

การนำสาหร่ายที่ผลิตน้ำมันไบโอดีเซลมาบำบัดน้ำเสียของ
โรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล

สาวิตรี ไทรทัตทิมา

วิชาการค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม)
คณะพัฒนสังคมและสิ่งแวดล้อม
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

พ.ศ. 2554

หัวข้อวิชาการคั่นคว่ำอิสระ : การนำสาหร่ายที่ผลิตน้ำมันไบโอดีเซลมาบำบัดน้ำเสียของโรงงาน
อุตสาหกรรมรีไซเคิล

โดย : นางสาวสาวิตรี ไทรทับทิม

คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ อนุมัติให้วิชาการ
คั่นคว่ำอิสระ (3 หน่วยกิต) ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร-
มหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม)

รองศาสตราจารย์
(ดร.วิสาขา ภูจินดา)
อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์
(ดร. สุรสิทธิ์ วชิรขจร)
คณบดีคณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม

วันที่ 17 กรกฎาคม 2555



บทคัดย่อ

ชื่อวิชาการค้นคว้าอิสระ : การนำสาหร่ายที่ผลิตน้ำมันไบโอดีเซลมาบำบัดน้ำเสียของ
โรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล

ชื่อผู้เขียน : นางสาวสาวิตรี ไทรทับทิม

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม)

ปีการศึกษา : 2554

การศึกษาการนำสาหร่ายที่ผลิตน้ำมันไบโอดีเซลมาบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการบำบัดน้ำในบ่อสุดท้ายของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิลโดยใช้สาหร่ายที่นำมาผลิตไบโอดีเซล และเพื่อศึกษาหาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิลโดยใช้สาหร่ายที่นำมาผลิตไบโอดีเซล โดยมีขอบเขตของการศึกษา คือ ทำการศึกษาจากตัวอย่างน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล บริษัท ส.กนกการจัดการสิ่งแวดล้อม จำกัด ซึ่งเป็นน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทางเคมีและชีวภาพแล้ว ทั้งนี้สาหร่ายที่นำมาทำการศึกษาเป็นตัวอย่างสาหร่ายที่สามารถผลิตไบโอดีเซลจากหน่วยงานที่มีการศึกษาเกี่ยวกับการผลิตไบโอดีเซล สำหรับขั้นตอนการศึกษา ดำเนินการโดยนำน้ำเสียในบ่อสุดท้ายของระบบบำบัดที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบบ่อบำบัดทางเคมีและชีวภาพของโรงงานมาปรับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน 7 ชุดการทดลอง และมีระดับความเข้มข้น ดังนี้ 0 เปอร์เซ็นต์, 20 เปอร์เซ็นต์, 40 เปอร์เซ็นต์, 50 เปอร์เซ็นต์, 60 เปอร์เซ็นต์, 80 เปอร์เซ็นต์ และ 100 เปอร์เซ็นต์ มาใส่ขวดทดลอง โดยกำหนดให้ปริมาณสาหร่ายเริ่มต้นคงที่ คือ 0.1 กรัม/น้ำเสีย 100 มิลลิลิตร ตั้งไว้ในสภาวะแวดล้อมปกติไม่เติมอากาศและมีแสงแดด แล้วทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำก่อนเริ่มการทดลองและทุก 3 วัน หลังการทดลองเป็นเวลา 15 วัน โดยนำตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์ค่า pH ค่า DO และค่า COD จากนั้นทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียของโรงงาน

ผลการศึกษา พบว่า มีความเป็นไปได้ในการบำบัดน้ำในบ่อสุดท้ายของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิลโดยใช้สาหร่ายที่นำมาผลิตไบโอดีเซล พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียที่มีการเลี้ยงสาหร่ายในน้ำเสียและน้ำประปาในอัตราส่วนที่ต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีความ

แตกต่างกันเมื่อระยะเวลาในการบำบัดแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 สำหรับค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen ; DO) ของน้ำเสียไม่มีความแตกต่างกันเมื่ออัตราส่วนของน้ำเสียต่อน้ำประปาและระยะเวลาการบำบัดแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 โดยปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าลดลงในช่วงแรกแล้วจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาเริ่มต้นที่ 3-6 วัน ตามอัตราส่วนของน้ำเสียต่อน้ำประปาที่ 60:40 ซึ่งมีค่า DO สูงถึง 9.7 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับค่า COD พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่ออัตราส่วนน้ำเสียต่อน้ำประปาแตกต่างกัน แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อระยะเวลาในการบำบัดแตกต่างกันที่นัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และพบว่าน้ำเสียที่มีค่า COD ในปริมาณที่พอเหมาะต่อปริมาณสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำ จะทำให้สามารถเลี้ยงสาหร่ายได้ดี ในปริมาณอัตราส่วนของน้ำเสียต่อน้ำประปาที่ 80:20 และ 100:0 ซึ่งมีค่า COD ในช่วง 60.3-60.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

ซึ่งหากคิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD และการเพิ่มค่า DO โดยเปรียบเทียบน้ำก่อนการบำบัดด้วยสาหร่ายและน้ำหลังการบำบัดด้วยสาหร่ายนั้น พบว่า ประสิทธิภาพในการเพิ่มค่า DO ในน้ำเสียที่มีการเลี้ยงสาหร่ายในวันที่ 6 ของการเลี้ยงสาหร่ายมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้นมากกว่า 104 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มขึ้นน้อยมากหลังจากเลี้ยงสาหร่ายไปแล้ว 15 วัน ส่วนประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD ในน้ำของสาหร่าย พบว่า สาหร่ายในปริมาณที่ทำการทดลองไม่สามารถที่จะบำบัดค่าซีโอดีให้ลดลงได้ โดยค่า COD ที่เพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากปริมาณสารอินทรีย์มากเกินไปที่จะออกซิไดซ์ได้หมด แต่หากเลี้ยงสาหร่ายในน้ำเสียที่มีปริมาณสารอินทรีย์ที่เป็นธาตุอาหารของสาหร่ายที่พอเหมาะก็จะสามารถเลี้ยงสาหร่ายเพื่อนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทนได้เช่นกัน

ABSTRACT

Title of Research Paper : Waste water treatment of recycling industry by algae for producing biodiesel

Author : Miss Sawitree Saitaptim

Degree : Master of Science (Environmental Management)

Year : 2011

This study was aimed at studying a feasibility of using algae for producing biodiesel to treat wastewater from a recycling industry and then studying efficiency of the treatment as well as optimal condition for the treatment. Wastewater from Sor Kanok 's environmental management company that was treated by biological and chemical treatment methods before used in this study was used and algae used in this study was obtained from an institute that studies about biodiesel production using algae. The wastewater used in this study was diluted with water that were 0%, 20%, 40%, 50%, 60%, 80% and 100% of water. So, they were seven experimental units and the combination of water and wastewater of each unit was 100 milliliters. Then, they were added with 0.1 g of algae and were left in a room condition. Times of treatment of this study were 0, 3, 6, 9, 12 and 15 days. Parameters including pH, DO and COD were measured and also the treatment efficiency was studied.

The results of this study showed that it is feasible for using algae for producing biodiesel to treat the wastewater from the recycling industry studied. It was found that the pH of the wastewater treated by algae were not changed as the combinations of wastewater and water were changed at statistical level of 0.05, however, the pH of the wastewater treated by algae were changed as the times of the treatment were changed at statistical level of 0.05. For DO, the DO of the wastewater treated by algae were not changed as the combinations of the wastewater and water and the times of the treatment were changed at statistical level of 0.05. In addition, the COD of the wastewater treated by algae were not changed as the combinations of wastewater and

(6)

water were changed however, the COD of the wastewater were changed as the times of treatment were changed at statistical level of 0.05.

The results also showed that the DO of the wastewater treated by algae was increased to 104% at time of treatment of six days and was slightly increased as the times passed to fifteen days. In contrast, the results showed that the algae cannot decrease the COD of the wastewater, this might be because the initial COD was high and so it is difficult to oxidized them.

กิตติกรรมประกาศ

วิชาการค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่านที่ได้ช่วยเหลือและชี้แนะแนวทางในการศึกษาวิจัย ให้ความช่วยเหลือ ข้อเสนอ การตรวจแก้ไขทางวิชาการ ตลอดจนกำลังใจที่มีคุณค่าอย่างยิ่งต่อผู้เขียน

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. วิสาขา ภูจินดา อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำปรึกษา ให้ข้อเสนอแนะ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี และคำปรึกษาอันเป็นประโยชน์ยิ่งในการศึกษา รวมทั้งตรวจแก้ไขวิชาการค้นคว้าอิสระ และควบคุมการจัดทำสารานิพนธ์เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณพี่ๆ และเพื่อน การจัดการสิ่งแวดล้อมรุ่นที่ 8 ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในระหว่างการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ นายภักภาคิน ช่อนกนก ผู้เป็นกำลังใจในระหว่างการศึกษาวิจัยและให้ความช่วยเหลือ แนะนำ เป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อสุชิน ไทรทับทิม และคุณแม่วรรณ ชัยรัตน์ ที่ได้ให้โอกาสในการศึกษา ให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้าน และให้กำลังใจเสมอมา ทั้งนี้ คุณประโยชน์สารานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนขอมอบคุณประโยชน์แด่คุณพ่อ คุณแม่ และคณาจารย์ผู้ให้ความรู้ทุกท่านด้วยความเคารพอย่างสูง

สาวิตรี ไทรทับทิม

กรกฎาคม 2555

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญภาพ	(12)

บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับการศึกษา	3
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ไบโอดีเซล	4
2.2 สาหร่ายขนาดเล็กในการผลิตไบโอดีเซล	6
2.3 การเพาะเลี้ยงสาหร่าย	12
2.4 น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม	15
2.5 การบำบัดน้ำเสียโดยใช้สาหร่าย	24
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28
บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษา	33
3.1 พื้นที่ทำการวิจัย	33
3.2 การศึกษาค้นคว้า และรวบรวมข้อมูล	35
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์	35

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 ขั้นตอนและกระบวนการศึกษา	35
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	42
บทที่ 4 ผลการศึกษา	44
4.1 ผลการเปรียบเทียบค่า pH, DO และ COD ตามระยะเวลาที่ศึกษา	44
4.2 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย	61
4.3 อภิปรายผล	66
บทที่ 5 สรุปและเสนอแนะ	68
5.1 สรุป	68
5.2 ข้อเสนอแนะ	71
บรรณานุกรม	73
ภาคผนวก	76
ภาคผนวก ก ภาพตัวอย่างกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล	77
ภาคผนวก ข มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงาน	81
ภาคผนวก ค เอกสารขออนุญาตเผยแพร่ข้อมูลของโรงงาน	91
ภาคผนวก ง ผลวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการทางเคมี	96
ภาคผนวก จ วิธีวิเคราะห์ค่า COD	103
ภาคผนวก ฉ ผลวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	107
ประวัติผู้เขียน	119

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างการผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทย	6
2.2 ปริมาณน้ำมันสำหรับรายขนาดเล็ก	7
2.3 เปรียบเทียบศักยภาพในการผลิตชีวมวล ปริมาณน้ำมันสะสม และพลังงานเชื้อเพลิงระหว่างพืชน้ำมันชนิดต่างๆ และสำหรับรายขนาดเล็ก	9
2.4 การเปรียบเทียบผลผลิตน้ำมันจากสำหรับรายขนาดเล็กกับพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ และพื้นที่ที่ต้องใช้ในการเพาะปลูก	9
2.5 ลักษณะของคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานบางประเภท	23
2.6 สำหรับยี่ห้อต่างๆ ที่พบในระบบบำบัดน้ำเสีย	25
3.1 วิเคราะห์หาค่าคุณลักษณะของน้ำ	36
4.1 ผลการศึกษาค่า pH ของน้ำตามระยะเวลาที่ศึกษา	44
4.2 ผลการศึกษาค่า DO ของน้ำตามระยะเวลาที่ศึกษา	50
4.3 ผลการศึกษาค่า COD ของน้ำตามระยะเวลาที่ศึกษา	55
4.4 ผลการศึกษาศักยภาพในการเพิ่มค่า DO ในน้ำของสำหรับราย	61
4.5 ผลการศึกษาศักยภาพในการเพิ่มค่า DO ในน้ำเสีย 100% ที่มีการเลี้ยงสำหรับราย	62
4.6 ผลการศึกษาศักยภาพในการบำบัดค่า COD ในน้ำของสำหรับราย	63
4.7 ผลการศึกษาศักยภาพในการบำบัดค่า COD ในน้ำเสีย 100% ที่มีการเลี้ยงสำหรับราย	65
ก.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า pH ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในอัตราส่วนต่างๆ ตามระยะเวลาที่ศึกษา โดยใช้สถิติ ANOVA	108
ก.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า DO ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในอัตราส่วนต่างๆ ตามระยะเวลาที่ศึกษา โดยใช้สถิติ ANOVA	109
ก.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า COD ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในอัตราส่วนต่างๆ ตามระยะเวลาที่ศึกษา โดยใช้สถิติ ANOVA	110
ก.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า pH ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในระยะเวลาต่างๆ ตามอัตราส่วน โดยใช้สถิติ ANOVA	112

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ก.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า DO ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในระยะเวลาต่างๆ ตามอัตราส่วน โดยใช้สถิติ ANOVA	114
ก.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า COD ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในระยะเวลาต่างๆ ตามอัตราส่วน โดยใช้สถิติ ANOVA	116

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ปฏิบัติการเกิดเมทิลเอสเทอร์	4
2.2 เซลล์สำหรับขนาดเล็กภายใต้กล้องจุลทรรศน์	8
2.3 ถังปฏิกรณ์ชีวภาพชนิดท่อแบบให้แสง	12
2.4 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายระบบเปิดในบ่อกวนผสม	13
3.1 ระบบบำบัดของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล	34
3.2 ตัวอย่างลักษณะน้ำเสียภายในโรงงาน	34
3.3 ชุดการทดลอง 1: ใช้น้ำเสีย:น้ำประปาเท่ากับ 0:100	37
3.4 ชุดการทดลอง 2: ใช้น้ำเสีย:น้ำประปาเท่ากับ 20:80	37
3.5 ชุดการทดลอง 3: ใช้น้ำเสีย:น้ำประปาเท่ากับ 40:60	37
3.6 ชุดการทดลอง 4: ใช้น้ำเสีย:น้ำประปาเท่ากับ 50:50	38
3.7 ชุดการทดลอง 5: ใช้น้ำเสีย:น้ำประปาเท่ากับ 60:40	38
3.8 ชุดการทดลอง 6: ใช้น้ำเสีย:น้ำประปาเท่ากับ 80:20	38
3.9 ชุดการทดลอง 7: ใช้น้ำเสีย:น้ำประปาเท่ากับ 100:0	39
3.10 แผนการทดลองแบบ 5 X 7 Factorial Arrangement (2 ชั้น)	39
3.11 ชุดการทดลองทั้ง 7 ชุด	41
3.12 การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์	42
3.13 แผนผังแสดงขั้นตอนในการศึกษา	43
4.1 กราฟแสดงค่า pH ของน้ำเสีย:น้ำประปาอัตราส่วน 0:100 ตามระยะเวลาที่ศึกษา	45
4.2 กราฟแสดงค่า pH ของน้ำเสีย:น้ำประปาอัตราส่วน 20:80 ตามระยะเวลาที่ศึกษา	45
4.3 กราฟแสดงค่า pH ของน้ำเสีย:น้ำประปาอัตราส่วน 40:60 ตามระยะเวลาที่ศึกษา	46

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.4 กราฟแสดงค่า pH ของน้ำเสีย:น้ำประปาอัตราส่วน 50:50 ตามระยะเวลาที่ศึกษา	46
4.5 กราฟแสดงค่า pH ของน้ำเสีย:น้ำประปาอัตราส่วน 60:40 ตามระยะเวลาที่ศึกษา	47
4.6 กราฟแสดงค่า pH ของน้ำเสีย:น้ำประปาอัตราส่วน 80:20 ตามระยะเวลาที่ศึกษา	47
4.7 กราฟแสดงค่า pH ของน้ำเสีย:น้ำประปาอัตราส่วน 100:0 ตามระยะเวลาที่ศึกษา	48
4.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า pH ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในอัตราส่วนต่างๆ ตามระยะเวลาที่ศึกษา	48
4.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า pH ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในระยะเวลาต่างๆ ตามอัตราส่วน	49
4.10 กราฟแสดงค่า DO ของน้ำเสีย:น้ำประปาในอัตราส่วน 0:100 ตามระยะเวลาที่ศึกษา	50
4.11 กราฟแสดงค่า DO ของน้ำเสีย:น้ำประปาในอัตราส่วน 20:80 ตามระยะเวลาที่ศึกษา	51
4.12 กราฟแสดงค่า DO ของน้ำเสีย:น้ำประปาในอัตราส่วน 40.:60 ตามระยะเวลาที่ศึกษา	51
4.13 กราฟแสดงค่า DO ของน้ำเสีย:น้ำประปาในอัตราส่วน 50:50 ตามระยะเวลาที่ศึกษา	52
4.14 กราฟแสดงค่า DO ของน้ำเสีย:น้ำประปาในอัตราส่วน 60:40 ตามระยะเวลาที่ศึกษา	52
4.15 กราฟแสดงค่า DO ของน้ำเสีย:น้ำประปาในอัตราส่วน 80:20 ตามระยะเวลาที่ศึกษา	53

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.16 กราฟแสดงค่า DO ของน้ำเสีย:น้ำประปาในอัตราส่วน 100:0 ตามระยะเวลาที่ศึกษา	53
4.17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า DO ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในอัตราส่วนต่างๆ ตามระยะเวลาที่ศึกษา	54
4.18 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า DO ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในระยะเวลาต่างๆ ตามอัตราส่วน	54
4.19 กราฟแสดงค่า COD ของน้ำอัตราส่วน 0:100 ตามระยะเวลาที่ศึกษา	56
4.20 กราฟแสดงค่า COD ของน้ำอัตราส่วน 20:80 ตามระยะเวลาที่ศึกษา	56
4.21 กราฟแสดงค่า COD ของน้ำอัตราส่วน 40:60 ตามระยะเวลาที่ศึกษา	57
4.22 กราฟแสดงค่า COD ของน้ำอัตราส่วน 50:50 ตามระยะเวลาที่ศึกษา	57
4.23 กราฟแสดงค่า COD ของน้ำอัตราส่วน 60:40 ตามระยะเวลาที่ศึกษา	58
4.24 กราฟแสดงค่า COD ของน้ำอัตราส่วน 80:20 ตามระยะเวลาที่ศึกษา	58
4.25 กราฟแสดงค่า COD ของน้ำอัตราส่วน 100:0 ตามระยะเวลาที่ศึกษา	59
4.26 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า COD ของน้ำอัตราส่วนต่างๆ ตามระยะเวลาที่ศึกษา	59
4.27 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า COD ของน้ำระยะเวลาต่างๆ ตามอัตราส่วน	60
4.28 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการศึกษาประสิทธิภาพในการเพิ่มค่า DO ในน้ำของสาหร่าย	62
4.29 กราฟแสดงผลการศึกษาประสิทธิภาพในการเพิ่มค่า DO ในน้ำเสีย 100% ที่มีการเลี้ยงสาหร่าย	63
4.30 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัด ค่า COD ในน้ำของสาหร่าย	64
4.31 กราฟแสดงผลการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD ในน้ำเสีย 100% ที่มีการเลี้ยงสาหร่าย	65

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศต่างๆ มีความตื่นตัวในเรื่องของพลังงาน มีการศึกษาวิจัยเพื่อหาแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงเพื่อมาทดแทนน้ำมันปิโตรเลียม อาทิเช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานชีวมวล และก๊าซชีวภาพ เป็นต้น รวมถึงน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกที่มีคุณสมบัติในการเผาไหม้เหมือนกับน้ำมันดีเซล แต่มีการปล่อยมลพิษที่น้อยกว่า ทำให้ภาครัฐมีนโยบายส่งเสริมการปลูกพืชน้ำมันเพื่อลดต้นทุนของการใช้และการนำเข้าน้ำมันดิบ แต่ทั้งนี้การปลูกพืชน้ำมันบางชนิด เช่น ปาล์มน้ำมัน หรือสบู่ดำ ต้องใช้พื้นที่ในการเพาะปลูกมากและใช้ระยะเวลานานกว่าจะได้มาซึ่งวัตถุดิบที่เหมาะสม น้ำมันจากสาหร่ายขนาดเล็กจึงเป็นวัตถุดิบทางเลือกหนึ่งที่มีข้อได้เปรียบทั้งด้านพื้นที่เพาะปลูก ระยะเวลาการเจริญเติบโต และสามารถเพาะเลี้ยงในอาหารแบบง่ายๆ ในระดับการผลิตขนาดใหญ่ได้ ในการเพาะเลี้ยงเซลล์สาหร่ายเพื่อให้เกิดการสะสมน้ำมันในปริมาณสูง จำเป็นต้องมีการควบคุมสภาวะต่างๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการสะสมน้ำมันของเซลล์สาหร่าย ไม่ว่าจะเป็น แหล่งอาหาร แหล่งคาร์บอน แหล่งไนโตรเจน ช่วงการให้แสง และอุณหภูมิ หรือปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ ที่สำคัญ ซึ่งน้ำทิ้งบางประเภทจะมีองค์ประกอบของสารอินทรีย์ในปริมาณสูงที่สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งคาร์บอนราคาถูกในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายได้ อาทิเช่น น้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมการเกษตรต่างๆ (แพรวพิลาศ ดุจจานุทัศน์, 2553) อีกทั้งยังมีสารอาหารต่างๆ ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายได้เป็นอย่างดี ซึ่งหากมีการควบคุมปัจจัยที่สำคัญ เช่น ปริมาณแหล่งคาร์บอน แหล่งไนโตรเจน และอิทธิพลของความเค็มให้เหมาะสม จะทำให้สาหร่ายสะสมน้ำมันในปริมาณสูง ซึ่งน้ำมันสาหร่าย (microalgal oil) ที่สกัดได้จากเซลล์สาหร่ายนั้นสามารถนำมาผลิตเป็นไบโอดีเซลได้คล้ายกับการผลิตไบโอดีเซลจากพืชที่ให้น้ำมันทั่วไป ผ่านกระบวนการทรานเอสเทอร์ิฟิเคชัน (transesterification) โดยมีกรดหรือด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะทำให้ได้น้ำมันที่มีคุณภาพ เหมาะสมต่อการนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล ให้เป็นไปตามมาตรฐานสากลที่ทั่วโลกให้การยอมรับ

โรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิลมีน้ำเสียเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก โดยน้ำเสียจะมีการปนเปื้อนทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ ซึ่งอาจสามารถนำมาใช้สำหรับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายที่ใช้ในการสกัดน้ำมันได้ อีกทั้งยังเป็นการช่วยบำบัดน้ำเสียของโรงงาน จึงถือเป็นประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำสาหร่ายที่ใช้ผลิตน้ำมันไบโอดีเซลมาบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล เพื่อเป็นประโยชน์ทั้งด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมภายในโรงงานและเอื้อประโยชน์ในด้านวัตถุดิบในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลอีกทางหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการบำบัดน้ำในบ่อสุดท้ายของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิลโดยใช้สาหร่ายที่นำมาผลิตไบโอดีเซล

1.2.2 เพื่อศึกษาหาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียบ่อสุดท้ายของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิลโดยใช้สาหร่ายที่นำมาผลิตไบโอดีเซล

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ทำการศึกษาจากตัวอย่างน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล บริษัท ส.กนกการจัดการสิ่งแวดล้อม จำกัด ซึ่งเป็นน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทางเคมีและชีวภาพแล้ว

1.3.2 สาหร่ายที่นำมาทำการศึกษาเป็นตัวอย่างสาหร่ายที่สามารถผลิตไบโอดีเซลจากหน่วยงานที่มีการศึกษาเกี่ยวกับการผลิตไบโอดีเซล โดยใช้สาหร่ายนี้มาศึกษาความเป็นไปได้ในการบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล

1.3.4 การหาอัตราความเข้มข้นสูงสุดของน้ำเสียจากโรงงานประเภทรีไซเคิลที่สาหร่ายสามารถบำบัดได้ โดยใช้การสังเคราะห์น้ำเสียหรือเจือจางน้ำเสียจากโรงงานให้ได้ค่า COD ที่มีความเข้มข้นในระดับต่างๆ และการศึกษาหาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียของโรงงานจะพิจารณาจากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในการบำบัดค่า COD และการเพิ่มค่า DO ในน้ำ

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา

1.4.1 ทำให้ได้แนวทางในการบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิลโดยใช้สาหร่ายช่วยในการบำบัด

1.4.2 เป็นการเพิ่มวัตถุดิบพลังงานอีกทางหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ในการผลิตไบโอดีเซล

1.4.3 งานวิจัยนี้สามารถนำไปสู่การส่งเสริมการเพาะเลี้ยงพืชพลังงานของภาคอุตสาหกรรมต่อไป

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 การบำบัดน้ำเสีย หมายถึง การกำจัดหรือทำลายสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิลให้หมดไป หรือเหลือน้อยที่สุด เพื่อให้คุณภาพน้ำทิ้งเป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนด

1.5.2 ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสีย หมายถึง ความสามารถในการบำบัดของระบบบำบัดน้ำเสียในการบำบัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าซีโอดี (COD) และการเพิ่มค่าDO ในน้ำ

1.5.3 บ่อสุดท้ายของระบบบำบัดน้ำเสีย หมายถึง บ่อที่รองรับน้ำที่ผ่านการบำบัดทางเคมีและทางชีวภาพแล้ว

1.5.4 สาหร่าย หมายถึง พืชชั้นต่ำเซลล์เดียวมีขนาดเล็ก สามารถมองเห็นโครงสร้างของเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ มีศักยภาพในการให้น้ำมัน ซึ่งในที่นี้ คือ สาหร่ายที่สามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลได้

1.5.5 ความเป็นไปได้ หมายถึง ความสามารถของสาหร่ายในการบำบัดน้ำเสียบ่อสุดท้ายของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล โดยพิจารณาถึงประสิทธิภาพของการบำบัดค่าซีโอดี (COD) ในน้ำเสีย และการเพิ่มค่าDO ในน้ำ

บทที่ 2

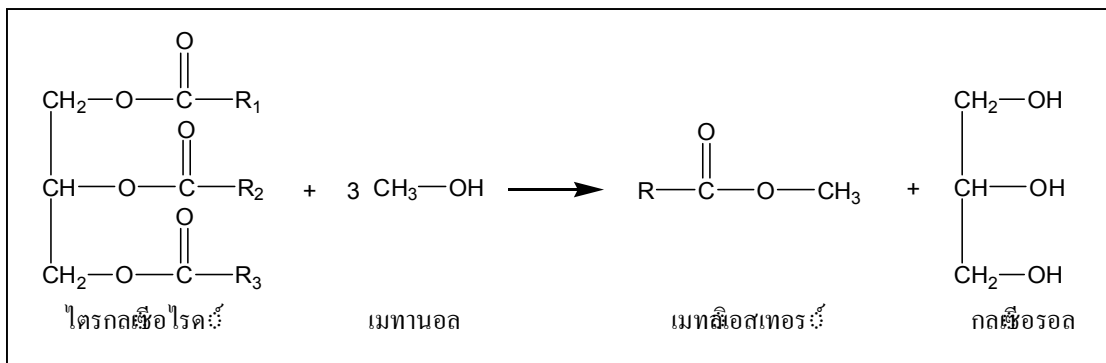
การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไบโอดีเซล

2.1.1 ความหมายและความสำคัญของไบโอดีเซล

ไบโอดีเซล (biodiesel) หมายถึง น้ำมันเชื้อเพลิงทดแทนที่ผลิตจากน้ำมันพืช เมล็ดพืช และไขมันสัตว์ เพื่อนำมาทดแทนน้ำมันดีเซลโดยผ่านกระบวนการทางเคมีและกระบวนการทางกายภาพ (ชัยศรี ชาราสวัสดิ์พัฒน์, 2550 : 12)

ไบโอดีเซล เป็นสารประกอบเอสเทอร์ที่ผลิตจากน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ ทั้งที่ใช้แล้วและยังไม่ผ่านการใช้งาน โดยผ่านกระบวนการทางเคมี ที่เรียกว่า ทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (transesterification) หรือการเปลี่ยนให้เป็นสารประเภทเอสเทอร์ ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ปฏิกิริยาการเกิดเมทิลเอสเทอร์

ที่มา: ปิยนันท์ อินทนนท์, 2547 : 15

2.1.2 ประเภทของน้ำมันไบโอดีเซล

สถาบันวิจัยพลังงาน (2547) ได้ศึกษาวิจัยด้านไบโอดีเซลในหลายๆ ด้าน และได้แบ่งประเภทของน้ำมันไบโอดีเซลออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

2.1.2.1 น้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์ ไบโอดีเซลประเภทนี้ คือ น้ำมันพืชแท้ๆ (เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันถั่วเหลือง) หรือน้ำมันจากไขมันสัตว์ (เช่น น้ำมันหมู) ซึ่งสามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลโดยไม่ต้องผสม หรือเติมสารเคมีอื่นใดหรือไม่ต้องนำมาเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมันใดๆ

2.1.2.2 ไบโอดีเซลแบบลูกผสม ไบโอดีเซลชนิดนี้เป็นลูกผสมระหว่างน้ำมันพืช (หรือสัตว์) กับน้ำมันก๊าดหรือน้ำมันดีเซล เพื่อให้ไบโอดีเซลที่ได้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลให้มากที่สุด เช่น โคโคดีเซล (coco-diesel) ที่อำเภอทับสะแก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งเป็นการผสมกันระหว่างน้ำมันมะพร้าวกับน้ำมันก๊าด หรือปาล์มดีเซล (palm-diesel) เป็นการผสมระหว่างน้ำมันปาล์มกับน้ำมันดีเซล

2.1.2.3 ไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์ ไบโอดีเซลประเภทนี้เป็นความหมายของไบโอดีเซลที่แท้จริงที่มีการใช้กันทั่วไป เช่น ในประเทศเยอรมัน และสหรัฐอเมริกา “ไบโอดีเซล” ในความหมายสากลจะหมายถึง ไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์ สำหรับไบโอดีเซลประเภทนี้ต้องผ่านกระบวนการแปรรูปโดยกระบวนการทางเคมี ที่เรียกว่า ทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (transesterification) โดยการนำเอาน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์ที่มีส่วนประกอบของกรดไขมัน ไปทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์โดยใช้กรดหรือเบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้เกิดเป็นสารประเภทเอสเทอร์ (ester) โดยจะเรียกชนิดของ ไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์ตามชนิดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา เช่น ไบโอดีเซลที่ใช้สารละลายเมทานอลเป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยา เรียกว่า เมทิลเอสเทอร์ เป็นต้น โดยไบโอดีเซลประเภทเอสเทอร์นี้จะมีคุณสมบัติที่เหมือนกับน้ำมันดีเซลมากที่สุด เราสามารถนำมาใช้กับรถยนต์ประเภทดีเซลได้โดยไม่ทำให้มีปัญหาเกี่ยวกับเครื่องยนต์ แต่ปัญหาที่มักพบจากการผลิตไบโอดีเซลชนิดนี้ คือ ต้นทุนการผลิตค่อนข้างสูง

2.1.3 การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชในประเทศไทย

สำหรับประเทศไทยได้มีการพัฒนารูปแบบ และเทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซลที่หลากหลายรูปแบบ โดยวัตถุดิบที่นิยมนำมาผลิต ประกอบด้วย น้ำมันพืชที่ผ่านการใช้แล้ว น้ำมันปาล์ม น้ำมันจากเมล็ดสบู่ดำ และน้ำมันที่สกัดได้จากวัตถุดิบประเภทพืชที่ให้น้ำมันบางประเภท ดังแสดงตัวอย่างแหล่งผลิตไบโอดีเซลในระดับโรงงานอุตสาหกรรมในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างการผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทย

บริษัท/หน่วยงาน	วัตถุดิบ	กำลังการผลิต (ลิตร/วัน)	ระบบการผลิต
บริษัท ราชาไบโอดีเซล จำกัด	น้ำมันพืชใช้แล้ว น้ำมันมะพร้าว	20,000	แบบไม่ต่อเนื่อง
กรมอุทกหารเรือ	น้ำมันปาล์มโอเลอิน	2,000	แบบไม่ต่อเนื่อง
สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย	น้ำมันปาล์มสเตียรีน	30	แบบไม่ต่อเนื่อง
โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา	น้ำมันพืชใช้แล้ว	400	แบบไม่ต่อเนื่อง
บริษัท กรุงเทพมหานคร ทดแทน จำกัด	น้ำมันปาล์มสเตียรีน	200,000	แบบไม่ต่อเนื่อง

ที่มา: กรมธุรกิจพลังงาน, 2550

2.2 สาหร่ายขนาดเล็กในการผลิตไบโอดีเซล

2.2.1 สาหร่ายขนาดเล็ก

โดยทั่วไปสาหร่ายแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ สาหร่ายขนาดใหญ่ (Macroalgae) และสาหร่ายขนาดเล็ก (Microalgae) สาเหตุที่สาหร่ายขนาดเล็กได้รับความสนใจในการนำมาผลิตไบโอดีเซล เนื่องจากภายในเซลล์สาหร่ายบางสายพันธุ์มีการสะสมน้ำมันไว้สูงเกือบร้อยละ 80 ของน้ำหนักแห้ง ดังตารางที่ 2.2

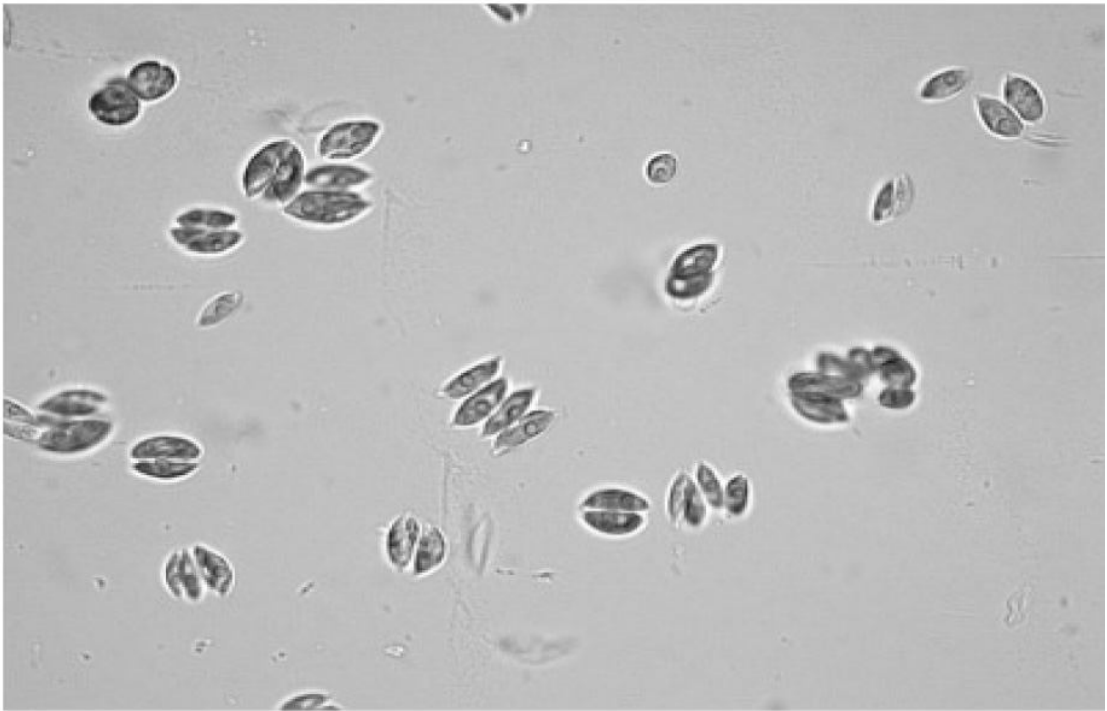
ตารางที่ 2.2 ปริมาณน้ำมันสำหรับสาหร่ายขนาดเล็ก

ชนิดสายพันธุ์สาหร่ายขนาดเล็ก	ปริมาณน้ำมัน (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง)
<i>Botryococcus braunii</i>	25-80
<i>Chlorella protothecoides</i>	23-30
<i>Chlorells vulgaris</i>	14-40
<i>Cryptocodinium cohnii</i>	20
<i>Cylindrotheca</i> sp.	16-37
<i>Dunaliella salina</i>	14-20
<i>Neochloris oleoabundans</i>	35-65
<i>Nitzschia</i> sp.	45-47
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	20-30
<i>Schizochytrium</i> sp.	50-77
<i>Spirulina maxima</i>	4-9
<i>Tetraselmis suecia</i>	15-23

ที่มา: ประยูร เอ็นมาก, 2553

สาหร่ายขนาดเล็ก (Microalgae) จัดเป็นพืชชั้นต่ำเซลล์เดียวมีขนาดเล็ก (ประมาณ 2 ไมโครเมตร) สามารถมองเห็นโครงสร้างของเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (ดังภาพที่ 2.2) มีคลอโรฟิลล์จึงสามารถสร้างอาหารเองได้เช่นเดียวกับพืชทั่วไป เจริญและพบตามแหล่งน้ำธรรมชาติต่างๆ เช่น แหล่งน้ำจืด น้ำกร่อยและน้ำเค็ม ตลอดจนในบ่อน้ำเสีย เป็นต้น นอกจากนี้สาหร่ายต้องใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์แสง เช่นเดียวกับพืชทั่วไป จึงเป็นแนวทางช่วยลดภาวะโลกร้อนได้ จากคุณสมบัติดังกล่าว สาหร่ายขนาดเล็กจึงกลายเป็นพืชที่กำลังได้รับความสนใจจากทั่วโลก ในการนำมาค้นคว้าวิจัยเพื่อสร้างสรรค์พลังงานทางเลือกใหม่ที่มีประสิทธิภาพในอนาคต เมื่อเปรียบเทียบการเพาะเลี้ยงในแง่ของพื้นที่และระยะเวลาการเพาะปลูกเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ

พบว่า สาหร่ายให้น้ำมันได้ในปริมาณสูง ดังนั้นหากสามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงทดแทนได้จะสามารถลดปัญหาในการแย่งส่วนแบ่งทางอาหารจากพืชน้ำมันได้



ภาพที่ 2.2 เซลล์สาหร่ายขนาดเล็กภายใต้กล้องจุลทรรศน์
ที่มา: แพรพิลาศ ดุจจานุทัศน์, 2553

สาหร่ายสามารถขนาดเล็กมีศักยภาพในการให้น้ำมันได้ในปริมาณสูง เนื่องจากมีระยะเวลาในการเพาะเลี้ยงสั้นกว่าพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ และเมื่อเปรียบเทียบพื้นที่ ระยะเวลาการเพาะปลูกกับพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.3 แล้วหากสามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงทดแทนได้ย่อมสามารถลดการเกิดปัญหาในการแย่งส่วนแบ่งทางอาหารหรือเกษตรกรรมจากพืชน้ำไปได้

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบศักยภาพในการผลิตชีวมวล ปริมาณน้ำมันสะสม และพลังงานเชื้อเพลิง ระหว่างพืชน้ำมันชนิดต่างๆ และสาหร่ายขนาดเล็ก

ชนิดของพืชน้ำมัน	ชีวมวล (เมตริกตัน/เฮกตาร์/ปี)	ปริมาณน้ำมัน (% น้ำหนักแห้ง)	ไบโอดีเซล (เมตริกตัน/เฮกตาร์/ปี)
ถั่วเหลือง	1-2.5	20%	0.2-0.5
เมล็ดเรพ	3	40%	1.2
ปาล์มน้ำมัน	19	20%	3.7
สบู่ดำ	7.5-10	30-50%	2.2-5.3
สาหร่ายขนาดเล็ก	140-255	35-65%	50-100

ที่มา: ประยูร เอ็นมาก, 2553

ตารางที่ 2.4 การเปรียบเทียบผลผลิตน้ำมันจากสาหร่ายขนาดเล็กกับพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ และพื้นที่ที่ต้องใช้ในการเพาะปลูก

แหล่งของน้ำมัน	ผลผลิตน้ำมัน (ลิตร/เฮกตาร์)	พื้นที่ที่ ต้องการ (ล้านเฮกตาร์)	ร้อยละของพื้นที่ การเพาะปลูกใน สหรัฐอเมริกา
ข้าวโพด (corn)	172	1540	846
ถั่วเหลือง (soybean)	446	594	326
คาโนลา (canola)	1190	223	122
สบู่ดำ (jatropha)	1892	140	77
มะพร้าว (coconut)	2689	99	54
ปาล์มน้ำมัน (oil palm)	5950	45	24
สาหร่ายขนาดเล็ก (microalgae)**	136900	2	1.1

* เพื่อใช้ในระบบขนส่งร้อยละ 50 ของเชื้อเพลิงที่ต้องการในสหรัฐอเมริกา

** น้ำมันสาหร่ายร้อยละ 70 ของน้ำหนักเซลล์

ที่มา: ประยูร เอ็นมาก, 2553

2.2.2 การใช้ประโยชน์จากสาหร่าย

จากลักษณะและองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์สาหร่ายดังกล่าวไปแล้วนั้น จะพบว่าภายในเซลล์สาหร่ายมีการสะสมสารอาหารในรูปแบบต่างๆ เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต โดยเฉพาะในรูปของแป้ง หรือแม้กระทั่ง ไขมัน ซึ่งอยู่ในรูปของของไตรกลีเซอไรด์ (Triacylglycerides, TAGs) ซึ่งพบว่าสาหร่ายมีการสะสมไขมันไว้ในเซลล์ในปริมาณเล็กน้อย ขึ้นอยู่กับชนิดของสายพันธุ์ต่างๆ จากองค์ประกอบดังกล่าวจะเป็นส่วนสำคัญในการจำแนกหรือการใช้ประโยชน์ในด้านต่างจากเซลล์สาหร่ายอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน ตั้งแต่การนำมาใช้เพื่อผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ ยา ตลอดจนการจัดการสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นการนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนดังรายละเอียดต่อไปนี้ (ประยูร เอ็นมาก, 2553 : 8)

2.2.2.1 ประโยชน์ต่อระบบนิเวศน์

สาหร่ายดำรงชีวิตแบบออโตโทรฟิก (Autotrophic organism) เป็นสิ่งมีชีวิตที่ผลิตออกซิเจนให้แก่สิ่งแวดล้อมอย่างมาก ประมาณว่า 50 % ของออกซิเจนในน้ำเกิดจากกระบวนการสังเคราะห์แสงโดยสาหร่าย นอกจากนี้สาหร่ายยังเป็นผู้ผลิต (Producer) และเป็นส่วนหนึ่งของห่วงโซ่อาหารขั้นต้นของสิ่งมีชีวิตในน้ำ โดยเป็นอาหารของตัวอ่อนแมลง กุ้ง หรือปลา เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลผลิต (Productivity) จากทะเล แม่น้ำ ลำคลอง และทะเลสาบทั่วไป จะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณแพลงก์ตอนพืชที่อยู่ในแหล่งน้ำนั้นๆ ถ้ามีมากก็มักจะมีสิ่งมีชีวิตในน้ำเช่น ปู กุ้ง ปลา มากตามไปด้วย

2.2.2.2 ประโยชน์ด้านการเกษตร

สาหร่ายสามารถนำมาใช้ด้านการเกษตรได้หลายด้านด้วยกันที่เห็นได้ชัดเช่นก็คือ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินหลายชนิดช่วยเพิ่มไนโตรเจนให้กับนาข้าว โดยได้มาสาหร่ายตามธรรมชาติหรือจากແນແຈง ซึ่งจะมีสาหร่ายพวก *Anabaena* อยู่บริเวณช่องว่างในใบ (Leaf cavity) มาใส่ในนาข้าวได้เช่นกัน ดินที่มีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินพวก *Nostoc* ปกคลุมอยู่มากๆ จะพบว่าบริเวณนั้นมีปริมาณสารอินทรีย์และไนโตรเจนสูง สาหร่ายสีแดงและสาหร่ายสีน้ำตาลที่มีขนาดใหญ่ เป็นกลุ่มสาหร่ายที่มีปริมาณโพแทสเซียมสูง สามารถอุ้มน้ำได้ดี ทำให้ดินชุ่มชื้นอยู่เสมอ สามารถนำมาใช้ได้โดยการไถกลบ ในขณะที่เดียวกันสาหร่ายพวกคลอรัลไลน์สามารถนำมาบดใช้แทนหินปูนในบริเวณที่ขาดแคลนได้

2.2.2.3 ประโยชน์ต่อต้านเภสัชกรรม

ปัจจุบันมีการนำเอาสาหร่ายมาใช้เป็นยาหลายประเภท เช่นสาหร่ายสีแดง *Digenia simplex* นำมาใช้เป็นยาถ่ายพยาธิ และโรคตาชโมย สารสกัดจากสาหร่ายสีน้ำตาลที่เรียกว่าไซเดียมลามินาริน ซัลเฟต และ ฟิวคอยดิน นำมาใช้เป็นยาช่วยให้เม็ดเลือดแข็งตัว สาหร่ายสี

