวาสก่อนการบำบัด

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ย (X)	ค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง
น้ำที่เข้าสู่ระบบ (m^3 /day)	23.8	ไม่มี
อุณหภูมิ (C^0)	28.3	ไม่มี
พีเอช	7.2	5.0- 9.0
ดีโอ (mg/l)	4.2	ไม่มี
บีโอดี(mg/l)	168.25	ไม่เกิน 30
ซีโอดี(mg/l)	387.54	ไม่เกิน 120
สารแขวนลอย(mg/l)	68.60	ไม่เกิน 40
น้ำมันและไขมัน (mg/l)	49.23	ไม่เกิน 20

จากตาราง 1 แสดงว่าน้ำทิ้งจากโรงอาหารก่อนการบำบัดมีค่า ปริมาณน้ำที่เข้าสู่ระบบ, อุณหภูมิ, พีเอช, ดีโอ,บีโอดี , ซีโอดี , ปริมาณสารแขวนลอย และน้ำมันและไขมัน เท่ากับ 23.8 m^3 /day, 28.3 C^0 ,7.2 mg/l, 4.2 mg/l, 168.25 mg/l,387.54 mg/l,68.60 mg/l และ 49.23 mg/l ตามลำดับ และผลการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งฯ.ผลปรากฏว่า ค่าบีโอดี ซีโอดี ปริมาณสารแขวนลอย น้ำมันและไขมันมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งฯ.ที่กำหนด

จากตาราง 1 แสดงว่าน้ำทิ้งจากโรงอาหารก่อนการบำบัดมีค่า ปริมาณน้ำที่เข้าสู่ระบบ, อุณหภูมิ, พีเอช, ดีโอ,บีโอดี , ซีโอดี , ปริมาณสารแขวนลอย และน้ำมันและไขมัน เท่ากับ 23.8 m^3 /day, 28.3 C^0 ,7.2 mg/l, 4.2 mg/l, 168.25 mg/l,387.54 mg/l,68.60 mg/l และ 49.23 mg/l ตามลำดับ และผลการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งฯ.ผลปรากฏว่า ค่าบีโอดี ซีโอดี ปริมาณสารแขวนลอย น้ำมันและไขมันมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งฯ.ที่กำหนด

ภาพประกอบ 1 แสดงลักษณะทั่วไปน้ำทิ้งจากโรงอาหารโรงเรียนวัดปุรณาวาสก่อนการบำบัด

การศึกษาปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร

ผลการศึกษาปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารโดยใช้ระบบบำบัดน้ำเสียจำลองแสดงได้ดังตาราง 3

ตาราง 2 ผลการศึกษาปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารโดยใช้ระบบบำบัดน้ำเสียจำลอง

ระยะเวลาการบำบัด (ชั่วโมง)	บีโอดี (mg/l)	สารแขวนลอย (mg/l)	น้ำมันและไขมัน (mg/l)
0	164.80	65.35	53.24
24	65.26	43.25	10.48
36	24.85	28.47	7.17
48	**12.87**	**22.70**	**4.32**
60	7.26	15.64	3.54
ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งฯ.	ไม่เกิน 30	ไม่เกิน 40	ไม่เกิน 20

จากตาราง 2 แสดงว่าน้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ผ่านการบำบัด ที่ระยะเวลาการบำบัด 0, 24. 36,48,และ 60 ชั่วโมง มีค่าบีโอดี เท่ากับ 164.80, 65.26, 24.85, 12.87 และ 7.26 ตามลำดับ ค่าสารแขวนลอยเท่ากับ 65.35, 43.25, 28.47, 22.70 และ 15.64 ตามลำดับ ค่าน้ำมันและไขมันเท่ากับ 53.24, 10.48, 7.17, 4.32 และ 3.54 ตามลำดับ และผลการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งฯ.ผลปรากฏว่า ระยะเวลาการบำบัดที่ควรนำมาใช้ออกแบบการบำบัดได้แก่ 48 ชั่วโมง

น้ำที่ผ่านการบำบัด ระบบบำบัดจำลอง ถังใส่น้ำเสีย

ภาพประกอบ 2 แสดงการทดลองเพื่อหาระยะเวลาการบำบัดที่เหมาะสมโดยระบบบำบัดน้ำเสียจำลอง