เขียวแกมน้ำเงิน *Spirulina* ใช้เป็นอาหารเสริมและยารักษาเบาหวาน สาหร่ายสีเขียว *Cladophora* และ *Microspora* หรือที่เรียกว่า สาหร่ายไทม์ผลไม้ในการบำบัดแผลในกระเพาะอาหาร สารสกัดที่เรียกว่า คลอเรลลิน (*Chlorellin*) จากสาหร่ายสีเขียว *Chlorella* มีผลต่อการยับยั้งแบคทีเรียที่สามารถนำมาใช้ทำเป็นยาปฏิชีวนะได้ แต่ยังไม่แพร่หลายมากนักเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการผลิตค่อนข้างสูง

2.2.2.4 ใช้เป็นผลิตภัณฑ์อาหาร

สาหร่ายที่นำมาใช้เพื่อการบริโภคนั้น ส่วนใหญ่พบว่าเซลล์จะมีการสะสมหรือผลิตสารต่างๆ อาทิ เช่น เหล็ก โพแทสเซียม แคลเซียม และ วิตามินบางชนิดสูง เช่น วิตามิน 6 และ บี 12 สาหร่าย *Haematococcus pluvialis* สามารถสังเคราะห์ เบต้า-แคโรทีน และแอสตาแซนทิน ได้ในปริมาณที่สูงมาก สารดังกล่าวเป็นสารในกลุ่มของแคโรทีนอยด์ ที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ในขณะที่สาหร่ายหลายๆ กลุ่มมีการสร้างและสะสมสารอาหารไว้ในรูปของไขมันชนิดไม่อิ่มตัว เช่น Docosahexaenoic acid (DHA) และ Eicosapentaenoic acid (EPA) ซึ่งเป็นกรดไขมันที่มีความจำเป็นของร่างกาย ปัจจุบันมีการนำสาหร่ายหลายชนิดมาใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์อย่างแพร่หลาย

2.2.2.5 การจัดการด้านสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันได้มีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างกว้างขวาง เช่น น้ำเสียจะถูกนำมาผ่านกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศเพื่อผลิตก๊าซเพื่อใช้เป็นพลังงาน ในขณะที่ส่วนที่เหลือจากกระบวนการหมักจะมีปริมาณสารอาหารสูงจึงเหมาะสำหรับใช้เป็นแหล่งอาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายได้เป็นอย่างดี ในขณะเดียวกันนั้นคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงจะนำมาใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายได้เช่นกัน ซึ่งเป็นการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศได้อีกทางหนึ่ง เซลล์สาหร่ายที่เก็บเกี่ยวได้นำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นพลังงานทดแทนต่อไป

2.2.2.6 เชื้อเพลิงชีวภาพ

สาหร่ายขนาดเล็กสามารถนำมาใช้ผลิตเป็นพลังงานได้หลายแนวทาง เช่น การผลิตไฮโดรเจน เอทานอล และที่กำลังได้รับความสนใจในปัจจุบันคือ การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสาหร่ายซึ่งขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของสาหร่ายที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงและกรรมวิธีในการเพาะเลี้ยง น้ำมันที่ได้จากสาหร่ายมีองค์ประกอบทางเคมีเป็นไตรกลีเซอไรด์เช่นเดียวกับน้ำมันพืชทั่วไป

ลักษณะของสาหร่ายบางชนิดที่มีการสะสมน้ำมัน และลักษณะของน้ำมันที่เก็บสะสมไว้ในเซลล์ ซึ่งปริมาณน้ำมันในเซลล์สาหร่ายส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยประมาณ 25-50% ของน้ำหนักแห้ง โดยพบว่าสาหร่ายบางชนิดมีปริมาณน้ำมันสะสมไว้นับถึง 80% ขึ้นอยู่กับสภาวะ

การเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมชนิดของกรดไขมันที่ได้จากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กที่พบมากที่สุด ได้แก่ กรดโอเลอิกและกรดปาล์มมิก

2.3 การเพาะเลี้ยงสาหร่าย

2.3.1 ระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็ก

สำหรับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายจะแบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ การเพาะเลี้ยงสาหร่ายในระบบปิด (close system) เช่น ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพชนิดท่อแบบให้แสง (photobioreactor) ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 ถังปฏิกรณ์ชีวภาพชนิดท่อแบบให้แสง
ที่มา: แพรพิลาศ ดุจจานุทัศน์, 2553

ซึ่งข้อดีของการเพาะเลี้ยงในระบบปิด คือ เป็นพื้นที่ที่สะอาด สามารถควบคุมสภาวะต่างๆ ได้ดี และใช้พื้นที่น้อยส่วนการเพาะเลี้ยงสาหร่ายอีกระบบ คือ การเพาะเลี้ยงในระบบเปิด (open system) เช่น การเพาะเลี้ยงในบ่อกวนผสม (raceway pond) เป็นต้น ซึ่งข้อดีคือ มีราคาถูก สามารถให้แสงจากแสงอาทิตย์ได้โดยตรง และเพาะเลี้ยงสาหร่ายได้ในปริมาณมาก ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายระบบเปิดในบ่อกวนผสม
ที่มา: แพรพิลาส ดุจจานุทัศน์, 2553

นอกจากนี้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายยังมีการแบ่งสภาวะในการเพาะเลี้ยงออกเป็น 3 สภาวะ ได้แก่

1) การเพาะเลี้ยงแบบออโตโทรฟิก (autotrophic cultivation) เป็นการเพาะเลี้ยงสาหร่ายโดยต้องการใช้แสง และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากธรรมชาติเป็นหลัก ในการเจริญเติบโต และสังเคราะห์สารชีวมวลต่างๆ

2) การเพาะเลี้ยงแบบเฮเทอโทรโทรฟิค (heterotrophic cultivation) เป็นการเพาะเลี้ยงโดยใช้สารประกอบอินทรีย์ เช่น กลูโคส ซูโครส หรือน้ำตาล เป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงาน ซึ่งจะเพาะเลี้ยงในที่ที่ไม่มีแสงหรือในที่มืดตลอดเวลา (Bouarab, Dauta, และ Loudiki, 2004)

3) การเพาะเลี้ยงแบบมิกโซโทรฟิค (mixotrophic cultivation) เป็นการเพาะเลี้ยงสาหร่ายโดยใช้สารประกอบอินทรีย์คาร์บอนและแสง เป็นแหล่งคาร์บอนและแหล่งพลังงานตามลำดับ โดยที่แสงที่ใช้อาจเป็นแสงจากธรรมชาติ (แสงอาทิตย์) หรือแสงจากหลอดไฟ ภายในระยะเวลาที่เหมาะสม

2.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญและการสะสมน้ำมันของสาหร่าย

ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเพื่อให้ได้เซลล์ในปริมาณมากและมีการสะสมน้ำมันไว้ในเซลล์ในปริมาณสูงนั้น มีปัจจัยสำคัญดังนี้ (แพรวพิลาส จุจจานุทัศน์, 2553)

1. แหล่งอาหาร (nutrients) ไม่ว่าจะเป็นคาร์บอนหรือไนโตรเจน โดยคาร์บอนเป็นธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย ซึ่งสาหร่ายสามารถใช้ได้ทั้งในรูปของอินทรีย์และอนินทรีย์ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายได้ในน้ำซึ่งอยู่ในรูปของคาร์บอนเนตและไบคาร์บอนเนต นอกจากแหล่งคาร์บอนแล้ว ไนโตรเจนก็เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเพาะเลี้ยงสาหร่ายต่อการชักนำให้สะสมน้ำมัน โดยจำเป็นต้องมีการควบคุมการเพาะเลี้ยงให้อยู่ในสภาวะที่ขาดไนโตรเจนหรือมีในปริมาณที่จำกัด จะมีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์น้ำมันของสาหร่ายเพิ่มสูงขึ้น (Widjaja, Chien, และ Ju, 2009) นอกจากนี้ไนโตรเจนมีบทบาทที่สำคัญต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมในเซลล์สาหร่าย อีกทั้งยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในกรดอะมิโน โปรตีน และเอนไซม์ภายในเซลล์

2. แสง (light) แสงมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายในการสังเคราะห์แสงเช่นเดียวกับพืชทั่วไป ถ้ามีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายโดยมีการให้แสงด้วยหลอดไฟควรให้แสงจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ เพราะแสงที่ได้จะมีอุณหภูมิไม่สูงเหมือนแสงจากหลอดไฟชนิดอื่น นอกจากนี้การควบคุมช่วงเวลาการให้แสงสลับกับการหยุดให้แสงจะส่งผลให้สาหร่ายเจริญเติบโตได้ดีกว่าการให้แสงตลอดเวลา โดยช่วงแสงสว่างที่นิยมใช้คือ 16 ชั่วโมงสว่าง/8 ชั่วโมงมืด เป็นต้น (Barsanti & Gualtieri, 2006)

3. อุณหภูมิ (temperature) มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ภายในเซลล์สาหร่ายและการทำงานของเอนไซม์ รวมถึงโครงสร้างและองค์ประกอบต่างๆ ในเซลล์สาหร่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณน้ำมันในเซลล์สาหร่าย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมต่อการเจริญของสาหร่ายแต่ละชนิด (พนิดา รัตนพลที, 2551)

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการเพาะเลี้ยงและชักนำให้เกิดการสะสมน้ำมัน ไม่ว่าจะเป็นความเค็ม หรือบางครั้งอาจมีการเติมสารอาหารบางอย่างลงไปในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตและการสะสมน้ำมันภายในเซลล์สาหร่ายให้สูงขึ้น

2.4 น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีสารใดๆ หรือสิ่งปฏิกูลที่ไม่พึงปรารถนาปนอยู่ การปนเปื้อนของสิ่งสกปรกเหล่านี้ จะทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากบริสุทธิ์ หรือหมายถึง น้ำที่ผ่านการใช้แล้ว 1 ครั้ง จนอยู่ในสภาพที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ สิ่งปนเปื้อนที่อยู่ในน้ำเสีย ได้แก่ น้ำมัน ไขมัน พืชซากฟอก สบู่ สารฆ่าแมลง สารอินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเหม็น และเชื้อโรคต่างๆ ซึ่งมีผลต่อสุขภาพและอนามัยของมนุษย์ สัตว์ และพืช สารที่ปะปนมาในน้ำเสียมี 2 ชนิด ได้แก่ (ชัยศรี ธาราสวัสดิ์พิพัฒน์, 2553)

1) สารมีพิษ (toxic compounds) ซึ่งส่วนมากจะเป็นสารอินทรีย์ เช่น สารไซยาไนด์ กรดเบส ปรอต ตะกั่ว โลหะหนักอื่นๆ และสารฆ่าแมลง เป็นต้น

2) สารที่ไม่มีพิษ (nontoxic compounds) แต่ย่อยสลายได้ เช่น สารอินทรีย์ ในการย่อยสลายสารอินทรีย์นี้จะต้องอาศัยแบคทีเรียที่อยู่ในน้ำทำการย่อยสลาย โดยจะเกิดการย่อยสลายได้ทั้งสภาวะที่มีออกซิเจน (aerobic bacteria) กึ่งไร้ออกซิเจน (facultative aerobic bacteria) และในสภาวะที่ไร้ออกซิเจน (anaerobic bacteria) ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ถ้าปริมาณสารอินทรีย์มีมาก แบคทีเรียก็จะใช้ออกซิเจนที่ละลายน้ำมากขึ้น เมื่อปริมาณออกซิเจนในน้ำเหลือน้อยหรือหมดไป แบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนหรือใช้ในปริมาณน้อยก็จะทำงาน โดยจะดึงเอาออกซิเจนจากสารประกอบพวกไนเตรต (NO_3^-) ซัลเฟต (SO_4^{2-}) มาใช้ในการสันดาปสารอินทรีย์แทน และจะได้ก๊าซมีเทน (CH_4) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ในขั้นตอนสุดท้าย

2.4.1 คุณลักษณะทั่วไปของน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ

น้ำเสียที่เกิดจากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ จะมีลักษณะที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับประเภทของสารที่ปนเปื้อนที่อยู่ในน้ำ โดยทั่วไปสามารถแยกลักษณะของน้ำเสีย ได้ดังนี้

2.4.1.1 ลักษณะทางกายภาพของน้ำเสีย หมายถึง ลักษณะที่สามารถสัมผัสได้ด้วยอวัยวะของร่างกายของเรา เช่น สามารถมองเห็นได้ ได้กลิ่น รับรู้อุณหภูมิร้อน-เย็น เป็นต้น ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1) สีของน้ำเกิดจากสารที่เจือปนในน้ำ ได้แก่ พวกไอออนของโลหะ สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ และสิ่งมีชีวิต เช่น แพลงก์ตอน สาหร่าย เป็นต้น ซึ่งสามารถจัดประเภทได้เป็น 2 ประเภท คือ สีที่แท้จริง (สีที่เกิดจากการละลายของสารประกอบในน้ำ) และสีที่ปรากฏ (เกิดจากการสะท้อนแสงของสิ่งแขวนลอยอยู่ในน้ำ) สีของน้ำเป็นดัชนีตัวหนึ่งที่ใช้ประกอบการพิจารณาภาพของน้ำสำหรับผู้พบเห็น สีที่เกิดจากการทิ้งน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมจะมีความแตกต่างจากสีของน้ำตามธรรมชาติ และมีความเป็นพิษมากกว่าสีของน้ำที่เกิดจากการเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ ดังนั้น การกำจัดจะต้องรู้แหล่งกำเนิดของสีนั้นๆ ก่อน จึงจะสามารถกำจัดได้อย่างเหมาะสม

2) ปริมาณของแข็งทั้งหมด หมายถึง ปริมาณของแข็งที่ปนอยู่ในน้ำ ซึ่งจะมีทั้งของแข็งที่เป็นสารอินทรีย์ (organic or volatile solids) และของแข็งที่เป็นสารอนินทรีย์ (inorganic or fixed solids) ของแข็งเหล่านี้จะมีความสำคัญต่อคุณภาพของน้ำ โดยแยกเป็นของแข็งแขวนลอย (suspended solids) ของแข็งละลาย (dissolved solids) และของแข็งจมตัว (settleable solids)

3) กลิ่น (odor) ส่วนมากมาจากก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำ ซึ่งได้แก่ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ที่เกิดจากการย่อยสลาย สารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ที่เกิดในสภาวะไร้อากาศ เป็นต้น ส่วนกลิ่นอื่นๆ ที่มีอยู่ในน้ำเสียก็เกิดจากสารเคมีตัวอื่นๆ เช่น กลิ่นกะหล่ำปลีเน่าที่เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ซัลไฟด์ กลิ่นปลาเน่าที่เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์จำพวกเอมีน และกลิ่นอับที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีฤทธิ์เป็นกรด เป็นต้น ความรุนแรงของกลิ่นจะขึ้นกับชนิดของสารที่ทำให้เกิดกลิ่น ในการตรวจวัดปริมาณกลิ่นมักจะกระทำโดยใช้จมูกสดคมเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเครื่องมือในการตรวจวัดปริมาณนั้นจะค่อนข้างยุ่งยากในการปฏิบัติ

4) อุณหภูมิ น้ำเสียที่มีค่าอุณหภูมิ (temperature) ของน้ำสูงนั้น มักเกิดจากแหล่งกำเนิดที่เป็นโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้น้ำเป็นตัวหล่อเย็นในส่วนที่เป็นท่อที่ร้อนในกระบวนการผลิต เช่น โรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งอุณหภูมิของน้ำที่สูงขึ้นจะเป็นสาเหตุทำให้ปริมาณการละลายของออกซิเจนในน้ำลดลง ซึ่งก็จะก่อให้เกิดปัญหามลพิษในน้ำได้มากที่สุด

5) ความขุ่น (turbidity) หมายถึง ลักษณะของน้ำที่มีสิ่งเจือปนที่เป็นสารแขวนลอยที่มีขนาดเล็กตั้งแต่ ขนาดเล็กกว่า 100 มิลลิไมครอน แต่ใหญ่กว่า 0.2 มิลลิไมครอน จนถึงขนาดหยาบ (1,000 มิลลิไมครอน) เช่น เศษดิน เศษของสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ แพลงก์ตอน และสิ่งมีชีวิตเล็กๆ เป็นต้น ค่าความขุ่นของน้ำจะมีผลต่อการบดบัง หรือขัดขวางทางเดินของแสงที่จะผ่านลงสู่พื้นได้ ซึ่งจะมีผลต่อการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ ทั้งนี้ความขุ่นในน้ำเสียส่วนใหญ่เกิดจาก

การที่น้ำมีสารแขวนลอยประเภทของแข็งหรือไขมันปะปนอยู่ การวัดค่าความขุ่นสามารถทำได้โดยวิธีการเทียบกับความขุ่นมาตรฐานที่กำหนดขึ้นมา โดยการใช้สารซิลิกาเป็นสารที่ทำให้เกิดความขุ่นมาตรฐาน ซึ่งสารละลายซิลิกา 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จะสามารถเทียบเท่ากับค่าความขุ่นได้ 1 หน่วยความขุ่น ในปัจจุบันมีการผลิตเครื่องมือสำหรับวัดค่าความขุ่นโดยอาศัยหลักการเดียวกันนี้ และสามารถวัดค่าความขุ่นของน้ำออกมาในหน่วย เนฟิโลเมตริกเทอร์บidity (Nephelometric Turbidity Unit : NTU.)

2.4.1.2 ลักษณะทางเคมี สำหรับคุณลักษณะของน้ำที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้จะป็นดัชนีสำคัญในการชี้วัดคุณภาพของน้ำทางเคมีว่าเป็นอย่างไร ซึ่งจะประกอบด้วยปริมาณสารที่เจือปน ดังนี้

1) สารอินทรีย์ (organic compounds) เป็นสารที่มีส่วนประกอบซึ่งประกอบด้วย ธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน เป็นสารที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ กล่าวคือ สิ่งสกปรกที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ จะถูกระบายออกมาในรูปของสารอินทรีย์ ซึ่งมีผลทำให้จุลินทรีย์ในน้ำใช้สารเหล่านี้เป็นอาหาร โดยในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างๆ ในน้ำจะต้องใช้ออกซิเจนที่ละลายน้ำเป็นตัวช่วยในกระบวนการ ดังนั้น แหล่งน้ำที่มีปริมาณสารอินทรีย์ในปริมาณที่สูงก็จะทำให้แหล่งน้ำนั้นเกิดการเน่าเสียได้ สำหรับดัชนีที่ใช้ในการชี้วัดถึงค่าความสกปรกของน้ำเสียที่เกิดจากสิ่งปนเปื้อน ได้แก่ ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD) ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand: COD) ค่าทีโอดี (Total Oxygen Demand: TOD) เป็นต้น สำหรับค่าบีโอดี (BOD) เป็นค่าที่แสดงความต้องการออกซิเจนของน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์เจือปนที่หาได้โดยใช้กระบวนการทางชีววิทยา กล่าวคือ ค่าบีโอดีเป็นค่าที่แสดงถึงความต้องการออกซิเจนของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำ เพื่อใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ปะปนมากับน้ำนั่นเอง ดังนั้น ค่าบีโอดีจึงจัดเป็นดัชนีที่สำคัญมากตัวหนึ่งสำหรับคุณภาพน้ำ และมักจะเป็นตัวที่ถูกกำหนดในมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งเสมอเช่น มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งอาคารประเภท ก. ค่าบีโอดีจะต้องไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

2) สารอนินทรีย์ น้ำเสียที่มีสารอนินทรีย์ (inorganic compounds) ปนเปื้อน ซึ่งสารเหล่านั้น ได้แก่ เฟอร์รัส (Fe^{2+}) เฟอร์ริก (Fe^{3+}) ซัลไฟด์ (S^{2-}) ซัลไฟท์ (SO_3^{2-}) และสารจำพวกโลหะหนักต่างๆ โดยสารอนินทรีย์จะมีผลต่อคุณภาพน้ำไม่น้อยไปกว่าสารอินทรีย์ กล่าวคือ เป็นสารที่สามารถใช้ออกซิเจนในน้ำได้โดยตรง และสารบางตัวยังเป็นพิษต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตในน้ำด้วย เช่น ตะกั่ว (Pb) สารแคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) สารแมงกานีส (Mn) และสารปรอท (Hg) เป็นต้น

3) ค่าความเป็นกรด-เบส (ค่า pH) เป็นค่าที่แสดงถึง ปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน $[H]^+$ ที่ใช้บ่งบอกถึงความเป็นกรด-เบสของน้ำ สำหรับในทางปฏิบัติแล้ว น้ำที่มีคุณสมบัติเป็นกรดจะมีค่า pH น้อยกว่า 7 ส่วนน้ำที่มีคุณสมบัติเป็นเบสจะมีค่า pH มากกว่า 7 และน้ำที่มีค่า pH เท่ากับ 7 จะมีฤทธิ์เป็นกลาง ทั้งนี้ในการวัดค่าพีเอชในน้ำนั้น สามารถทำได้ทั้งวิธีการเทียบสีกับน้ำยามาตรฐาน (colorimetric method) และวิธีใช้เครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์ (electrometric method) ในปัจจุบันการวัดค่าพีเอชนิยมใช้เครื่องมือวัดมากกว่า ที่เรียกว่า มาตรฐานความเป็นกรด-เบสของสารละลาย (pH meter) ซึ่งจะแสดงค่าที่วัดออกมาเป็นตัวเลข

4) ออกซิเจน ก๊าซออกซิเจน (oxygen) นับว่ามีความสำคัญต่อแหล่งน้ำมาก เป็นดัชนีคุณภาพน้ำตัวหนึ่งที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ และสามารถป้องกันการเน่าเหม็นในน้ำได้ ซึ่งก๊าซออกซิเจนและก๊าซไนโตรเจนนั้นเป็นก๊าซที่ละลายน้ำได้น้อยมาก สำหรับในการตรวจวัดปริมาณออกซิเจนในน้ำนั้น มักจะทำได้โดยการหาปริมาณออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen : DO) ซึ่งความสามารถในการละลายของก๊าซออกซิเจนขึ้นอยู่กับปัจจัย ดังนี้

4.1) ความดันของบรรยากาศ ถ้าความกดดันของบรรยากาศสูง การละลายของออกซิเจนก็จะสูงด้วย

4.2) อุณหภูมิ ถ้าน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น การละลายของก๊าซออกซิเจนก็จะน้อยลง โดยลักษณะเช่นนี้จะมีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำมาก เนื่องจากน้ำที่มีอุณหภูมิที่สูงขึ้น ทำให้อัตราการเกิด ปฏิกิริยาออกซิเดชันทางชีวภาพจะเพิ่มขึ้น ซึ่งหมายความว่า ความต้องการออกซิเจนของสิ่งมีชีวิตในน้ำย่อมจะมากขึ้น ในขณะที่เดียวกันออกซิเจนที่ละลายในน้ำก็จะมีน้อยลง ซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดการเน่าเหม็นของน้ำได้

4.3) ความเข้มข้นของเกลือแร่ในน้ำ ถ้าความเข้มข้นของเกลือแร่ในน้ำมีสูง อัตราการละลายออกซิเจนในน้ำก็จะต่ำด้วย ดังนั้น น้ำในทะเลหรือน้ำเสียจะมีออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำต่ำกว่าน้ำสะอาด

สำหรับปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำในรอบวันนั้น จะมีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา กล่าวคือ ปริมาณออกซิเจนในน้ำจะมีค่าต่ำสุดในช่วงเวลาเช้ามืดหรือเวลาใกล้รุ่ง เนื่องจากในเวลากลางคืนพืชน้ำจะมีการใช้ออกซิเจนในกระบวนการหายใจและทำการคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา หลังจากนั้นเมื่อสว่างพืชก็เริ่มมีการสังเคราะห์แสงปริมาณออกซิเจนในน้ำก็จะเริ่มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และจะเพิ่มสูงสุดในเวลาเย็นหรือใกล้ค่ำ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเช่นนี้จะเกิดขึ้นในลักษณะเดียวกับค่าอุณหภูมิและค่าพีเอช

5) ไนโตรเจนและสารประกอบไนโตรเจน (nitrogen group) มีความสำคัญต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำมาก เนื่องจากเป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์ที่มี

ความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะเป็นส่วนประกอบของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมันบางชนิด ดังนั้นจึงเป็นดัชนีค่าหนึ่งสำหรับการดูแลความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ ทั้งนี้สารประกอบไนโตรเจนที่พบในแหล่งน้ำส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของสารประกอบ 2 รูป ได้แก่ สารประกอบอินทรีย์ในโตรเจน ได้แก่ สารประกอบไนเตรด (NO_3^-) ไนไตรท์ (NO_2^-) แอมโมเนีย (NH_3) ก๊าซไนโตรเจน (N_2) ซึ่งสารพวกนี้อาจจะอยู่ในรูปของปุ๋ยหรือเกลือ และสารประกอบอินทรีย์ในโตรเจน ได้แก่ โปรตีน กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก สารพวกนี้เป็นส่วนประกอบของร่างกายพืชและสัตว์รวมถึงในอุจจาระ และในปุ๋ยคอก

6) ธาตุฟอสฟอรัส (phosphorus) เป็นธาตุที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตมากตัวหนึ่ง โดยจะเป็นส่วนประกอบของสารพันธุกรรมกรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก (deoxyribonucleic acid : DNA) และกรดไรโบนิวคลีอิก (ribonucleic acid : RNA) ซึ่งฟอสฟอรัสที่พบในแหล่งน้ำนั้นมีด้วยกันหลายรูป ได้แก่ ออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ไพโรฟอสเฟต ฟอสเฟตอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ (soluble organic phosphorus) และฟอสเฟตอินทรีย์ที่แขวนลอย (particulate organic phosphorus) เป็นต้น โดยค่าความเป็นกรด-เบสจะเป็นสิ่งที่ชี้ว่า ฟอสเฟตจะรวมตัวเป็นสารประกอบกับธาตุใด เช่น ถ้าค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำเป็นเบสเล็กน้อยก็จะมีสารประกอบพวกแคลเซียมฟอสเฟตละลายอยู่มาก ถ้าค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำมีค่าเป็นด่างมากจะพบสารประกอบโซเดียมฟอสเฟตละลายอยู่มาก แต่ถ้าหากค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำเป็นกรดจะมีเหล็กฟอสเฟตละลายอยู่มาก เนื่องจากฟอสฟอรัสในรูปของสารประกอบฟอสเฟตเป็นธาตุที่พืชสามารถนำไปใช้มากตัวหนึ่ง และเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำ (growth limiting nutrient) ซึ่งถ้ามีปริมาณที่มากก็จะสามารถกระตุ้นให้พืชน้ำมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และจะก่อปัญหาในเรื่องคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำและปัญหาในการกำจัดต่อไป แหล่งที่มาของสารประกอบฟอสเฟตในน้ำเสียส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมตามบ้านเรือน และกิจกรรมทางการเกษตร ได้แก่ การทิ้งน้ำซักล้างที่มีผงซักฟอกตามบ้านเรือน การใช้ปุ๋ยของเกษตรกร เป็นต้น

7) เหล็ก (ferric and ferrus) เหล็กที่พบในน้ำจะอยู่ได้ทั้ง 2 รูป ได้แก่ เหล็กในรูปเฟอร์ริก (ferric : Fe^{3+}) ที่ละลายน้ำได้น้อยมาก และเหล็กในรูปเฟอร์รัส (ferrus : Fe^{2+}) ที่สามารถละลายน้ำได้ดีมาก ซึ่งเหล็กมีความสำคัญต่อระบบนิเวศมาก เนื่องจากเป็นธาตุที่เป็นส่วนประกอบของเม็ดเลือดแดงของสัตว์น้ำหลายประเภท

8) ซัลเฟอร์ (sulphure) ที่พบในน้ำโดยทั่วไปมีอยู่ 2 รูป ได้แก่ ซัลเฟต (sulphate : SO_4^{2-}) และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (hydrogen sulfide : H_2S) ความสำคัญของสารซัลเฟอร์ที่มีต่อคุณภาพของน้ำ คือ ถ้าน้ำมีปริมาณซัลเฟตสูง น้ำนั้นจะมีคุณสมบัติ ที่เรียกว่า น้ำกระด้าง ซึ่งจะก่อ

ปัญหา การเกิดตะกอนในหม้อน้ำในกรณีที่น่าน้ำนั้นไปใช้ นอกจากนี้ซัลเฟตยังเป็นตัวก่อปัญหาเรื่องกลิ่น และการกัดกร่อนในท่อน้ำเสีย

9) สภาพเบส สภาพความเป็นเบส (alkalinity) ของน้ำเป็นตัวบ่งบอกถึงสภาวะบัฟเฟอร์ในน้ำ กล่าวคือ เป็นสภาวะที่ค่าความเป็นกรด-เบสในน้ำค่อนข้างจะคงที่ สภาพเบสในน้ำโดยทั่วไปมักเกิดจากไอออนของ OH^- , CO_3^{2-} และ HCO_3^- ของธาตุจำพวกแคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และธาตุประเภทโลหะต่างๆ สภาพของความเป็นเบสจะมีผลต่อคุณภาพน้ำที่สัมพันธ์กับค่าความเป็นกรด-เบส โดยปกติน้ำที่จะนำมาทำน้ำประปาควรมีค่าสภาพความเป็นเบสประมาณ 50 – 80 มิลลิกรัมต่อลิตร ในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต

10) คลอไรด์ ปริมาณคลอไรด์ (chloride) ที่พบในน้ำธรรมชาติทั่วไป โดยเฉพาะ น้ำทะเลจะมีปริมาณมากที่สุด นอกจากนั้นคลอไรด์ยังพบในสิ่งขับถ่ายของมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัสสาวะ ซึ่งคลอไรด์ที่มีปริมาณที่เหมาะสมจะไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ แต่ถ้ามีปริมาณมากกว่า 250 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้น้ำมีรสเค็มไม่เหมาะสำหรับนำมาใช้ในการบริโภค

11) น้ำมัน และไขมัน ปริมาณน้ำมันและไขมัน (oil and grease) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีแอลกอฮอล์ (alcohol) หรือกลีเซอรอลหรือกลีเซอริน (glycerol or glycerin) เป็นส่วนประกอบที่สะสมอยู่ในพืชและสัตว์โดยธรรมชาติ เป็นสารประเภทไฮโดรคาร์บอนที่มีทั้งชนิดที่อมตัวและไม่อมตัว สารประเภทนี้ถ้าอยู่ในสถานะที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิปกติ เรียกว่า น้ำมัน แต่ถ้าอยู่ในสถานะที่เป็นของแข็งที่อุณหภูมิปกติ จะเรียกว่า ไขมัน โดยส่วนมากแหล่งที่มีการปล่อยน้ำมันและไขมันมากก็คือ กิจกรรมจากบ้านเรือนที่มีการใช้น้ำมันปรุงอาหาร ซึ่งปริมาณไขมันที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำจะมีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำมาก กล่าวคือ ทำให้เกิดกลิ่นเหม็น มักจะจับกับผิวน้ำเป็นฟิล์มหนา ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ของน้ำได้ และมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำด้วย

12) โลหะหนัก สารประเภทโลหะหนัก (heavy metals) จัดเป็นสารที่ก่อให้เกิดพิษต่อสิ่งมีชีวิตได้หากได้รับในปริมาณที่มากเกินไป นอกจากนี้โลหะหนักยังมีผลต่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในน้ำเสียด้วย โลหะหนักโดยทั่วไปที่พบในน้ำเสีย ได้แก่ ตะกั่ว (Pb)ปรอท (Hg) แคดเมียม (Cd) ทองแดง (Cu) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) นิกเกิล (Ni) และสังกะสี (Zn) เป็นต้น

2.4.1.3 ลักษณะทางชีวภาพ

ลักษณะทางชีวภาพของน้ำเสียโดยทั่วไปเป็นสิ่งที่ผู้ควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียจะต้องทำความเข้าใจเป็นอย่างดี โดยเฉพาะการบำบัดน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์สะสมปนเปื้อน

เช่น น้ำเสียที่มาจากชุมชน บ้านพักอาศัย ซึ่งสิ่งที่เป็นตัวแปรที่สำคัญในกระบวนการทางชีวภาพในน้ำเสีย ได้แก่ ชนิดของสิ่งมีชีวิตที่ใช้ในกระบวนการ โดยในที่นี้หมายถึง ชนิดของแบคทีเรีย หรือ ชนิดของจุลินทรีย์นั่นเอง สำหรับจุลินทรีย์ที่มักพบในน้ำเสียมีด้วยกัน 3 กลุ่มใหญ่

1) จุลินทรีย์ที่เป็นสัตว์ จุลินทรีย์ประเภทนี้มักพบว่า เป็นตัวก่อปัญหาในระบบบำบัดน้ำเสียมากตัวหนึ่ง โดยเฉพาะปัญหาการเกิดฟองในระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งทำให้การบำบัดเป็นไปได้ยากขึ้น สำหรับจุลินทรีย์ประเภทนี้ ได้แก่ Rotifer, Crustaceans และ Worms เป็นต้น

2) จุลินทรีย์ที่เป็นพืช จุลินทรีย์ประเภทนี้จะมีคุณสมบัติที่คล้ายกับพืชทั่วไปที่สามารถสร้างอาหารเองได้ โดยกระบวนการสังเคราะห์แสง ได้แก่ มอส เฟิร์น และ ลิเวอร์เวิร์ด เป็นต้น

3) จุลินทรีย์พวกโพรทิสตา ดำรงชีวิตอยู่ได้ด้วยการใช้สารอาหารที่เป็นสารอินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้น จึงเป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์สำหรับช่วยในการบำบัดสิ่งสกปรกในน้ำเสียได้ดี สำหรับจุลินทรีย์พวกโพรทิสตา (protista) ได้แก่ แบคทีเรีย สาหร่าย ฟังไจ และสัตว์เซลล์เดียว เป็นต้น

2.4.1 น้ำเสียจากแหล่งโรงงานอุตสาหกรรม

โรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทยมีหลากหลายประเภท โรงงานส่วนใหญ่มักมีการใช้น้ำในส่วนต่างๆ ของกระบวนการผลิต และผลสุดท้ายน้ำเหล่านั้นก็จะกลายเป็น้ำเสีย จากนั้นจะถูกระบายทิ้งสู่แหล่งน้ำในที่สุด หากจะทำการแบ่งประเภทของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม (industrial wastewater) ตามผลเสียที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อม สามารถแบ่งได้เป็น 8 ประเภท ดังนี้ (ชัยศรี ธาราสวัสดิ์พิพัฒน์, 2553 : 7)

2.4.1.1 ประเภทที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง (oxygen depleting wastes) น้ำเสียประเภทนี้จะมีสารประกอบอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียอยู่ในปริมาณสูง และน้ำเสียที่มีอุณหภูมิที่สูงๆ ได้แก่ น้ำเสียจากโรงงานผลิตเป้งมันสำปะหลัง โรงกลั่นสุรา โรงงานผลิตเยื่อกระดาษ โรงงานน้ำตาล และน้ำหล่อเย็นจากโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น

2.4.1.2 ประเภทที่มีสารพิษปะปน (toxic waste contamination) ซึ่งส่วนใหญ่มาจากแหล่งที่เป็นโรงงานอุตสาหกรรมเคมี โรงงานชุบโลหะ โรงงานผลิตสารฆ่าแมลง เป็นต้น ซึ่งสารพิษที่ปล่อยออกสู่แหล่งน้ำจะถูกถ่ายทอดทางโซ่อาหารของระบบนิเวศ และเข้าสู่มนุษย์ในที่สุด เช่น ที่เกาะมินามาตะ ประเทศญี่ปุ่น มีชาวบ้านป่วยเป็นโรคมินามาตะจำนวนมาก ซึ่งสาเหตุมาจากโรงงานผลิตสารโพลีไวนิลคลอไรด์ปล่อยสารปรอทลงสู่แหล่งน้ำ ในปี พ.ศ 1954 เป็นต้น

2.4.1.3 ประเภทที่สามารถทำลายทัศนียภาพของแหล่งน้ำ ได้แก่ โรงงานกลั่นน้ำมัน ที่มีการปล่อยคราบน้ำมันลงสู่แหล่งน้ำ โรงงานฟอกย้อมที่มีการปล่อยน้ำเสียที่มีสีย้อมลงสู่แหล่งน้ำ เป็นต้น ผลที่เกิดขึ้นนอกจากทัศนียภาพที่ไม่สวยงาม ยังก่อปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็น และส่งผลกระทบต่อนกทะเลและสิ่งมีชีวิตในน้ำด้วย

2.4.1.4 ประเภทที่ทำให้รสและกลิ่นของน้ำเปลี่ยนไป ได้แก่ โรงงานผลิตยางเทียม โรงงานผลิตหัวน้ำหอมบางประเภท โรงกลั่นน้ำมัน เป็นต้น ซึ่งน้ำเสียที่ปล่อยออกมาจะมีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ต่อผู้ที่ได้รับ

2.4.1.5 ประเภทที่มีสารอนินทรีย์ที่เป็นของแข็งละลายอยู่ ได้แก่ สารพวก โซเดียม (Na) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) เหล็ก (Fe) ซึ่งได้แก่ โรงงานฟอกหนัง โรงงานผลิตโซดาไฟ เป็นต้น

2.4.1.6 ประเภทที่ปล่อยสารกัมมันตภาพรังสี ได้แก่ โรงงานไฟฟ้าปรมาณู โรงงานผลิตและแปรรูปสารกัมมันตภาพรังสี

2.4.1.7 ประเภทที่ปล่อยสารกัดกร่อน โรงงานประเภทนี้ประกอบด้วย โรงงานผลิตโซดาไฟ โรงงานผลิตกรด โรงงานผลิตผงซักฟอก ผลกระทบจากน้ำเสียเหล่านี้ คือ ทำให้เกิดการกัดกร่อน ทำให้เกิดการผุกร่อนของโลหะ เป็นต้น

2.4.1.8 ประเภทที่ปล่อยเชื้อโรคลงสู่แหล่งน้ำ ได้แก่ โรงพยาบาล โรงฆ่าสัตว์ โรงฟอกหนัง เป็นต้น น้ำทิ้งที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำของโรงงานประเภทนี้ จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องผ่านการบำบัดก่อนที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

สำหรับตัวอย่างลักษณะของน้ำเสียที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมจะมีความแตกต่างกัน ดังแสดงตัวอย่างลักษณะน้ำเสียของโรงงานบางประเภทในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ลักษณะของคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานบางประเภท

ประเภทของ โรงงาน	pH	Suspended Solids (mg/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	Total-N (mg/l)	Total-PO ₄ (mg/l)
โรงงานน้ำอัดลม	2.4	-	71,200	-	-	-
โรงงานแป้งมัน สำปะหลัง	3.8	-	6,550	10,919	-	-
โรงงานสุรา	2.3 - 5.5	5,240 -23,833	17,500 - 45,000	5,6971 - 193,600	398 -2,161	26.6 - 37.5
โรงงานทอผ้า, ย้อม ผ้า	7.14	356	5,700	16,569	-	-
โรงงานกระดาษ	9.40	900	752	2,267	1.5	-
โรงงานไอศกรีม	7.3 - 7.6	28	2,988	4,769	-	13.1
โรงงานสับประรด กระป๋อง	-	300	1,685 - 3453	-	-	-
โรงงานบะหมี่ สำเร็จรูป	6.75	1,188	2,775	6,425	-	45
โรงงานประกอบ รถยนต์	7.50	463	26	337	-	15.25
โรงงานเนย	7.2 - 8.9	172 - 183	214 - 321	596 - 650	-	1.075

ที่มา: เกียรติศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539 : 165

2.5 การบำบัดน้ำเสียโดยใช้สาหร่าย

ปัจจุบันมีการใช้พืชในการบำบัดคุณภาพน้ำมากมาย เช่น ทุปฤยั ดัณก หญาัฟลั ที่ช่วยในการกรองและดกตะกอนของสารแขวนลอยและสารอินทรีย์ที่ตกตะกอนได้ ทำให้กำจัดสารแขวนลอยและสารอินทรีย์ได้บางส่วน เป็นการลดสารแขวนลอยและค่าบีโอดีได้ส่วนหนึ่ง หรือแม้แต่นสาหร่าย เป็นต้น สาหร่ายเป็นลัมีชีวิตขนาดเล็กที่สามารถสังเคราะห์แสงได้ มีขนาดตั้งแต่เล็กกว่าแบคทีเรียจนถึงขนาดยาวหลาย ๆ เมตร สาหร่ายที่เซลล์เดี่ยวถูกเรียกว่า Phytoplankton จัดเป็น Single cell protein เช่น สาหร่ายสีเขียว และสีเขียวแกมน้ำเงิน ซึ่งเป็นลัมีชีวิตที่ได้รับความสนใจในงานบำบัดน้ำเสีย ซึ่งสาหร่ายจัดเป็นลัมีชีวิตที่ส่วนใหญ่มีผนังเซลล์บางและแข็งแรง ประโยชน์ของการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายทำให้เกิดพลังงาน (สามารถ พ้งเจริญ, 2550 : 20)

การใช้สาหร่ายในบ่อบำบัดน้ำเสียนอกจากสาหร่ายจะช่วยลดปริมาณมลสารในน้ำเสียแล้ว สาหร่ายยังมีข้อดี คือ

- 1) มีการเจริญเติบโตเร็ว
- 2) ทนทานต่อสภาพแวดล้อม
- 3) มีคุณค่าทางอาหาร
- 4) มีโปรตีนสูง
- 5) สามารถเจริญในน้ำเสียได้

นอกจากนี้การบำบัดน้ำทิ้งโดยใช้สาหร่ายมีการศึกษากันอย่างกว้างขวาง การศึกษาการเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina maxima* ในอาหารที่มีการใส่น้ำหมักมูลสุกรเป็นแหล่งธาตุอาหารส่วนหนึ่ง สาหร่ายมีการเจริญดี โดยทำการเลี้ยงในสภาวะที่มีการเจริญแบบอิสระและสภาวะที่เซลล์ยึดเกาะกับ Kappa-carrageenan ใช้เวลาการเลี้ยง 18 วัน โดยเฉพาะเลี้ยงในน้ำเสียที่มีความเข้มข้น 25 เปอร์เซ็นต์ และ 50 เปอร์เซ็นต์ ทั้งสองความเข้มข้น สาหร่ายที่เลี้ยงแบบอิสระที่ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ สาหร่ายที่เลี้ยงในสภาพที่ยึด Total – P 53 เปอร์เซ็นต์ $\text{NH}_3\text{-N}$ ได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ทั้งสองความเข้มข้น สาหร่ายที่เลี้ยงแบบอิสระที่ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถดูดซึม $\text{NH}_3\text{-N}$ 75 เปอร์เซ็นต์ Total – P 53 เปอร์เซ็นต์ และ Orthophosphate 98 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสาหร่ายใช้น้ำเสียจากมูลสุกรเป็นแหล่งคาร์บอนได้โดยแบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์ ได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้แก่สาหร่าย

สาหร่ายจัดเป็นลัมีชีวิตที่ส่วนใหญ่มีผนังเซลล์บางและแข็งแรง ส่วนสาหร่ายที่มีเซลล์เดี่ยวถูกเรียกว่า Phytoplankton จัดเป็น Single cell protein เช่น สาหร่ายสีเขียวและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ซึ่งเป็นลัมีชีวิตที่ได้รับความสนใจในงานบำบัดน้ำเสียสาหร่ายสีเขียวและสาหร่ายสีเขียว

แกมน้ำเงิน ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่ได้รับความสนใจในงานบำบัดน้ำเสีย เช่น ระบบ Algae pond เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีการเลี้ยงสาหร่ายโดยอาศัยหลักการอยู่ร่วมกันของแบคทีเรียและสาหร่าย

สาหร่ายที่มีความสำคัญทางด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมด้านการบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ สาหร่ายที่มีชื่อดังแสดงในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 สาหร่ายจิ้นส์ต่างๆ ที่พบในระบบบำบัดน้ำเสีย

Division	Genus	Facultative pond	Maturation pond	Trickling filter
Euglenophyta	Euglena	+	+	+
	Phacus	+	+	+
Chlorophyta	Chlamydomonas	+	+	+
	Chlorogonium	+	+	-
	Prybotrys	+	+	-
	Ulothrium	-	-	+
	Stigeoclonium	-	-	+
	Scendesmus	-	-	+
	Volvox	+	+	+
	Chlorella	+	+	+
Chrysophyta	Navicula	-	+	+
	Bodo	-	+	+
	Oicomonas	-	+	+
Cyanophyta	Oscillatoria	+	+	+
	Spirulina	-	+	-
	Anabaena	-	+	-
	Ulothrix	-	-	+

หมายเหตุ + หมายถึง พบในระบบบำบัดน้ำเสีย

- หมายถึง ไม่พบในระบบบำบัดน้ำเสีย

ที่มา: สามารถ พึงเจริญ, 2550 : 21

กลไกการทำงานในระบบ Algae pond ดังนี้ (สามารถ พึ่งเจริญ, 2550 : 22)

1) การบำบัดน้ำเสียและการนำสารอาหารไปใช้

ปฏิกิริยาทางชีววิทยาในระบบเกิดจากแบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์และสารอาหารในน้ำเสีย และกลับเข้าสู่สาหร่ายโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง เซลล์สาหร่ายซึ่งมีโปรตีนสูงจะถูกแยกออกมาเป็นอาหารของมนุษย์และสัตว์ได้ น้ำเสียที่มีสารอินทรีย์จะถูกบำบัดโดยสาหร่ายด้วยกระบวนการกล่าวและได้ปริมาณเพิ่มขึ้นของสาหร่ายเป็นการตอบแทน

2) การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์

สาหร่ายสามารถสังเคราะห์แสงโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อสร้างเซลล์ใหม่ สาหร่ายจัดได้ว่าเป็นผู้ผลิตแรกเริ่ม (Primary producer) ซึ่งใช้พลังงานแสงเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมี โดยมีน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์เป็นวัตถุดิบ

ขั้นตอนของการสังเคราะห์ด้วยแสงแยกออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสง (Light Reaction) เป็นกระบวนการที่จำเป็นต้องใช้แสงโดยตรงเพื่อทำให้โมเลกุลของน้ำถูกแยกสลาย ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ แก๊สออกซิเจน ATP และ NADPH₂ และ ปฏิกิริยาที่ไม่ใช้แสง (Dark Reaction) เป็นกระบวนการที่ไม่จำเป็นต้องใช้แสงโดยตรง เป็นกระบวนการที่เกิดหลังปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสง เพราะจะต้องรับ ATP และ NADPH+H⁺ จากปฏิกิริยาที่ใช้แสง และคาร์บอนไดออกไซด์แม้ไม่ได้รับแสงก็เกิดน้ำตาลได้

3) การฆ่าเชื้อโรค

สาหร่ายสามารถฆ่าเชื้อโรคในน้ำเสียทำให้ระบบมีค่าพีเอชสูงขึ้นจากการสังเคราะห์แสง ทำให้เชื้อโรคตายได้ และยังผลิตสารพิษที่ฆ่าเชื้อโรคบางชนิดได้และนอกจากนี้เชื้อโรคอาจตายเนื่องจากรังสีอัลตราไวโอเลตในแสงแดดเองด้วย

มีรายงานว่า มีสาหร่ายน้ำจืดมากกว่า 60 สกุล 80 ชนิด และสาหร่ายทะเลอย่างน้อย 15 ชนิดที่สามารถบำบัดน้ำเสียได้ (Palmer, 1962)

ตัวอย่างสาหร่ายที่มีรายงานว่ามีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย แยกตามไฟลัม

- 1) สาหร่ายสีเขียว (Chlorophyta) เช่น Actinastrum Chaetomorpha Chlamydomonas Chlorhormidium Chlorella Enteromorpha Pediastrum Scenedesmus Spirogyra Stigeoclonium Ulothrix Ulva
- 2) สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Cyanophyta) เช่น Anabaena Calothrix Hapalosiphon Lyngbya Microcoleus Nodularia Nostoc Oscillatoria Phormidium Scytonema Spirulina Symploca Trichodesmium

- 3) สาหร่ายพวกไดอะตอม (Chrysophyta) เช่น *Achnanthes* *Actinastrum* *Amphora* *Caloneis* *Camphlodiscus* *Cocconeis* *Cymatopleura* *Cymbella* *Diploneis* *Diatoma* *Fragilaria* *Frustulia* *Gomphonema* *Gyrosigma* *Hantzschia* *Melosira* *Navicula* *Neidium* *Nitzschia* *Pinnularia* *Stauroneis* *Surirella* *Synedra* *Tabellaria*
- 4) สาหร่ายพวกยูกลีนา (Euglenophyta) เช่น *Euglena* *Phacus* *Trachelomonas*
- 5) สาหร่ายสีแดง (Rhodophyta) เช่น *Acriogaeuyn* *Chondrus* *Erythrotrichia* *Gracilaria* *Phyllophora* *Porphyra* *Porphyridium*
- 6) สาหร่ายสีน้ำตาล (Phaeophyta) เช่น *Ascophyllum* *Ectocarpus* *Fucus* *Halopteris* *Laminaria* *Macrocystis* *Spermatocchnus* *Sphacelaria*

ตัวอย่างรายงานวิจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพของสาหร่ายชนิดต่าง ๆ ในการกำจัดน้ำเสีย

หยกแก้ว ยามาลิ, วิเชียร ยามนิตชัย, สมบูรณ์ ผู้พัฒน์, กัญญา สุจริตวงสานนท์, ไพรมา ภัทรกุลพงษ์ และไพลิน ผู้พัฒน์ (2525) ทดลองเลี้ยง *Chlorella* ในน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำมันถั่วเหลืองในเวลา 2 วัน พบว่า สามารถลดค่าบีโอดี ได้ร้อยละ 96

จรูณ ลิ้ตรรงค์ (2531) เลี้ยง *Chlorella* ในน้ำกากส่า พบว่า ค่าบีโอดีลดลงร้อยละ 67-78

กาญจนาภรณ์ ถั่วมนโนมนต์, ยนต์ มุสิก, มานพ มิตรสมหวัง และเกรียงไกร แก้วสุรลิขิต (2536) ทดลองเลี้ยงกราซีลาเรีย ในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงสัตว์ พบว่ามีศักยภาพในการใช้ในโตรเจน 147 $\mu\text{m/g/d}$ ประสิทธิภาพในการใช้ในโตรเจนของสาหร่ายขึ้นอยู่กับปริมาณไนโตรเจน และความหนาแน่นของสาหร่าย

กรองจันทร์ รัตนประดิษฐ์ (2536) ทดลองเลี้ยง *Chlorella* ในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลพบว่าสามารถค่าซีโอดี ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณแอมโมเนีย ปริมาณไนเตรท และปริมาณฟอสเฟตลดลงร้อยละ 60-90

Boongorsrang, Thomgtong, Yamali, และ Sitachtta. (1986) เลี้ยง *Spirulina* (สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน) และ *Uronema*, *Ulothrix* และ *Chlorella* (สาหร่ายสีเขียว) ในน้ำทิ้งจากบ้านเรือน พบว่า สาหร่ายสีเขียวมีศักยภาพในการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ดีกว่า *Spirulina*

De la Noue และ Basseres (1989) เลี้ยง *Chlorella*, *Scenedesmus* *Obliquus* และ *Phormidium bohneri* ในน้ำทิ้งจากคอกสุกร พบว่าสามารถลดค่าแอมโมเนีย ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้มากกว่าร้อยละ 90 และลดปริมาณซีโอดีลงร้อยละ 60-92

Govindan (1983) เลี้ยง *Chlamydomonas*, *Chlorilla*, *Scenedesmus* และ *Merismopedia* ร่วมกันในน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตสาหร่าย พบว่า สามารถลดค่าบีโอดีได้ร้อยละ 93-97 และลดค่าซีโอดีลงได้ร้อยละ 93

ในประเทศไทยมีการใช้พืชน้ำรวม 10 ชนิด ทำเป็น Standard package ในการกำจัดโลหะหนักในน้ำ ซึ่งในพืช 10 ชนิด นี้มีสาหร่าย 3 ชนิด คือ *Lemanea*, *Cladophora* และ *Nitella*

การใช้สาหร่ายบำบัดน้ำเสียมีข้อจำกัดคือ น้ำเสียจะต้องมีของแข็งปนอยู่น้อย (ไม่เกิน 10%) และมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ต่ำ จึงเหมาะสำหรับใช้บำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมขั้นสุดท้ายก่อนปล่อยทิ้งลงแหล่งน้ำสาธารณะ เช่น โรงงานอาหารกระป๋อง โรงงานน้ำตาล โรงงานนม โรงงานกระดาษ โรงงานทอผ้า โรงงานปิโตรเลียม โรงงานกลั่นน้ำมัน โดยเลี้ยงสาหร่ายในบ่อพักที่มีขนาดกว้างและตื้น (ความลึกระหว่าง 1-1.2 เมตร) เพื่อให้ลมพัดช่วยในการถ่ายเทออกซิเจน และแสงส่องถึงก้นบ่อ สาหร่ายสังเคราะห์แสงและให้ออกซิเจนแก่น้ำทำให้น้ำมีค่าออกซิเจนละลายสูงขึ้น และดูดซึมแร่ธาตุต่าง ๆ ไว้ ทำให้ปริมาณแร่ธาตุต่าง ๆ ในน้ำลดลง

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จกมล พรหมยะ, เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน และสุฤทธิ สมบูรณ์ชัย (2544) ได้ศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina platensis* เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำจากบ่อบำบัดน้ำเสียหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในความเข้มข้น 40, 70 และ 100 % เป็นเวลา 30 วัน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ คุณค่าทางโภชนาการบางประการและผลผลิตเบื้องต้นของ *S. platensis* ทุก 3 วัน ซึ่งสามารถสรุปผลได้ว่า น้ำเสียจากบ่อบำบัดหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ใช้เพาะเลี้ยง *S. platensis* คุณภาพน้ำเมื่อสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงพบว่า ค่า $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ และ $\text{PO}_4\text{-P}$ ในน้ำเสีย 70% มีค่าเปอร์เซ็นต์การลดลงมากกว่าในน้ำเสีย 40% และ 100% ตามลำดับ คุณค่าทางโภชนาการของ *S. platensis* โดยเฉพาะโปรตีนมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในน้ำเสีย 100% และผลผลิตสูงที่สุดในน้ำเสีย 100%

พนิดา รัตนพลที (2551) ได้ทำการศึกษาภาพการผลิตไบโอดีเซลจากสาหร่ายขนาดเล็กสืบเนื่องจากความผันผวนของราคาน้ำมันปิโตรเลียมในตลาดโลก ทำให้รัฐบาลตระหนักถึงปัญหาดังกล่าวและได้บรรจุการแสวงหาแหล่งและการผลิตพลังงานทดแทนในรูปแบบต่างๆ เช่น พลังงานชีวมวล แก๊สชีวภาพ เอทานอลและไบโอดีเซล เข้าเป็นหนึ่งในแผนยุทธศาสตร์หลักในการพัฒนาประเทศ และดูเหมือนว่าไบโอดีเซลจะได้รับการส่งเสริมให้มีการผลิตกันอย่างแพร่หลายไปทั่วทุก

ภาคของประเทศ ทั้งนี้เพราะประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมจึงเอื้อต่อการนำผลิตผลทางการเกษตรชนิดต่างๆ โดยเฉพาะพืชที่ให้น้ำมัน เช่น ปาล์มน้ำมัน ถั่วเหลือง มะพร้าวทานตะวัน และสบู่ดำ เพื่อนำมาใช้ในการผลิตไบโอดีเซล และเมื่อก้าวถึงสาหร่าย ส่วนใหญ่มักจะนึกถึงการนำไปใช้ประโยชน์ ในแง่การเป็นอาหารของสัตว์หรือเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมของคน ซึ่งแท้จริงแล้วสาหร่ายจัดเป็นพืชอีกชนิดหนึ่ง ที่มีศักยภาพสูงในการนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล โดยเฉพาะอย่างยิ่งสาหร่ายขนาดเล็กซึ่งส่วนใหญ่จัดเป็นสาหร่ายสีเขียวเซลล์เดียว มักอยู่รวมกันเป็นกลุ่มและสามารถอาศัยอยู่ร่วมกับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นได้ และพบอยู่ทั่วไปตามแหล่งน้ำธรรมชาติ แต่สาหร่ายมีคุณลักษณะเด่นที่ทำให้แตกต่างจากพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ หลายอย่าง กล่าวคือ ความรวดเร็วในการสะสมพลังงานภายในเซลล์ โดยสาหร่ายจะเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการสังเคราะห์แสงให้อยู่ในรูปของสารอินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดไขมัน ถ้ามีการเพาะเลี้ยงอย่างเหมาะสม โดยใช้สภาวะที่เรียกว่า "เฮเทอโรโทรฟิก" (Heterotrophic) นอกจากนี้การเลี้ยงสาหร่ายก็ไม่ยุ่งยากและสามารถเติบโตได้อย่างรวดเร็วในทุกฤดูกาล อีกทั้งยังต้องการพื้นที่ในการเพาะเลี้ยงน้อย ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำน้ำมันที่ได้จากสาหร่ายมาผลิตเป็นไบโอดีเซล และมีศักยภาพพอที่จะขยายการผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

แพร่พิลาศ จุจจานุทัศน์ (2553) การใช้ประโยชน์จากน้ำทิ้งอุตสาหกรรมเกษตรเป็นแหล่งอาหารไบโอดีเซล (biodiesel) เป็นพลังงานทางเลือกใหม่ที่ทั่วโลกกำลังให้ความสนใจในการนำไปใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลที่ใช้ในปัจจุบัน ซึ่งไบโอดีเซลสามารถผลิตได้จากน้ำมันที่ได้จากพืชน้ำมัน ไขมันสัตว์ หรือน้ำมันที่ใช้แล้วจากการปรุงอาหาร แต่เนื่องจากพืชน้ำมันส่วนใหญ่จะใช้เป็นอาหารของมนุษย์และสัตว์ จึงอาจก่อให้เกิดส่วนแบ่งทางอาหาร จึงได้มีการมองหาวัตถุดิบใหม่ๆ ที่สามารถให้น้ำมันได้เช่นเดียวกับพืชน้ำมัน ซึ่งสาหร่ายก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากมีข้อได้เปรียบหลายประการเมื่อเปรียบเทียบกับพืชน้ำมัน คือ สาหร่ายใช้พื้นที่ในการเพาะปลูกน้อยกว่าพืชน้ำมันและใช้ระยะเวลาในการเพาะเลี้ยงและเก็บเกี่ยวน้ำมันที่สั้นกว่า อย่างไรก็ตาม ในการเพาะเลี้ยงเซลล์สาหร่ายเพื่อให้เกิดการสะสมน้ำมันในปริมาณสูง จำเป็นต้องมีการควบคุมสภาวะต่างๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการสะสมน้ำมันของเซลล์สาหร่าย ไม่ว่าจะเป็น แหล่งอาหาร แหล่งคาร์บอน แหล่งไนโตรเจน ช่วงการให้แสง และอุณหภูมิ หรือปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ ที่สำคัญ ซึ่งน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมเกษตรต่างๆ จะมีองค์ประกอบของสารอินทรีย์ในปริมาณสูงที่สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งคาร์บอนราคาถูกในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายได้ อีกทั้งยังมีสารอาหารต่างๆ ที่เหมาะสมต่อการเจริญของสาหร่ายได้เป็นอย่างดี หากมีการควบคุมปัจจัยที่สำคัญ เช่น ปริมาณแหล่งคาร์บอน แหล่งไนโตรเจนและอิทธิพลของความเค็มให้เหมาะสม จะทำให้สาหร่ายสะสมน้ำมันในปริมาณสูง

ประยูร เอ็นมาก (2553) ได้ศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์และความถี่ต่อการเร่งการสะสมน้ำมันในสาหร่ายขนาดเล็กเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งจากการทดลองพบว่า คาร์บอนไดออกไซด์มีผลต่อการเร่งการเจริญเติบโตของสาหร่ายทุกระดับความเข้มข้นและที่ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 15% พบว่าสาหร่ายมีการเจริญเติบโตสูงที่สุด 2.182 กรัม/ลิตร เมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 15 วัน โดยมีอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุดเท่ากับ 0.451 ต่อวัน เมื่อนำเซลล์สาหร่ายภายหลังจากการเก็บเกี่ยวไปศึกษาองค์ประกอบหลักภายในสาหร่าย พบว่า มีโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และปริมาณเยื่อใย เท่ากับ 23.19%, 11.0%, 12.34% และ 9.18% (โดยน้ำหนัก) ตามลำดับ และสำหรับความถี่นั้น พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นโซเดียมคลอไรด์ 0.3 โมลาร์ สาหร่ายมีการสะสมน้ำมันไว้ในเซลล์สูงที่สุดเท่ากับ 32.13% (โดยน้ำหนัก) เมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 15 วัน และเมื่อนำเซลล์เปียกของสาหร่ายมาทดสอบการผลิตไบโอดีเซล พบว่า ผลได้ของไบโอดีเซลเท่ากับ 97.42% (โดยน้ำหนัก) ซึ่งไบโอดีเซลที่ผลิตได้พบกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลัก 3 ชนิด คือ กรดปาล์มมิติก กรดสเตียริก และกรดโอเลอิก ในปริมาณ 74.45%, 4.93% และ 3.02% ตามลำดับ

Gercel (2002) ศึกษาอิทธิพลของสภาวะการแยกสลายด้วยความร้อนของกากทานตะวัน ภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจนในเตาปฏิกรณ์เบดนิ่งแบบท่อ ซึ่งใช้อุณหภูมิสุดท้ายในการแยกสลายด้วยความร้อนที่ 400, 500, 550 และ 700 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซไนโตรเจนที่ 25, 50, 100, 200 และ 400 มิลลิลิตรต่อนาที โดยให้อัตราการให้ความร้อนคงที่ที่ 5 องศาเซลเซียสต่อวินาที และขนาดอนุภาคของกากทานตะวัน 0.224-0.425 มิลลิเมตร ปริมาณ 5 กรัม พบว่าที่อุณหภูมิสุดท้าย 550 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซไนโตรเจน 50 มิลลิลิตรต่อนาที ให้ปริมาณผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้สูงสุดเท่ากับร้อยละ 52.10 โดยน้ำหนัก เมื่อศึกษาทั่วไปของผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้ มีสูตรโมเลกุลอย่างง่ายคือ $\text{CH}_{1.68} \text{O}_{0.165} \text{N}_{0.059}$ อัตราส่วน H/C และ O/C เท่ากับ 1.68 และ 0.165 และค่าความร้อน 35.013 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม สามารถนำมาปรับปรุงให้เป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพได้

Haykiri-Acma, Yaman, และ Kucukbayrak (2006) ศึกษาอิทธิพลของอัตราการให้ความร้อนต่อกากเรพซิด (rapeseed) ที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ของเหลว โดยใช้วิธีศึกษาการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารโดยอาศัยคุณสมบัติทางความร้อน โดยให้อัตราการให้ความร้อนที่ 5, 10, 20, 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียสต่อนาที ใช้สารตัวอย่างกากเรพซิด 1.1, 2.2, 2.8, 5.2, 8.3 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อนาที ซึ่งมีขนาดอนุภาคน้อยกว่า 0.25 มิลลิเมตร โดยให้อัตราการไหลของแก๊สไนโตรเจน 40 มิลลิลิตรต่อนาที โดยใช้อุณหภูมิ พบว่าที่อัตราการให้ความร้อน 50 องศาเซลเซียสต่อนาที ที่อุณหภูมิสุดท้ายมากกว่า 900 องศาเซลเซียส ส่งผลให้เปลี่ยนชีวมวลไปเป็นผลิตภัณฑ์ของเหลวและก๊าซเพิ่มขึ้น

ที่อัตราการให้ความร้อนและอุณหภูมิสุดท้ายที่ต่ำกว่า การถ่ายเทความร้อนเข้าไปภายใน เพื่อเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ของเหลวและก๊าซน้อยกว่า จึงทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ของแข็งสูงกว่า ดังนั้น อุณหภูมิสุดท้ายจะแปรผันตามอัตราการให้ความร้อน ซึ่งส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้

Putun, Uzun, และ Putun. (2006) ได้ศึกษาการแยกสลายด้วยความร้อนของเมล็ดฝ้าย โดยศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิสุดท้ายที่ 400, 500, 550 และ 700 องศาเซลเซียส ตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ ร้อยละ 1, 5, 10 และ 20 ของน้ำหนักชีวมวล และอัตราการไหลของก๊าซไนโตรเจนที่ 50, 100, 200 และ 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต่อนาที่ในการแยกสลายด้วยความร้อนในเตาปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง โดยให้อัตราการให้ความร้อนที่ 7 องศาเซลเซียสต่อนาที่ และคงอุณหภูมิไว้ประมาณ 30 นาที่ หรือจนสังเกตได้ว่าไม่มีแก๊สถูกปล่อยออกมา พบว่าอุณหภูมิสุดท้ายที่มีผลในการแยกสลายด้วยความร้อนที่ 550 องศาเซลเซียส ให้ผลิตภัณฑ์ของเหลวร้อยละ 35.77 โดยใช้ร้อยละ 20 ของน้ำหนักชีวมวลของ ตัวเร่งปฏิกิริยา และใช้อัตราการไหลของแก๊สไนโตรเจน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที่ เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ของเหลว ได้สูตรโมเลกุลอย่างง่าย คือ $\text{CH}_{1.52} \text{N}_{0.16} \text{O}_{0.09}$ และ $\text{CH}_{1.49} \text{N}_{0.08} \text{C}_{0.12}$ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันปิโตรเลียม

Apaydin-Varol, Putun, และ Putun. (2007) ได้ศึกษาการแยกสลายด้วยความร้อนในเตาปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง ของเปลือกถั่ว pistachio โดยมีวัตถุประสงค์การศึกษาคือ อุณหภูมิที่ใช้ในการแยกสลายด้วยความร้อนที่ 300, 400, 500, 550 และ 700 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิสุดท้ายที่ใช้ในการแยกสลายด้วยความร้อน 500-550 องศาเซลเซียส ได้ผลิตภัณฑ์ของเหลวเพิ่มมากขึ้นร้อยละ 20.5 และพบว่าที่อุณหภูมิสุดท้ายที่ 550-700 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้ลดลง เมื่อศึกษาองค์ประกอบที่เป็นธาตุต่างๆ ในการผลิตถ่านน้ำมันชีวภาพ พบว่า น้ำมันชีวภาพมีปริมาณออกซิเจนที่ต่ำ และอัตราส่วน H/C ที่สูง เมื่อทำการเปรียบเทียบอัตราส่วน H/C ของผลิตภัณฑ์น้ำมันชีวภาพที่ได้จากการแยกสลายด้วยความร้อนจะคล้ายกับผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์น้ำมันชีวภาพที่ได้สามารถนำมาปรับปรุงเป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพได้

Grierson, Strezov, Ellem, McGregor, และ Herberson. (2009) ศึกษาค่าความร้อนของสาหร่ายแต่ละชนิด คือ *Tetraselmis chui*, *Chlorella like*, *vulgaris*, *Chaetacereous muelleri*, *Dunaliella tertiolecta* และ *Synechococcus* โดยการแยกสลายด้วยความร้อนแบบช้า ให้อัตราการให้ความร้อนคงที่ 10 องศาเซลเซียสต่อนาที่ พบว่าค่าความร้อนที่ได้ของสาหร่ายแต่ละชนิด มีค่าความร้อนโดยประมาณ 1 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ผลิตภัณฑ์ส่วนที่เป็นก๊าซ ค่าความร้อนของเผาไหม้อยู่ในช่วง 1.2-4.8 เมกะจูลต่อกิโลกรัม เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยก๊าซโครมาโทกราฟี (Gas Chromatography, GC) ผลิตภัณฑ์ส่วนที่เป็นของเหลวมีปริมาณมากที่สุด ร้อยละ 43 ที่ อุณหภูมิ

สุดท้าย 500 องศาเซลเซียส ของสาหร่ายชนิด *Tetraselmis ohwi* ผลิตภัณฑ์ส่วนที่เป็นของแข็งมากที่สุดร้อยละ 63 ที่อุณหภูมิสุดท้าย ของสาหร่าย *Dunaliella tertiolecta*