0 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง 36 ชั่วโมง 48ชั่วโมง 60 ชั่วโมง

ภาพประกอบ 3 แสดงลักษณะน้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ผ่านการบำบัดในช่วงเวลาต่าง ๆ

สรุปผลการศึกษาคุณภาพของน้ำทิ้งจากโรงอาหารและผลการศึกษาปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารโดยใช้ระบบบำบัดน้ำเสียจำลอง พบว่า น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 23.8 (m^3/day)หรือ 0.99 (m^3/hr) ต่อนักเรียน 1,000 คน หรือ 23.8 ลิตร/คน/วัน ระยะเวลาการบำบัดที่เหมาะสมกับการนำมาใช้ในการออกแบบระบบบำบัดมีค่าเท่ากับ 48 ชั่วโมง นำมาทำการคำนวณดังรายละเอียดต่อไปนี้

สูตรคำนวณปริมาตรของบ่อบำบัด (m^3) = V T

V แทนปริมาตรน้ำเสียที่ไหลเข้าระบบบำบัด (m^3 /hr)

T แทนระยะเวลาการบำบัด (hr)

แทนค่า ปริมาตรของบ่อบำบัด (m^3) = 0.99 x 48

ปริมาตรของบ่อบำบัดไม่ควรน้อยกว่า = 47.52 m^3

สูตรคำนวณขนาดของบ่อบำบัดที่จะสร้าง (m) = กว้าง X ยาว x สูง = ปริมาตรของบ่อบำบัด(m^3)

แทนค่า = 2.6 x 8 x 2.3 m = 47.84 m^3 (ค่าใกล้เคียง)

การคำนวณปริมาตรของตัวกลาง(Media)ที่ทำจากขวดพลาสติกตัดหัวท้ายเพื่อให้จุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำยึดเกาะจะใส่ในอัตราปริมาตรขวดพลาสติก : ปริมาตรบ่อบำบัด มีค่าเท่ากับ 1 : 4 คำนวณได้จากสูตร

ปริมาตรของตัวกลาง (m^3)

= ปริมาตรของบ่อบำบัดทั้งหมด (m^3) /4

= 47.84 / 4

= 11.96 m^3 หรือประมาณ 12 m^3

โดยผู้วิจัยใช้ขวดพลาสติกบรรจุน้ำดื่มชนิดขุ่น ชนิดขวดขุ่นขนาดบรรจุ 1 ลิตรตัดหัวท้ายทิ้งจนเหลือความยาวประมาณ 15 เซนติเมตร โดยขวดน้ำดื่มที่ตัดแล้วจำนวน 124 ขวดจะมีปริมาตรเท่ากับ 1 m^3 ดังนั้นต้องใช้ขวดทั้งหมด 1488 ขวด ซึ่งผู้วิจัยได้รับความร่วมมือจากนักเรียนโรงเรียนวัดปุรณาวาส เขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานครเป็นผู้จัดหาขวดเหลือใช้และนำมาตัดให้ตามขนาด

ภาพประกอบ 4 แสดงขวดที่นักเรียนโรงเรียนวัดปุรณาวาสตัดเพื่อใช้ทำตัวกลาง

ที่มา: อัตราปริมาตรขวดพลาสติก : ปริมาตรบ่อบำบัด มีค่าเท่ากับ 1 : 4 ได้จากการวิจัยของผู้วิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับโรงชำแหละสุกรของสหกรณ์ผู้ค้าสุกรชำแหละกรุงเทพมหานคร เขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2547 (สนอง ทองปาน 2547 : 78)

ในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียผู้วิจัยได้ทำการออกแบบมุ่งเน้นให้มีราคาถูกง่ายต่อการก่อสร้าง และแข็งแรง เช่นบ่อดักไขมันจะออกแบบให้อยู่ติดกับบ่อบำบัดและใช้ผนังร่วมกันทำให้ประหยัดราคาค่าก่อสร้าง นอกจากนี้ถังดักไขมันยังออกแบบให้มีฝาปิดทำให้ถังดักไขมันทำหน้าที่เป็นถังบำบัดไปในตัวอีกด้วยจึงทำให้มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงขึ้น นอกจากนี้ผู้วิจัยยังใช้ขวดบรรจุน้ำดื่มพลาสติกชนิดขวดสีขุ่นซึ่งมีเนื้อผิวหยาบมาประยุกต์ใช้เป็นตัวกลาง (Media)ให้จุลินทรีย์ยึดเกาะ ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้ตามสูตรการคำนวณต่อไปนี้

ราคาตัวกลาง = ปริมาตรตัวกลางที่ใช้ (m^3) X ราคาต่อ1 m^3

= 12 X 2180

= 26160 บาท

สำหรับจุลินทรีย์ที่ใช้ในการบำบัดผู้วิจัย ได้ใช้เชื้อจุลินทรีย์ที่พัฒนาขึ้นจากการวิจัยของผู้วิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับโรงชำแหละสุกรของสหกรณ์ผู้ค้าสุกรชำแหละกรุงเทพมหานคร เขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2547 (สนอง ทองปาน 2547 : 85) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์สายพันธุ์ไทยเหมาะกับภูมิอากาศเขตร้อนทนต่อสภาวะแวดล้อม สามารถยึดเกาะตัวกลางได้แน่น ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีของน้ำเสียชุมชนได้ประมาณ 85-90 % ที่ระยะเวลาการบำบัด 45- 48 ชั่วโมง

ค่าวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างทั้งหมด 46,580 บาท

ค่าแรงงานในการก่อสร้างทั้งหมด 32,000 บาท

ดังนั้นราคาโดยรวมที่ใช้ในการก่อสร้างน่าจะมีราคาประมาณ 78,580 บาท

จากการสำรวจพื้นที่จริงสามารถสร้างบ่อบำบัดได้ขนาด 2.6 x 10 x 2.3 m. ผู้วิจัยจึงออกแบบเป็นบ่อบำบัดขนาด 2.6 x 8 x 2.3 m.โดยแบ่งบ่อบำบัดออกเป็น 4 ส่วน ความยาวส่วนละ 2 m. และออกแบบบ่อดักไขมันเชื่อมติดกับบ่อบำบัดโดยใช้ผนังร่วมกันขนาด 2.6 x 2 x 2.3 m. ดังนั้นระบบบำบัดและบ่อดักไขมันจึงมีขนาด 2.6 x 10 x 2.3 m. รายละเอียดดังภาพประกอบ 5

ภาพประกอบ 5 แสดงแผนภาพของระบบบำบัดน้ำเสียที่พัฒนาขึ้น

ภาพแสดงการเทพื้น

ภาพแสดงการก่อฉาบผนัง

ภาพแสดงการเทคานบน

ภาพประกอบ 6 แสดงขั้นตอนการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย

ภาพประกอบ 7 แสดงระบบบำบัดน้ำเสียที่สร้างเสร็จปิดฝาระบบด้วยแผ่นคอนกรีตสำเร็จ

ภาพประกอบ 8 แสดงตัวกลางจากขวดพลาสติกที่นำมาใส่ในระบบบำบัดน้ำเสียพร้อมทั้งใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อทำการ Start up ระบบบำบัดให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

การศึกษาประสิทธิภาพในเชิงการบำบัดโดยภาพรวมของระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับโรงเรียนในสังกัดกรุงเทพมหานครที่พัฒนาขึ้นในรูปแบบการลดปริมาณสารอินทรีย์

ผลการศึกษาประสิทธิภาพในเชิงการบำบัดโดยภาพรวมของระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับโรงเรียนในสังกัดกรุงเทพมหานครที่พัฒนาขึ้นในรูปแบบการลดปริมาณสารอินทรีย์แสดงได้ดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงประสิทธิภาพในเชิงการบำบัดโดยภาพรวมของระบบบำบัดน้ำเสีย

พารามิเตอร์	น้ำก่อนการบำบัด	น้ำหลังการบำบัด	ค่ามาตรฐาน	ประสิทธิภาพการบำบัด(%)
pH	6.9	7.4	5-9	-
BOD (mg/l)	154.82	12.45	ไม่เกิน 30	91.95
COD (mg/l)	359.35	72.63	ไม่เกิน 120	79.78
สารแขวนลอย(mg/l)	70.38	25.75	ไม่เกิน 40	63.41
น้ำมันและไขมัน (mg/l)	47.62	7.64	ไม่เกิน 20	83.95