Wang และ Cao. (2009) ศึกษาการแยกสลายด้วยความร้อนของกากสับปะรด ภายใต้บรรยากาศของก๊าซเฉื่อยในเตาปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง อุณหภูมิสุดท้ายที่ศึกษาอยู่ระหว่าง 200-700 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซเฉื่อย 150-600 มิลลิลิตรต่อนาที พบว่าที่อุณหภูมิสุดท้ายที่ใช้ในการแยกสลายด้วยความร้อนของสับปะรด แบ่งได้เป็น 3 ช่วงอุณหภูมิช่วงแรกคือ 200-300 องศาเซลเซียส มีการสลายตัวของเฮมิเซลลูโลส แต่ยังไม่พบการสลาย แต่ยังไม่พบการสลายตัวของของเซลลูโลส ช่วงที่สองคือ ช่วงอุณหภูมิสุดท้าย 300-450 องศาเซลเซียส มีการสลายตัวของเฮมิเซลลูโลส (คือ สลายส่วนของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส ที่ยังคงเหลืออยู่) และยังมีการสลายตัวของลิกนินเล็กน้อย ช่วงอุณหภูมิสุดท้ายที่ 450-700 องศาเซลเซียส สลายลิกนินและเริ่มก่อตัวเป็นคาร์บอน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า สาหร่ายขนาดเล็กเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล อีกทั้งสาหร่ายยังสามารถบำบัดคุณภาพน้ำทั้งแหล่งน้ำธรรมชาติ บ่อบำบัดน้ำเสีย ตลอดจนน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมเกษตร จึงอาจมีความเป็นไปได้ในการนำสาหร่ายที่ใช้ผลิตน้ำมันไบโอดีเซลมาบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล ในส่วนของบ่อบำบัดบ่อสุดท้ายที่รองรับน้ำที่ผ่านการบำบัดทางเคมีและทางชีวภาพแล้ว

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

การศึกษานำสาหร่ายที่ผลิตน้ำมันไบโอดีเซลมาบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล ผู้ศึกษามีวิธีดำเนินการศึกษาโดยทำการศึกษาจากตัวอย่างน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล บริษัท ส.กนกการจัดการสิ่งแวดล้อม จำกัด ซึ่งใช้ตัวอย่างสาหร่ายที่สามารถผลิตไบโอดีเซลมา ศึกษาความเป็นไปได้ในการบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล ดังภาพที่ 3.1 – 3.2

3.1 พื้นที่ทำการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ใช้น้ำเสียบ่อสุดท้ายของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล ของ บริษัท ส.กนกการจัดการสิ่งแวดล้อม จำกัด

1. ข้อมูลทั่วไปของบริษัท

กิจการ	: อุตสาหกรรมรีไซเคิล
สถานที่ตั้ง	: 69 หมู่ที่ 1 ต.บ่อทอง อ.บ่อทอง จ.ชลบุรี
ขนาดโรงงาน	: 800 ตารางเมตร
กำลังการผลิต	: บรรจุภัณฑ์ล้างแล้ว 98 ตัน/ปี
ปริมาณการใช้น้ำ	: สูงสุดวันละ 100 ลูกบาศก์เมตร

2. ข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสีย

การรองรับน้ำ	: 250 ลูกบาศก์เมตร
ประเภทระบบบำบัด	: การบำบัดทางเคมีและชีวภาพ



ภาพที่ 3.1 ระบบบำบัดของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล



ภาพที่ 3.2 ตัวอย่างลักษณะน้ำเสียภายในโรงงาน

3.2 การศึกษาค้นคว้า และรวบรวมข้อมูล

3.2.1 การเก็บข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data)

เก็บข้อมูลในภาคสนาม โดยการเก็บตัวอย่างน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล บริษัท ส.กนกการจัดการสิ่งแวดล้อม จำกัด รวมถึงผลการทดลองและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ซึ่งได้แก่ ค่า pH ค่า DO และค่า COD ในระดับห้องปฏิบัติการเคมีของหน่วยงานภาครัฐ

3.2.2 การเก็บข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data)

รวบรวมและศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะน้ำเสียและระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน และศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสายพันธุ์ของสาหร่ายที่นำมาทดลอง ซึ่งทั้งนี้สาหร่ายดังกล่าวต้องเป็นสาหร่ายที่มีการศึกษาว่าสามารถผลิตไบโอดีเซลได้

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

- 3.3.1 ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ ชนิดพลาสติกขนาด 1,000 มิลลิลิตร
- 3.3.2 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง
- 3.3.3 เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนในน้ำ
- 3.3.4 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ค่าซีโอดี
- 3.3.5 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 3.3.6 หลอดทดลอง

3.4 ขั้นตอนและกระบวนการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆ ซึ่งมีรายละเอียดของการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนดังนี้

- 3.4.1 เก็บข้อมูลด้านน้ำเสีย และศึกษาถึงกระบวนการรีไซเคิลที่ก่อให้เกิดน้ำเสียของโรงงาน
- 3.4.2 การเตรียมน้ำเสียสำหรับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายที่นำมาผลิตไบโอดีเซล เพื่อใช้ในการทดลอง

1) เก็บตัวอย่างน้ำเสียบ่อสุดท้ายที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบบำบัดทางเคมีและชีวภาพของโรงงานซึ่งน้ำเสียดังกล่าวเป็นน้ำเสียเกิดจากทุกๆ กิจกรรมภายในโรงงานแล้วมารวบรวมไว้ที่บ่อรวมของโรงงานก่อน (Sump Sampling) จากนั้นจึงได้มีการบำบัดทางเคมีและชีวภาพแบบตะกอนเร่ง

2) นำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบบำบัดทางเคมีและชีวภาพของโรงงานที่เก็บมาเพื่อทำการทดลอง ทำการเขย่าให้เข้ากัน และทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนการทดลองดังนี้

ตารางที่ 3.1 วิธีวิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำ

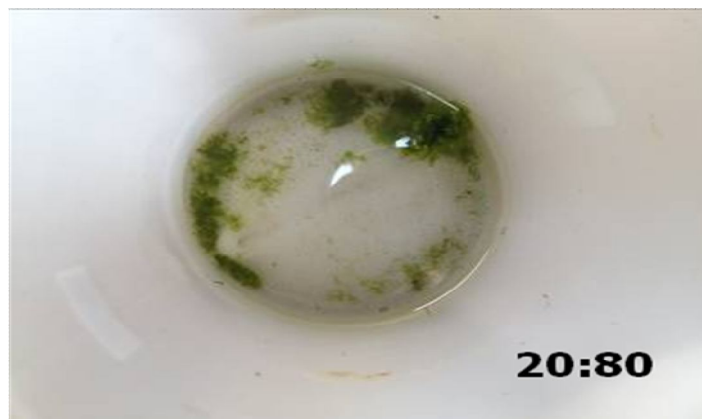
พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
พีเอช	Electrometric Method (pH Meter)
ปริมาณออกซิเจน	Electrometric Method (DO Meter)
ซีไอดี	Close Reflux Method

3.4.3 ศึกษาหาความเข้มข้นของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทางเคมีและชีวภาพของโรงงานที่เหมาะสมที่สาหร่ายสามารถบำบัดได้และยังคงสภาพสาหร่าย เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการบำบัดน้ำเสียในบ่อสุดท้ายของระบบบำบัดของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิลด้วยสาหร่ายที่ใช้ผลิตไบโอดีเซล

1) การทดลองส่วนนี้ได้นำตัวอย่างของงานวิจัยเรื่อง การใช้สาหร่าย *Phormidium* sp. ร่วมกับสาหร่าย *Spirulina platensis* ในการบำบัดน้ำเสียผ่านการบำบัดจากฟาร์มสุกร (สามารถพึงเจริญ, 2550 : 31) ศึกษาความเข้มข้นของน้ำเสียผ่านการบำบัดจากฟาร์มสุกรที่เหมาะสมที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย เป็นแนวทางในการทดลองหาความเข้มข้นของน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสาหร่าย และให้ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียได้ดีที่สุดในสภาวะแบบเปิดและไม่มีการใช้เครื่องเติมอากาศ โดยนำน้ำเสียในบ่อสุดท้ายของระบบบำบัดที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบบำบัดทางเคมีและชีวภาพของโรงงาน มาปรับความเข้มข้นต่างๆ กัน 7 ชุดการทดลอง และมีระดับความเข้มข้น ดังนี้ 0 เปอร์เซ็นต์, 20 เปอร์เซ็นต์, 40 เปอร์เซ็นต์, 50 เปอร์เซ็นต์, 60 เปอร์เซ็นต์, 80 เปอร์เซ็นต์ และ 100 เปอร์เซ็นต์ มาใส่ขวดทดลอง โดยใช้ปริมาณสาหร่ายเริ่มต้นที่ 0.1 กรัม/น้ำเสีย 100 มิลลิลิตร ตั้งไว้ในสภาวะแวดล้อมปกติไม่เติมอากาศและมีแสงแดด โดยกำหนดชุดทดลองดังภาพที่ 3.3 - 3.9



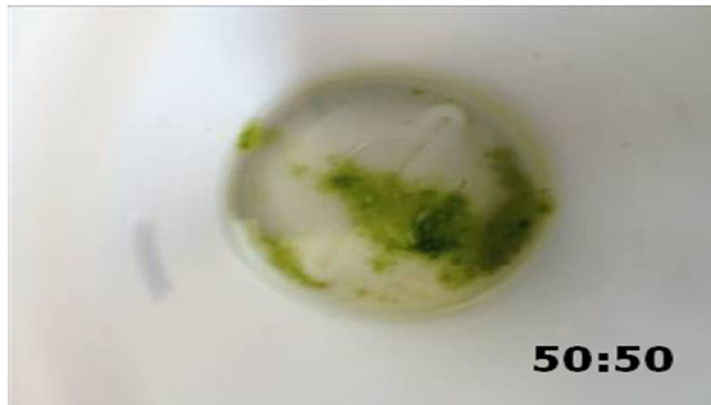
ภาพที่ 3.3 ชุดการทดลอง 1: ใช้น้ำเสีย: น้ำประปาเท่ากับ 0:100



ภาพที่ 3.4 ชุดการทดลอง 2: ใช้น้ำเสีย: น้ำประปาเท่ากับ 20:80



ภาพที่ 3.5 ชุดการทดลอง 3: ใช้น้ำเสีย: น้ำประปาเท่ากับ 40:60



ภาพที่ 3.6 ชุดการทดลอง 4: ใช้น้ำเสียบ: น้ำประปาเท่ากับ 50:50



ภาพที่ 3.7 ชุดการทดลอง 5: ใช้น้ำเสียบ: น้ำประปาเท่ากับ 60:40



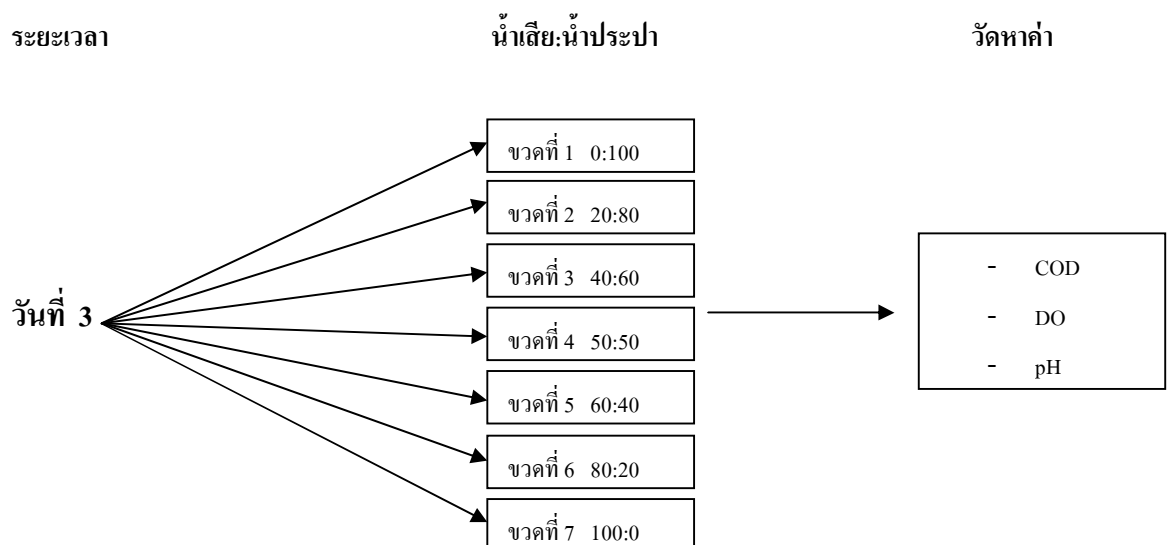
ภาพที่ 3.8 ชุดการทดลอง 6: ใช้น้ำเสียบ: น้ำประปาเท่ากับ 80:20

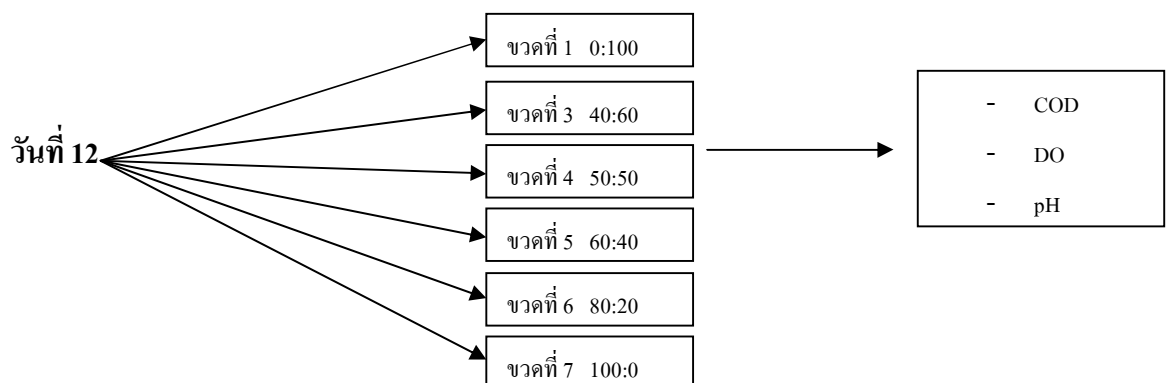
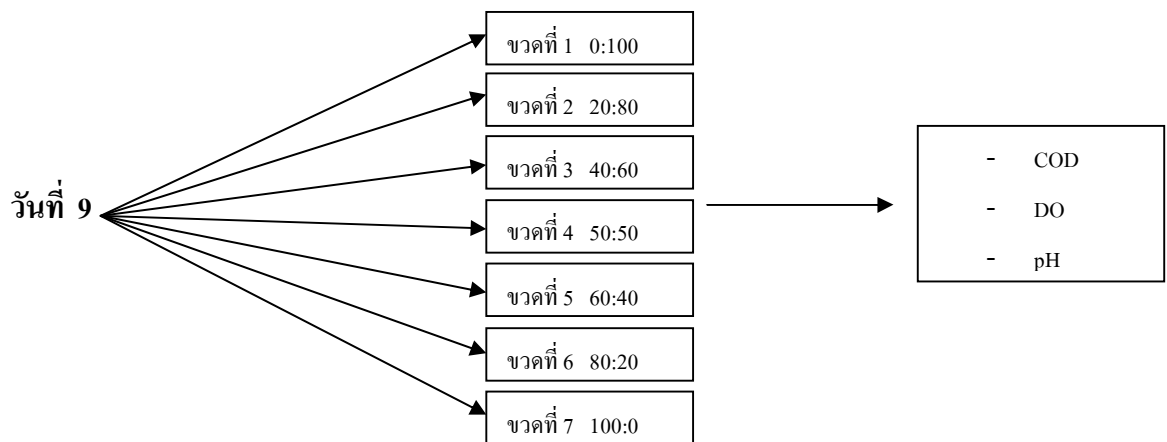
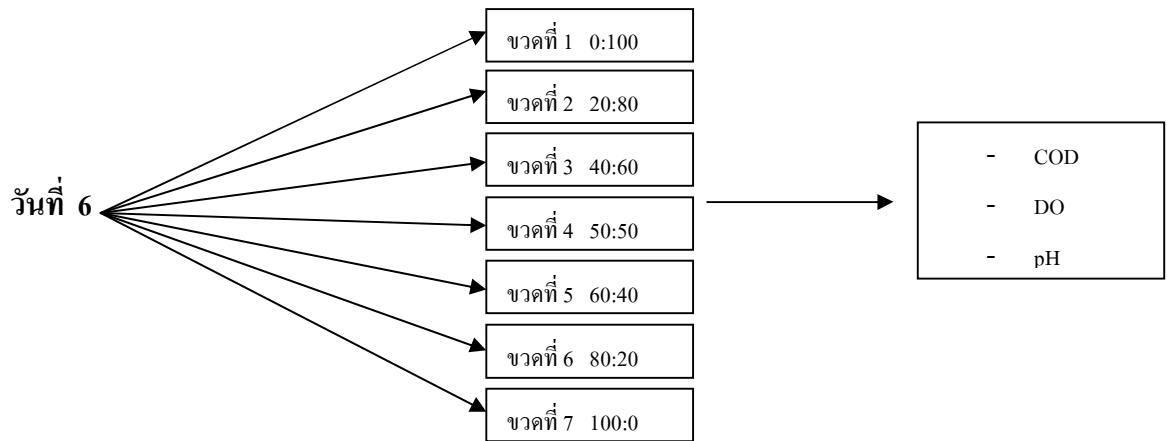


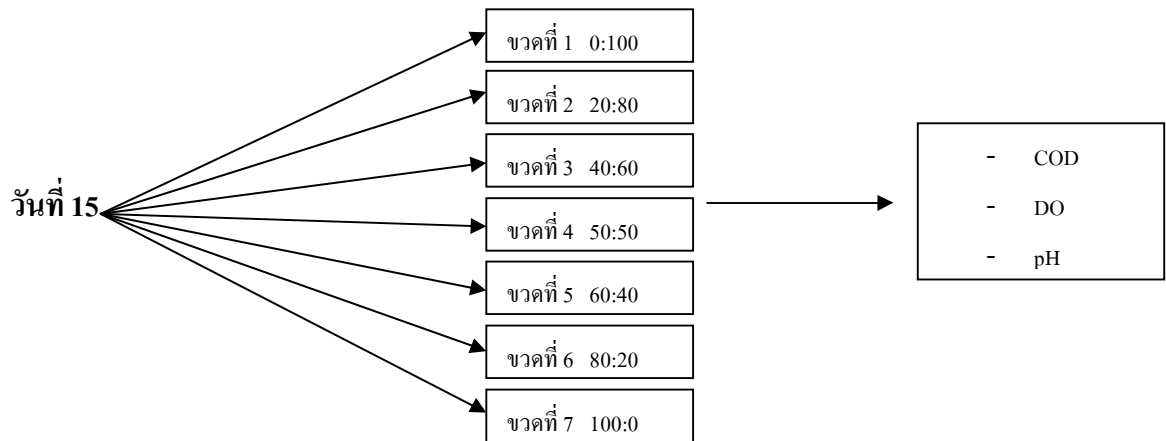
ภาพที่ 3.9 ชุดการทดลอง 7: ใช้น้ำเสีย: น้ำประปาเท่ากับ 100:0

ทำการวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Design) โดยกำหนดให้มีจำนวน 2 ซ้ำ (2 Replications) ต่อหน่วยทดลอง ซึ่งมีระยะเวลาการศึกษา 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน ส่วนปริมาณน้ำเสียใช้อัตราส่วนน้ำเสียต่อน้ำประปาเท่ากับ 0:100, 20:80, 40:60, 50:50, 60:40, 80:20 และ 100:0 ดังนั้นการทดลองนี้จึงเป็นแฟคทอเรียลแบบ 5 X 7 ดังภาพที่ 3.10

แผนภาพขั้นตอนการทดลอง







ภาพที่ 3.10 แผนการทดลองแบบ 5 X 7 Factorial Arrangement (2 ซ้ำ)

2) ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำก่อนเริ่มการทดลองและทุก 3 วัน หลังการทดลองเป็นเวลา 15 วัน โดยนำตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์ค่า pH, ค่า DO และค่า COD ดังภาพที่ 3.11 – 3.12



ภาพที่ 3.11 ชุดการทดลองทั้ง 7 ชุด



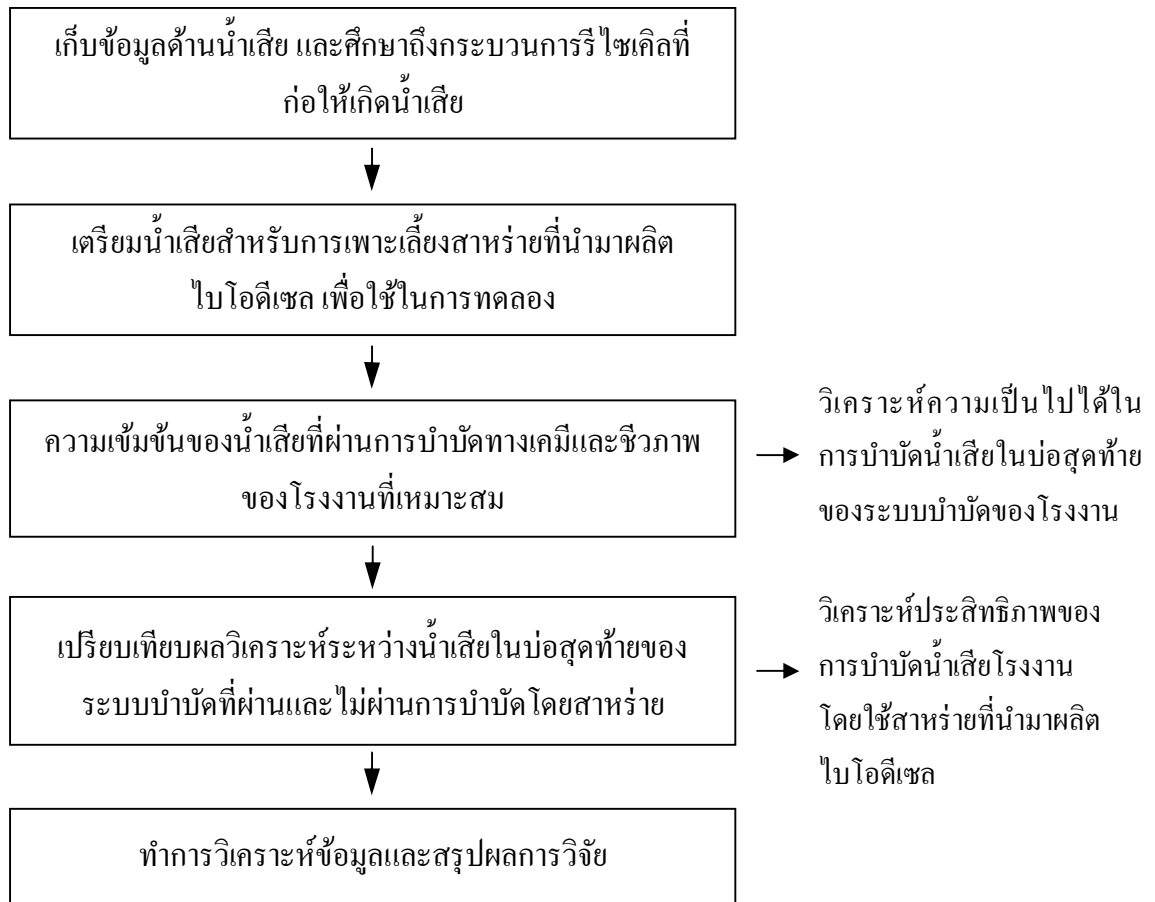
ภาพที่ 3.12 การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์

3.4.4 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียของโรงงาน จากการเปรียบเทียบค่า COD และการเพิ่มค่า DO ระหว่างน้ำเสียในบ่อสุดท้ายของระบบบำบัดที่ไม่ผ่านการบำบัดโดยสาหร่าย และน้ำเสียในบ่อสุดท้ายของระบบบำบัดที่ผ่านการบำบัดโดยสาหร่าย

3.4.5 สรุปผลการทดลอง

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาความเป็นไปได้ในการบำบัดน้ำเสียของสาหร่ายในบ่อสุดท้ายของระบบบำบัดที่ผ่านการบำบัดทางเคมีและชีวภาพของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล และศึกษาหาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิลโดยใช้สาหร่ายที่นำมาผลิตไบโอดีเซลเมื่อทำการทดลองเป็นไปตามขั้นตอนการศึกษาแล้ว นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และร้อยละ เพื่อสรุปหาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำจากโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล ดังภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.13 แผนผังแสดงขั้นตอนในการศึกษา

บทที่ 4

ผลการศึกษา

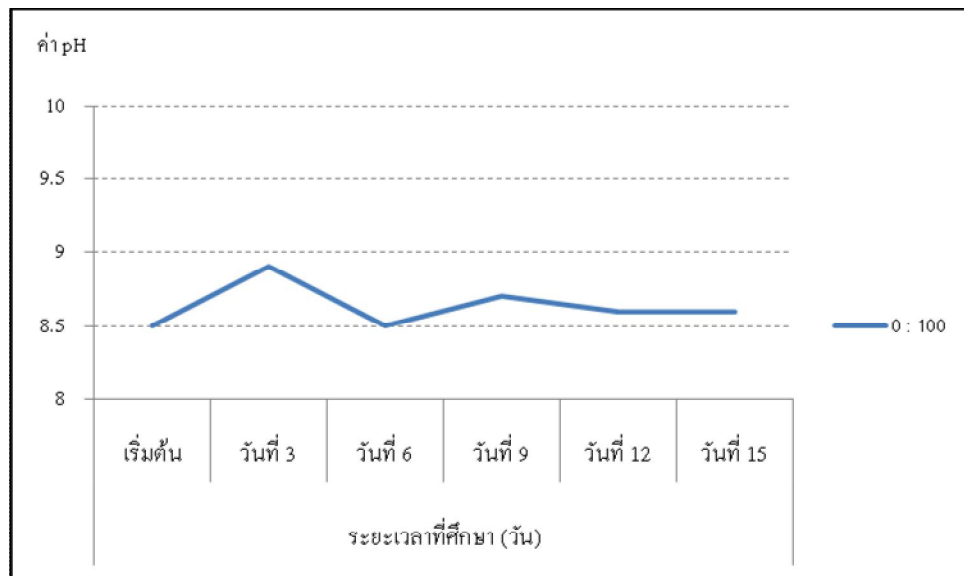
การศึกษานำสาหร่ายที่ผลิตน้ำมันไบโอดีเซลมาบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาแล้วเสร็จตามขั้นตอนการศึกษาที่กล่าวไว้ โดยผลการศึกษา มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ผลการเปรียบเทียบค่า pH, DO และ COD ตามระยะเวลาที่ศึกษา

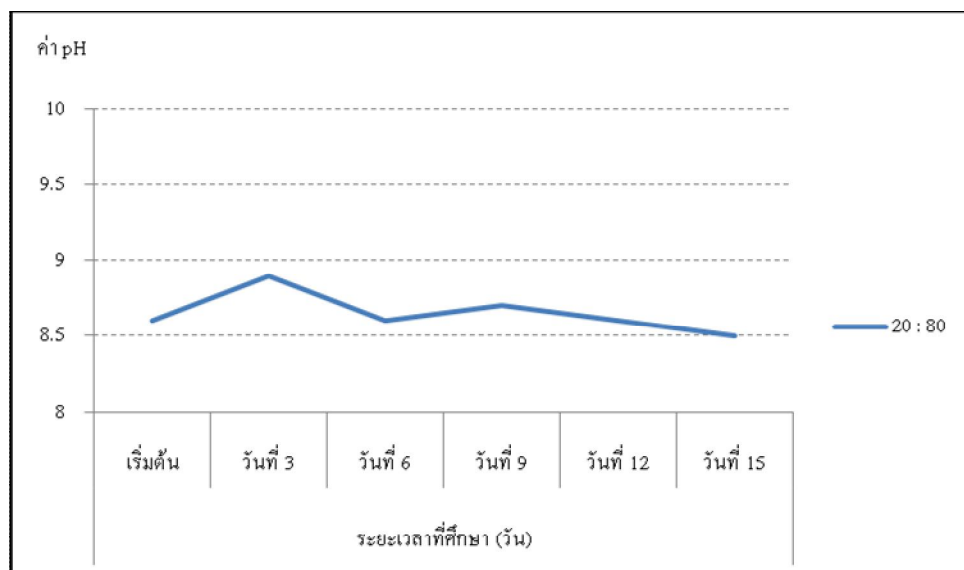
จากการทดลองนำสาหร่ายที่สามารถผลิตไบโอดีเซลมาเลี้ยงในตัวอย่างน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล บริษัท ส.กนกการจัดการสิ่งแวดล้อม จำกัด เป็นระยะเวลา 15 วัน โดยสามารถแสดงผลการทดลองตามระยะเวลาที่ศึกษาได้ดังตารางที่ 4.1-4.3 และภาพที่ 4.1-4.27

ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาค่า pH ของน้ำตามระยะเวลาที่ศึกษา

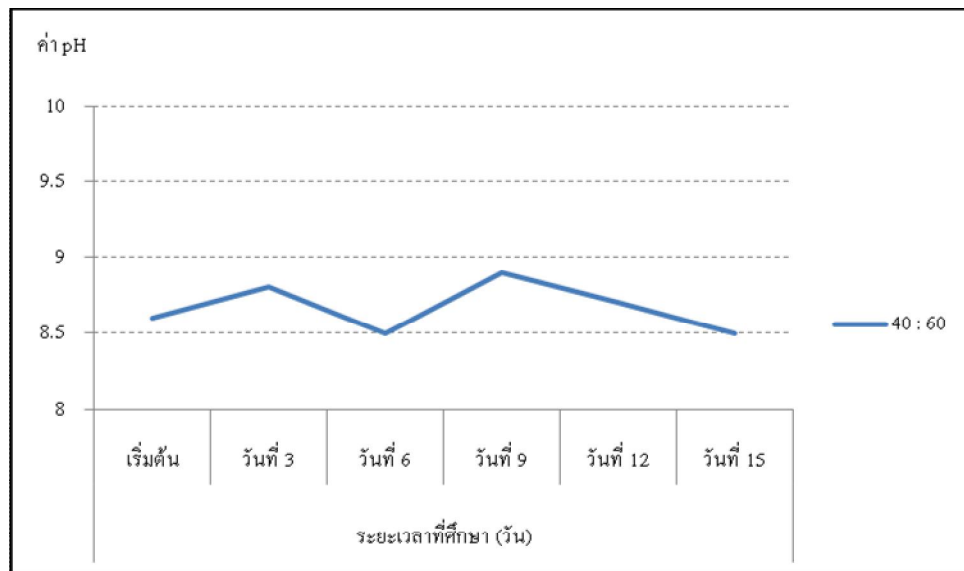
อัตราส่วน น้ำเสีย:น้ำประปา	ระยะเวลาที่ศึกษา (วัน)					
	เริ่มต้น	วันที่ 3	วันที่ 6	วันที่ 9	วันที่ 12	วันที่ 15
0 : 100	8.5	8.9	8.5	8.7	8.6	8.6
20 : 80	8.6	8.9	8.6	8.7	8.6	8.5
40 : 60	8.6	8.8	8.5	8.9	8.7	8.5
50 : 50	8.7	8.7	8.6	8.9	8.9	8.5
60 : 40	8.7	8.7	8.7	9.6	9.5	8.6
80 : 20	8.8	8.6	8.7	9.8	9.6	8.6
100 : 0	8.8	8.6	8.5	9.2	9.2	8.6



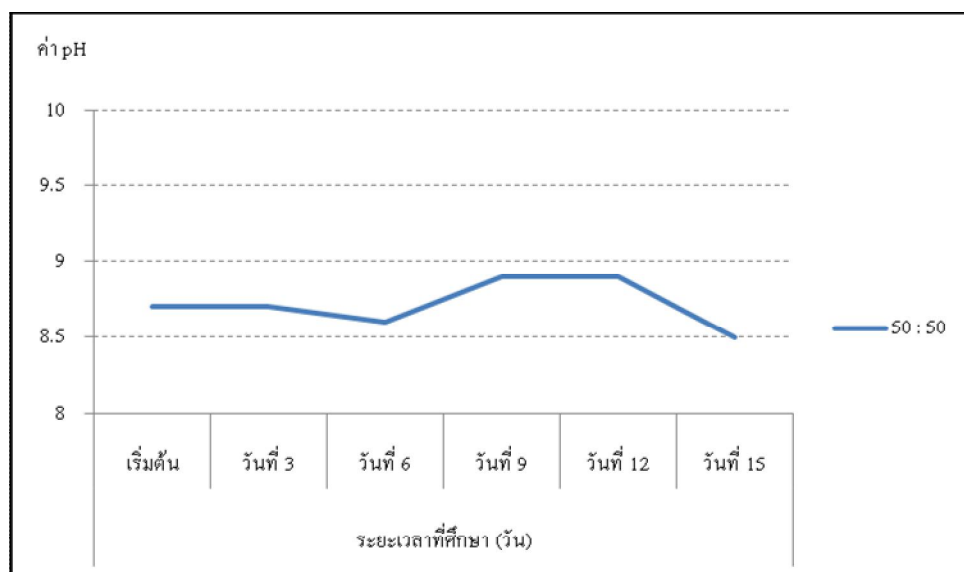
ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงค่า pH ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในอัตราส่วน 0:100 ตามระยะเวลาที่ศึกษา



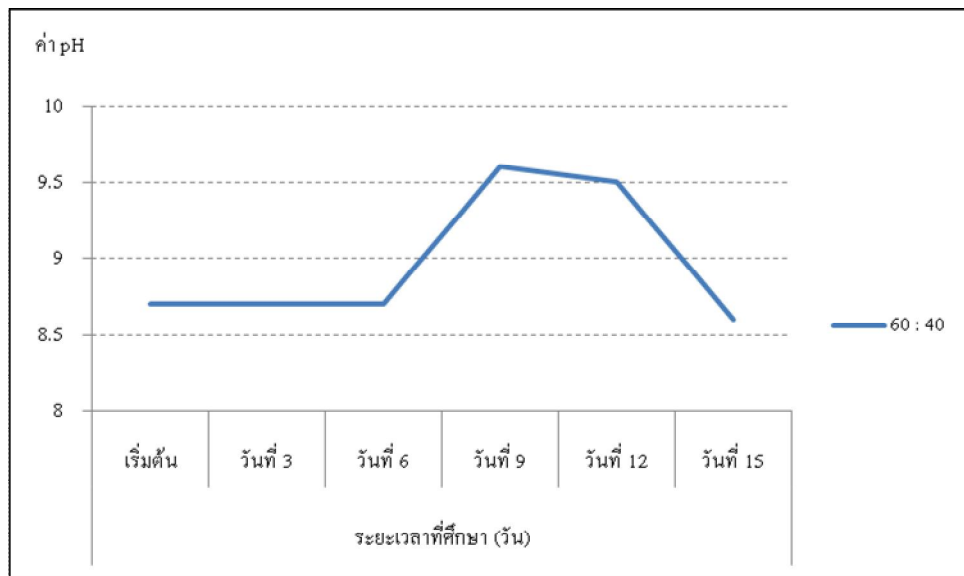
ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงค่า pH ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในอัตราส่วน 20:80 ตามระยะเวลาที่ศึกษา



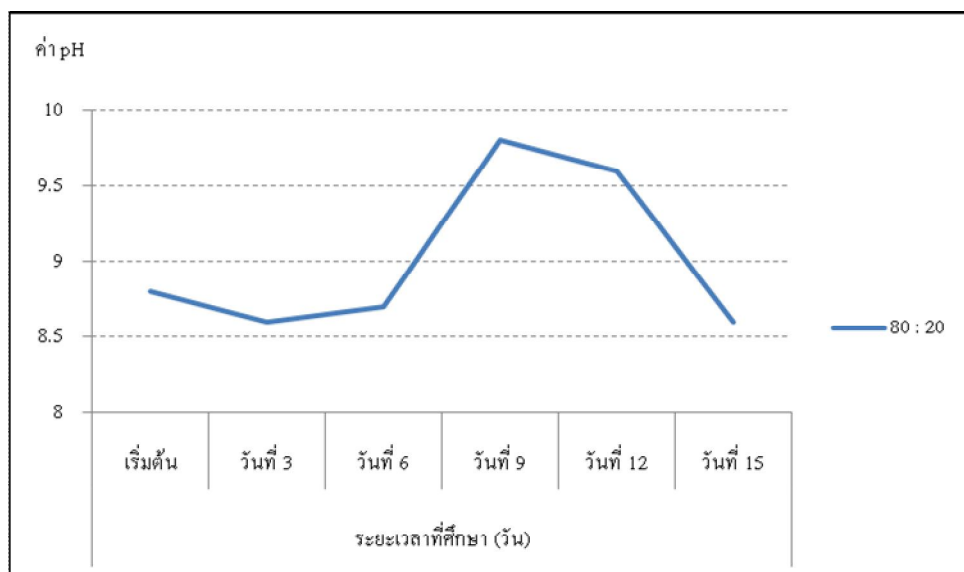
ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงค่า pH ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในอัตราส่วน 40:60 ตามระยะเวลาที่ศึกษา



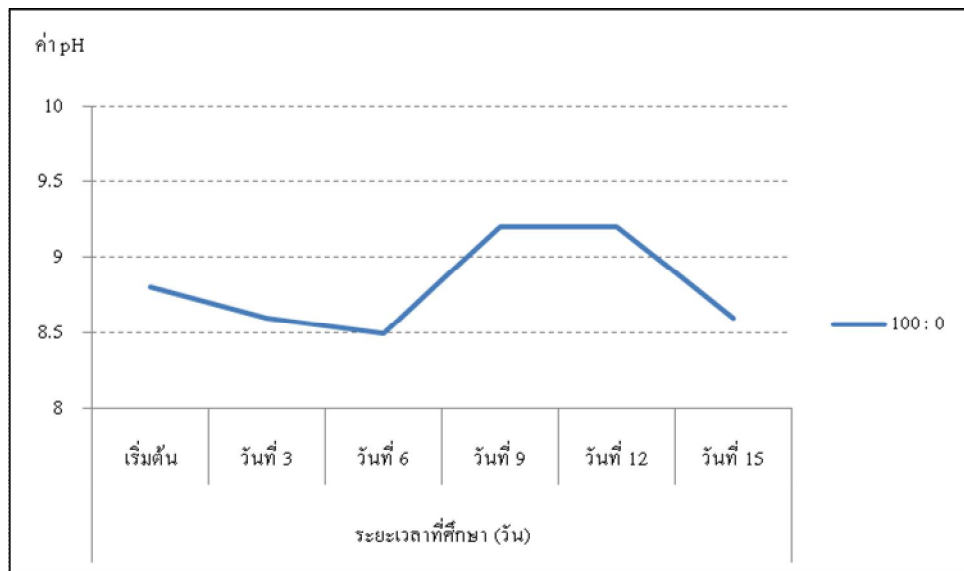
ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงค่า pH ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในอัตราส่วน 50:50 ตามระยะเวลาที่ศึกษา



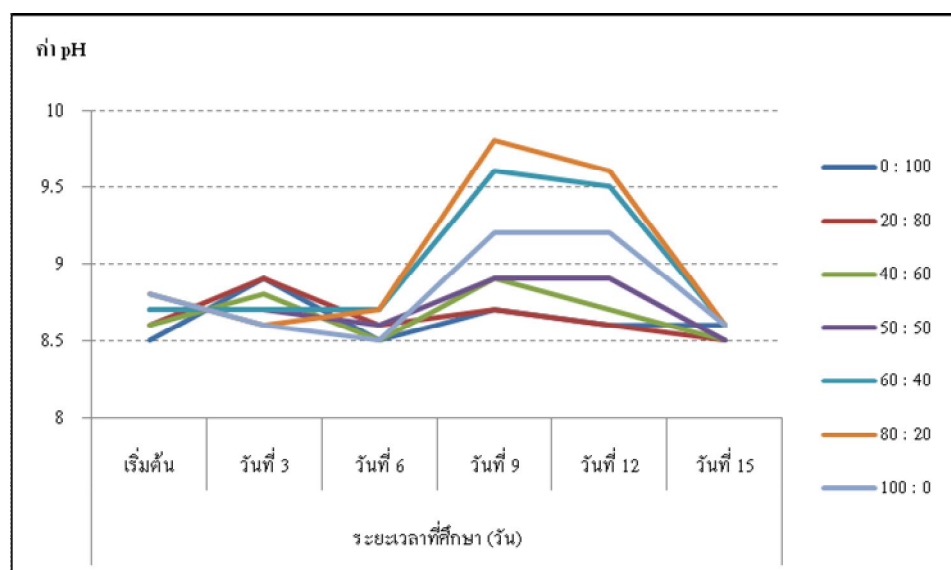
ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงค่า pH ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในอัตราส่วน 60:40 ตามระยะเวลาที่ศึกษา



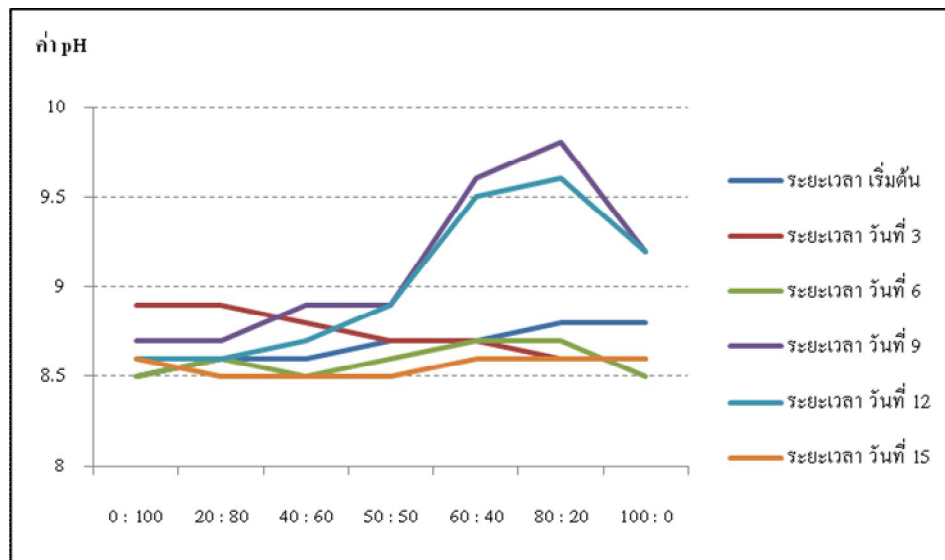
ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงค่า pH ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในอัตราส่วน 80:20 ตามระยะเวลาที่ศึกษา



ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงค่า pH ของน้ำเสียน้ำประปา ในอัตราส่วน 100:0 ตามระยะเวลาที่ศึกษา



ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า pH ของน้ำเสียน้ำประปา ในอัตราส่วนต่างๆ ตามระยะเวลาที่ศึกษา



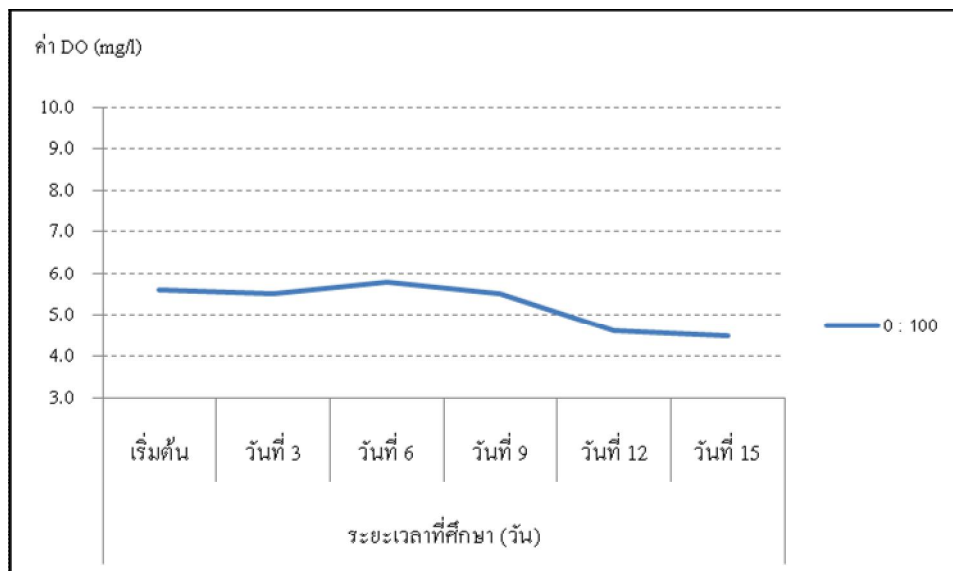
ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า pH ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในระยะเวลาต่างๆ ตามอัตราส่วน

จากตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1-4.9 พบว่า ค่าเป็นความกรด-ด่างของน้ำเสียที่มีการเลี้ยงสาหร่ายในอัตราส่วนของน้ำเสียและน้ำประปาที่ต่างกัน มีผลการเปลี่ยนแปลงช่วงของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่แคบมากแสดงให้เห็นว่า อัตราส่วนน้ำเสียและน้ำประปาที่เปลี่ยนแปลงไปไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH มากนัก เมื่อทำการทดสอบค่าความแตกต่างโดยใช้สถิติ ANOVA โดยจำแนกตามอัตราส่วนและตามระยะเวลาบำบัด พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่ออัตราส่วนน้ำเสียต่อน้ำประปาเปลี่ยนไป แต่ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำเสีย:น้ำประปาในระยะเวลาบำบัดต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยระยะเวลาดำเนินการที่แตกต่างกัน คือ ระยะเวลาเริ่มต้น กับ ระยะเวลาวันที่ 9, ระยะเวลาเริ่มต้น กับ ระยะเวลาวันที่ 12, ระยะเวลาวันที่ 3 กับ ระยะเวลาวันที่ 9, ระยะเวลาวันที่ 6 กับ ระยะเวลาวันที่ 9, ระยะเวลาวันที่ 6 กับ ระยะเวลาวันที่ 12, ระยะเวลาวันที่ 9 กับ ระยะเวลาวันที่ 15 และ ระยะเวลาวันที่ 12 กับ ระยะเวลาวันที่ 15 (ภาคผนวก จ. ตารางที่ ก.4) อาจสามารถกล่าวได้ว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างเปลี่ยนแปลงไปเมื่อระยะเวลาการบำบัดเปลี่ยนแปลงไป อาจมีผลมาจากสภาวะแวดล้อมในแต่ละเวลาที่ศึกษาเปลี่ยนแปลงไป