(1) (2)

ภาพประกอบ 14 แสดงลักษณะน้ำก่อนการบำบัด (1)และหลังการบำบัด(2)

การศึกษาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ เรื่องการบำบัดน้ำเสีย

ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของกิจกรรมและเนื้อหาของกิจกรรมจากบทปฏิบัติการ เรื่องการบำบัดน้ำเสีย แสดงผลดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของกิจกรรมและเนื้อหาของกิจกรรมจากบทปฏิบัติการ เรื่องการบำบัดน้ำเสีย

ลำดับ	ชื่อกิจกรรม	ความเห็นของผู้เชียวชาญคนที่					ค่า IC รายกิจกรรม	ค่า IC เฉลี่ย	เกณฑ์ IC มาตรฐาน
		1	2	3	4	5			
1	ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสีย	+1	0	+1	+1	+1	0.8	0.7	0.5
2	การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น	+1	+1	0	0	+1	0.6		
3	การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน	+1	+1	+1	+1	0	0.8		
4	การควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียชนิดถังหมักแบบใช้ตัวกลาง	0	+1	+1	0	+1	0.6		

หมายเหตุ +1 หมายถึง แน่ใจว่าจุดประสงค์ของกิจกรรมมีความสอดคล้องกับเนื้อหาของกิจกรรม

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าจุดประสงค์ของกิจกรรมมีความสอดคล้องกับเนื้อหาของกิจกรรม

-1 หมายถึง แน่ใจว่าจุดประสงค์ของกิจกรรมไม่มีความสอดคล้องกับเนื้อหาของกิจกรรม

จากตาราง 4 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) ระหว่างจุดประสงค์ของกิจกรรมและเนื้อหาของกิจกรรม จากบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ของกิจกรรมที่ 1 , กิจกรรมที่ 2, กิจกรรมที่ 3 และกิจกรรมที่ 4 มีค่าเท่ากับ 08, 0.6, 0.8 และ 0.6 ตามลำดับ สำหรับค่า IC โดยภาพรวมทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.7 ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้เท่ากับ 0.5 จึงเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

สรุปผลการวิจัย

1. น้ำเสียจากโรงอาหารที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพได้ตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือนประเภท ข. ตามประกาศของกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2537 ที่กำหนดทุกพารามิเตอร์

2. บทปฏิบัติการเรื่องการบำบัดน้ำเสียมีค่าดัชนีความสอดคล้อง(IC)จุดประสงค์ของกิจกรรมและเนื้อหาของชุดกิจกรรมโดยภาพรวมทั้งฉบับเท่ากับ 0.7 ซึ่งมีค่าเกินค่าเกณฑ์มาตรฐาน IC ที่กำหนดไว้เท่ากับ 0.5

สรุปคุณสมบัติของระบบบำบัดน้ำเสียที่พัฒนาขึ้น

คุณสมบัติของระบบบำบัดน้ำเสียที่พัฒนาขึ้นมีรายละเอียดดังนี้

1. สามารถบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารสำหรับคนที่เข้ามาใช้บริการได้ 1,000 -1,200 คน/วัน

2. ประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีและซีโอดี ได้ 91.95 และ 79.78 % ตามลำดับ

3. ใช้ระยะเวลาการบำบัด 48 ชั่วโมง

4. ใช้เป็นแหล่งเรียนรู้ร่วมกับบทปฏิบัติการ เรื่องการบำบัดน้ำเสียได้

5. ราคาที่สามารถนำไปใช้ในการก่อสร้างต่อไปประมาณ 78,580 บาท

วิจารณ์ผลการศึกษาวิจัย

1. การบำบัดค่าพีเอช (pH) ของน้ำทิ้งจากโรงอาหารมีประสิทธิภาพการบำบัดอยู่ในเกณฑ์ต่ำเนื่องจากค่าพีเอช มีค่าค่อนข้างเป็นกลางไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยน้ำก่อนการบำบัดมีค่าเท่ากับ 6.9 หลังผ่านการบำบัดมีค่า 7.4 โดยเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือนประเภท ข. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2537 กำหนดค่าไว้ 5-9 (กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2539 : 3) ซึ่งสอดคล้องกับคุณลักษณะของน้ำเสียชุมชนของกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งพบว่า ค่าพีเอช ของน้ำเสียมักจะมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือน (กรมควบคุมมลพิษ .2545 : 6) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ เสริมพล รัตสุข และไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์ (2524 : 68) ที่ศึกษาประสิทธิภาพของถังหมักแบบใช้ตัวกลาง ผลปรากฏว่า ค่าพีเอชของน้ำเสียชุมชนก่อนทำการบำบัดจะมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือนที่กำหนด

2. การบำบัดสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีและซีโอดี โดยภาพรวมทั้งระบบมีค่าโดยเฉลี่ย ร้อยละ 91.95 และ 79.78 ตามลำดับ จัดว่ามีประสิทธิภาพของการบำบัดอยู่ในในระดับสูง โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือนประเภท ข. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2537 กำหนดค่าไว้ ไม่เกิน 30 mg/l และไม่เกิน 120 mg/l ตามลำดับ (กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2539 : 3) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ สุเมธ ชวเดช และเสริมพล รัตนสุข. (2522:50) ที่ได้ทำการศึกษา การผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์โดยใช้ถังหมักแบบบรรจุตัวกลาง พบว่าถังหมักแบบบรรจุตัวกลางจะมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีและซีโอดีให้ลดลงในอัตราโดยเฉลี่ยร้อยละ 90.25 และ 82.38 นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของพรีทอเรียส. (Pretorius. 1971: 681-687) ได้ศึกษากระบวนการถังกรองไร้อากาศชนิดสัมผัส (Anaerobic Contact Process) โดยใช้ก้อนหินเป็นตัวกลางสำหรับการบำบัดน้ำเสีย พบว่า สามารถบำบัดค่าบีโอดีเฉลี่ย และซีโอดีเฉลี่ยได้มากกว่าร้อยละ 90 ที่ระยะเวลาการเก็บกัก 48 ชั่วโมง

3. การบำบัดสารแขวนลอยโดยภาพรวมทั้งระบบมีค่าโดยเฉลี่ย ร้อยละ 63.41 จัดว่ามีประสิทธิภาพของการบำบัดอยู่ในระดับสูง เนื่องจากระบบบำบัดแบบถังกรองไร้อากาศที่พัฒนาขึ้นมีการใส่ตัวกลางที่ทำด้วยขวดพลาสติกบรรจุน้ำดื่มขนาด 0.5 ลิตร ที่นำมาตัดหัวและท้ายขวดออกในอัตราส่วน ระหว่างปริมาตรของตัวกลาง ต่อ ปริมาตรของบ่อบำบัด เท่ากับ 1: 4 ซึ่งถือว่าปริมาณตัวกลางที่ใช้ส่งผลให้ประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์และสารแขวนลอยสูงสุด ดังนั้นปริมาณสารแขวนลอยเฉลี่ยของน้ำหลังการบำบัดจึงมีค่าเท่ากับ 25.75 mg/l โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือนประเภท ข. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2537 กำหนดค่าไว้ ไม่เกิน 40 mg/l

4. การบำบัดน้ำมันและไขมันโดยภาพรวมทั้งระบบมีค่าโดยเฉลี่ย ร้อยละ 83.95 จัดว่ามีประสิทธิภาพของการบำบัดอยู่ในระดับสูง เนื่องจากผู้วิจัยได้ออกแบบบ่อดักไขมันเพื่อทำการดักไขมันไว้ก่อนแล้วจึงจะปล่อยให้น้ำไหลเข้าสู่ระบบบำบัดแบบถังกรองไร้อากาศที่พัฒนาขึ้น ดังนั้นปริมาณน้ำมันและไขมันเฉลี่ยของน้ำหลังการบำบัดจึงมีค่าเท่ากับ 7.64 mg/l โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือนประเภท ข. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2537 กำหนดค่าไว้ ไม่เกิน 20 mg/l

5. ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) ระหว่างจุดประสงค์ของกิจกรรรมและเนื้อหาของกิจกรรมจากบทปฏิบัติการ เรื่องการบำบัดน้ำเสียมีค่าโดยภาพรวมทั้งฉบับเท่ากับ 0.7 ซึ่งมีค่าเกินค่าเกณฑ์มาตรฐาน IC กำหนดไว้เท่ากับ 0.5 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 124) แสดงว่าเนื้อหาของกิจกรรมที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ของกิจกรรมในระดับสูง ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนได้รับความรู้ตรงตามจุดประสงค์ของกิจกรรมที่กำหนดไว้ในระดับสูง

ข้อเสนอแนะที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในครั้งนี้

1. ในการนำระบบบำบัดน้ำเสียที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารอื่นต่อไป ควรนำน้ำที่จะทำการบำบัดมาศึกษาเพื่อหาปริมาณน้ำทิ้งและระยะเวลาการบำบัดที่เหมาะสมก่อนทุกครั้งเพื่อนำมาคำนวณหาปริมาตรของบ่อบำบัดตามสูตรการคำนวณในบทที่ 3

2. ควรทำการศึกษาเพื่อพัฒนาเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดและลดระยะเวลาการบำบัด

3. ควรทำการศึกษาและพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมกับโรงเรียนสังกัดหน่วยงานอื่น ๆ ที่มีจำนวนนักเรียนแตกต่างจากที่เคยทำการทดลอง

4. ควรทำการศึกษาและพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมแบบชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Process) เพราะจะทำให้ประหยัดพื้นที่ในการบำบัดเหมาะสำหรับโรงเรียนที่มีพื้นที่จำกัดและสามารถพัฒนาเป็นแหล่งเรียนรู้ได้อีกรูปแบบหนึ่ง

5. ก่อนนำบทปฏิบัติการ เรื่องการบำบัดน้ำเสียไปใช้ ครูควรทำการทดลองตามกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นก่อนเพื่อให้เกิดความเข้าใจในขั้นตอนการใช้ให้มากขึ้น และเมื่อพบปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ จะได้แก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้อง และควรนำไปใช้ทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มเล็ก ๆ ก่อนเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับผู้สอนต่อไป

6. ก่อนนำบทปฏิบัติการ เรื่องการบำบัดน้ำเสียไปใช้ครูควรทำการศึกษาเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Process) การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Process) และการสร้างถังดักไขมันในรูปแบบต่าง ๆ ให้เข้าใจเสียก่อน

7. ควรสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนขึ้นเพื่อใช้ในการวัดผลการเรียนการสอนก่อนเรียนและหลังเรียน

8. ควรสร้างแบบวัดเจตคติด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำเพื่อใช้วัดเจตคติของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนเพื่อประเมินระดับเจตคติด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำของผู้เรียน

บรรณานุกรม

กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. (2537.1 กุมภาพันธ์). **ราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 11 ตอนพิเศษ 9. เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง จาก อาคารบางประเภทและขนาด**.

กรมควบคุมมลพิษ. (2545). **น้ำเสียชุมชนและระบบบำบัดน้ำเสีย**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.

กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ. (2545). **น้ำเสียชุมชนและระบบบำบัดน้ำเสีย**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, สำนักงาน (2543). **แนวทางการบริหารและการจัดการน้ำเสียชุมชน**. กรุงเทพฯ : กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

สนอง ทองปาน (2547) **การพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมของโรงชำแหละสุกร สหกรณ์ผู้ค้าสุกรชำแหละกรุงเทพมหานคร** รายงานการวิจัย สาขาการมัธยมศึกษากลุ่มการสอนสิ่งแวดล้อม คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.ฉบับอัดสำเนา.

สุเมธ ชวเดช และ เสริมพล รัตสุข. **ถังผลิตแก๊สชีวภาพแบบใช้ตัวกลางไม้รวก**. กรุงเทพฯ : กองวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2522. อัดสำเนา

เสริมพล รัตนสุข และไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. (2525). **การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมแหล่งชุมชน**. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). **วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

APHA; AWWA; & WPCF. (1989). **Standard method of the examination of water and wastewater.** New York : American Pubic Health Association

Pretorius, W.A. (1971). **Anaerobic Disestion of Raw Sewage. Water Res.** 5: 681-687