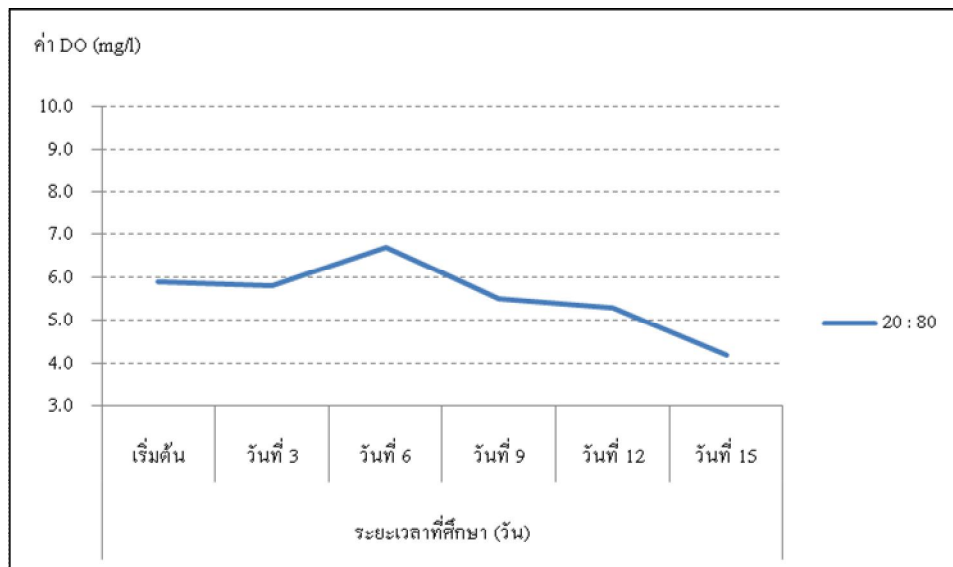
ตารางที่ 4.2 ผลการศึกษาค่า DO ของน้ำตามระยะเวลาที่ศึกษา

(หน่วย mg/l)

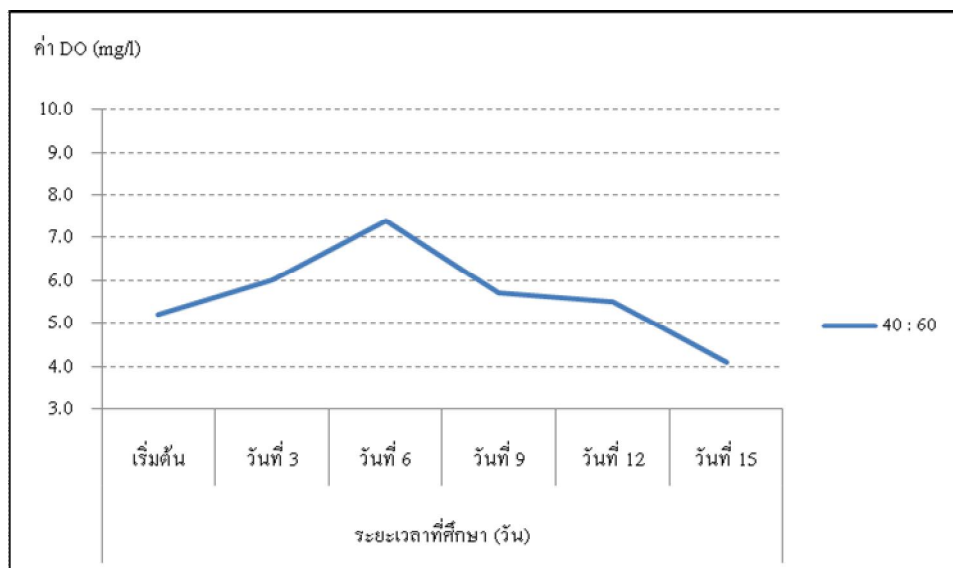
อัตราส่วน น้ำเสีย:น้ำประปา	ระยะเวลาที่ศึกษา (วัน)					
	เริ่มต้น	วันที่ 3	วันที่ 6	วันที่ 9	วันที่ 12	วันที่ 15
0 : 100	5.6	5.5	5.8	5.5	4.6	4.5
20 : 80	5.9	5.8	6.7	5.5	5.3	4.2
40 : 60	5.2	6.0	7.4	5.7	5.5	4.1
50 : 50	5.0	6.5	8.1	6.3	5.8	4.5
60 : 40	5.3	7.8	9.7	6.8	6.1	4.6
80 : 20	5.0	7.1	9.0	6.9	6.7	4.9
100 : 0	4.5	6.7	9.2	7.1	6.7	5.6



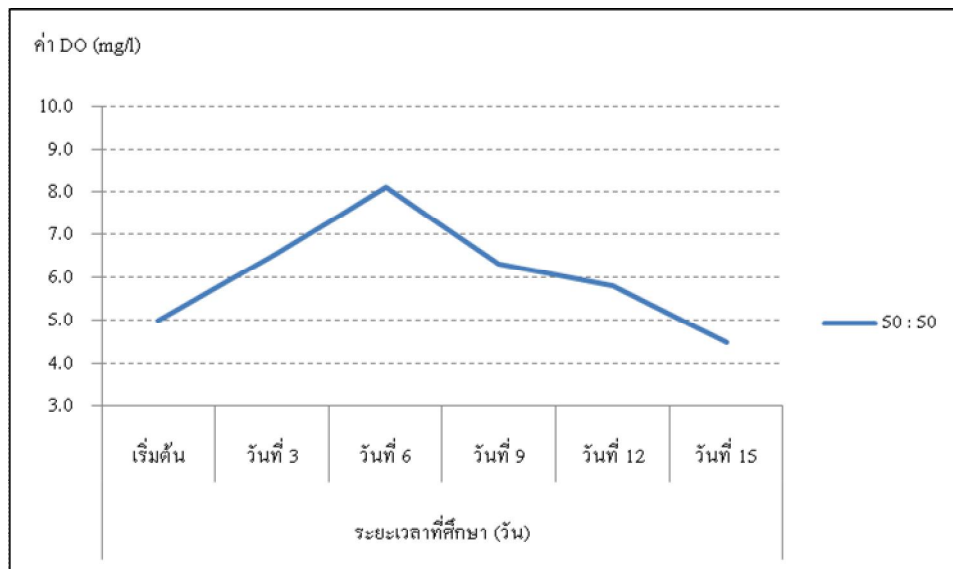
ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงค่า DO ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในอัตราส่วน 0:100 ตามระยะเวลาที่ศึกษา



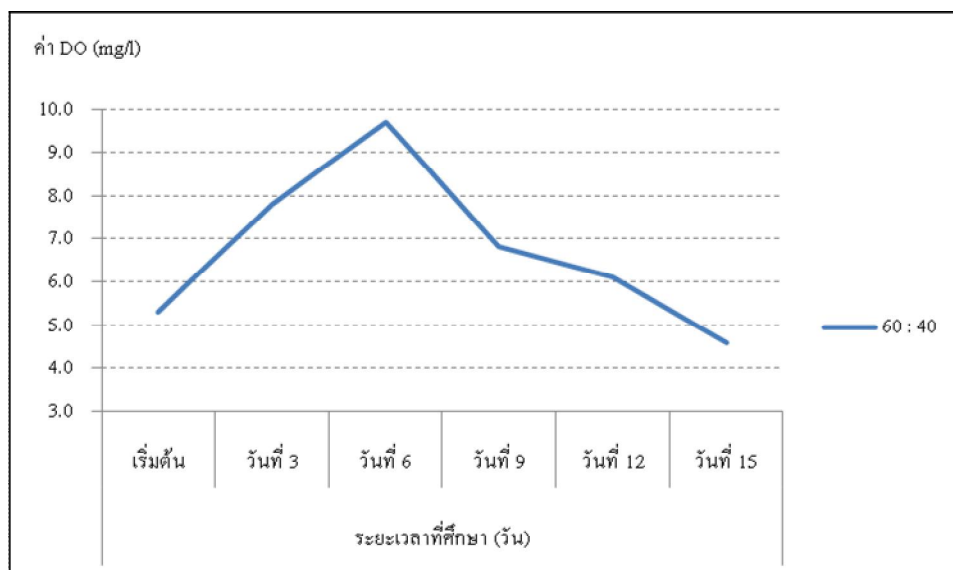
ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงค่า DO ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในอัตราส่วน 20:80 ตามระยะเวลาที่ศึกษา



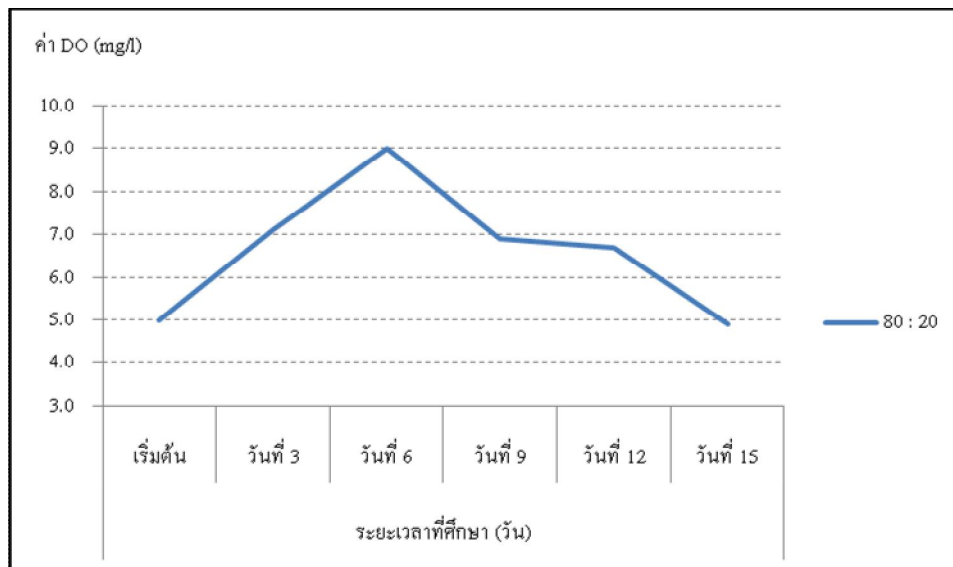
ภาพที่ 4.12 กราฟแสดงค่า DO ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในอัตราส่วน 40:60 ตามระยะเวลาที่ศึกษา



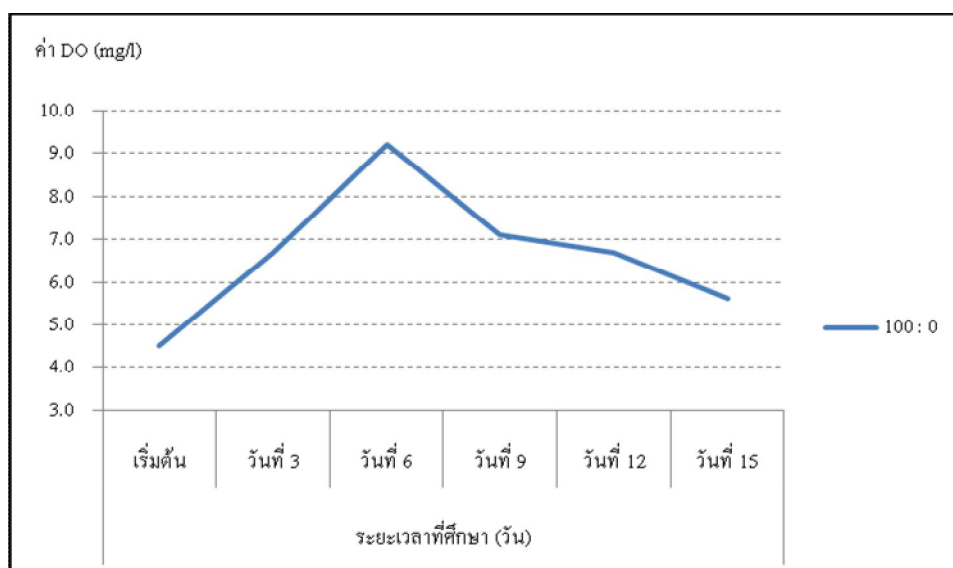
ภาพที่ 4.13 กราฟแสดงค่า DO ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในอัตราส่วน 50:50 ตามระยะเวลาที่ศึกษา



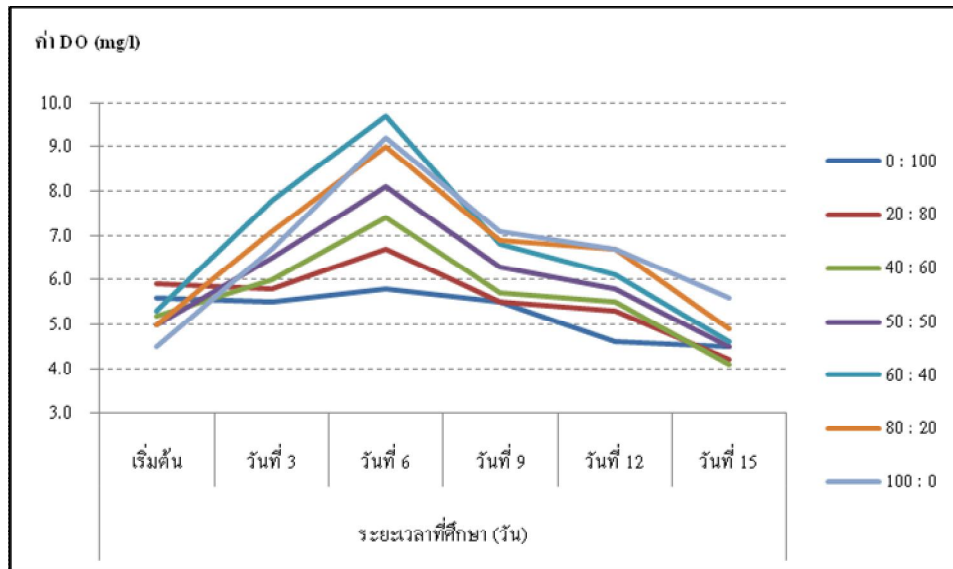
ภาพที่ 4.14 กราฟแสดงค่า DO ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในอัตราส่วน 60:40 ตามระยะเวลาที่ศึกษา



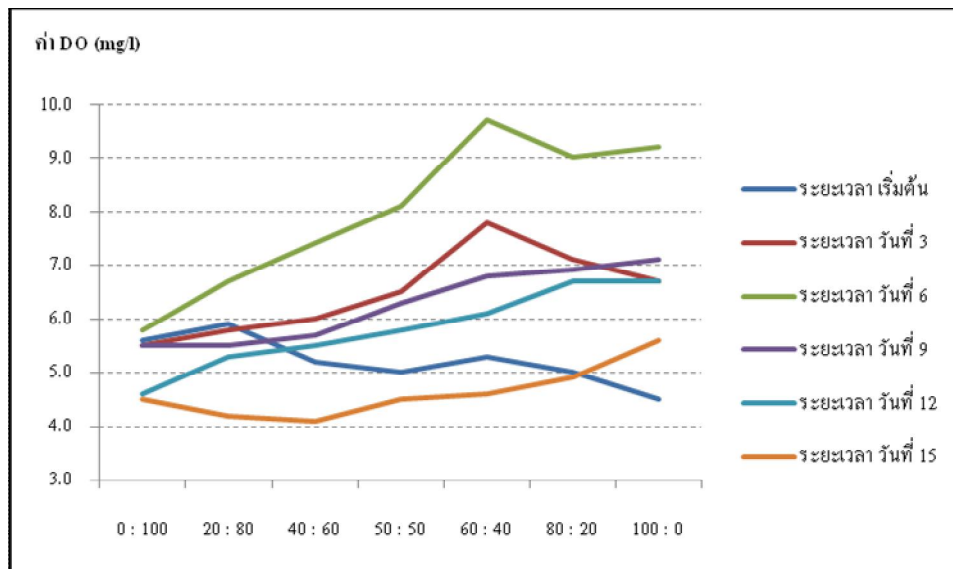
ภาพที่ 4.15 กราฟแสดงค่า DO ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในอัตราส่วน 80:20 ตามระยะเวลาที่ศึกษา



ภาพที่ 4.16 กราฟแสดงค่า DO ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในอัตราส่วน 100:0 ตามระยะเวลาที่ศึกษา



ภาพที่ 4.17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า DO ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในอัตราส่วน ต่างๆ ตามระยะเวลาที่ศึกษา



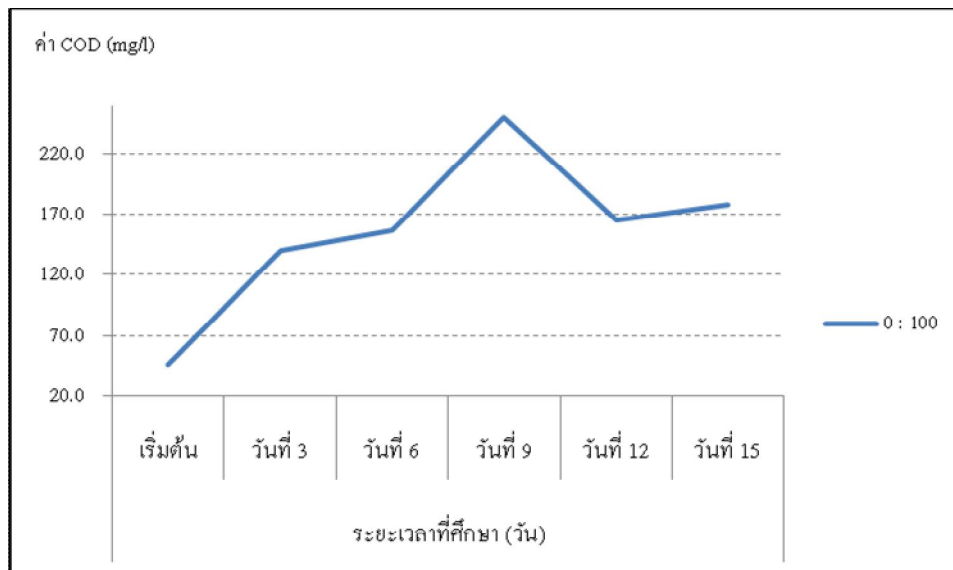
ภาพที่ 4.18 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า DO ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในระยะเวลาต่างๆ ตามอัตราส่วน

จากตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.10-4.18 พบว่าค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen) ของน้ำเสียมีความแตกต่างกันเล็กน้อย โดยน้ำประปาเริ่มต้นมีค่า DO ประมาณ 5.6 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำเสียที่เก็บมาจากโรงงานมีค่า DO ประมาณ 4.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อมีการเติมสาหร่ายในปริมาณที่เท่ากันในทุกหน่วยการทดลอง พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าลดลงในช่วงแรก แล้วจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังจากนั้นแล้ว ในวันที่ 3-6 ของการเลี้ยงสาหร่าย จากนั้นค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำมีแนวโน้มลดลงในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่า ในช่วงเวลาเริ่มต้นที่ 3-6 วันปริมาณสาหร่ายมีการเจริญเติบโตมากขึ้น ซึ่งน่าจะมีการสังเคราะห์แสงที่มากขึ้นทำให้ปริมาณออกซิเจนเพิ่มขึ้นในช่วงแรก แต่หลังจากนั้นแนวโน้มของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลงอาจมีผลมาจากปริมาณสารอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายมีปริมาณน้อยลง โดยพบว่าอัตราส่วนของน้ำเสียต่อน้ำประปาที่ 60:40 ในช่วงเวลา 6 วันหลังจากเลี้ยงสาหร่ายพบว่ามีค่า DO สูงถึง 9.7 มิลลิกรัมต่อลิตร และที่อัตราส่วนของน้ำเสียที่ 40:60 ในช่วงเวลา 15 วันหลังจากเลี้ยงสาหร่ายพบว่ามีค่า DO ต่ำลงถึง 4.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อทดสอบทางสถิติโดยใช้ ANOVA พบว่า ค่า DO ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่ออัตราส่วนของน้ำเสีย:น้ำประปา เปลี่ยนแปลงไป และค่า DO ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อระยะเวลาการบำบัดเปลี่ยนแปลงไป

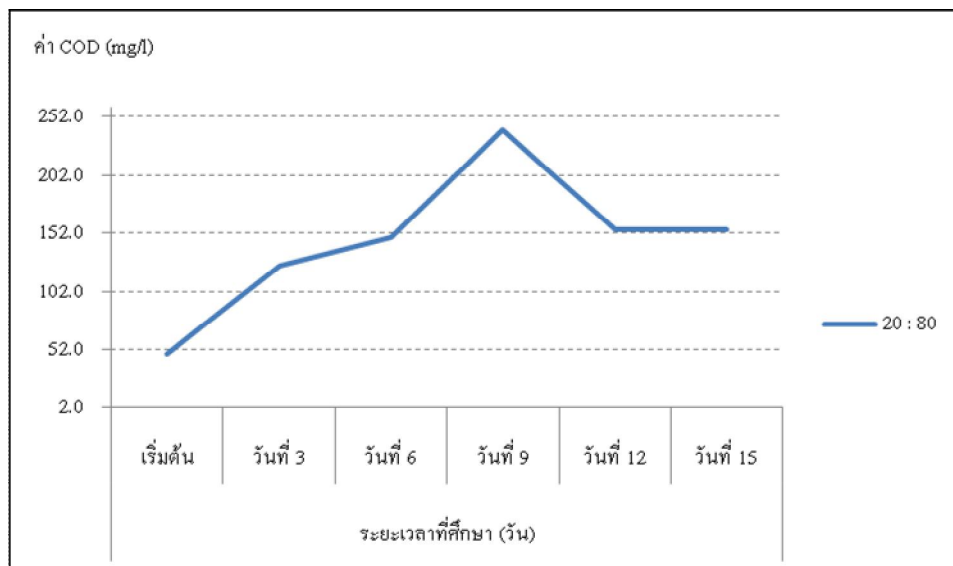
ตารางที่ 4.3 ผลการศึกษาค่า COD ของน้ำตามระยะเวลาที่ศึกษา

(หน่วย mg/l)

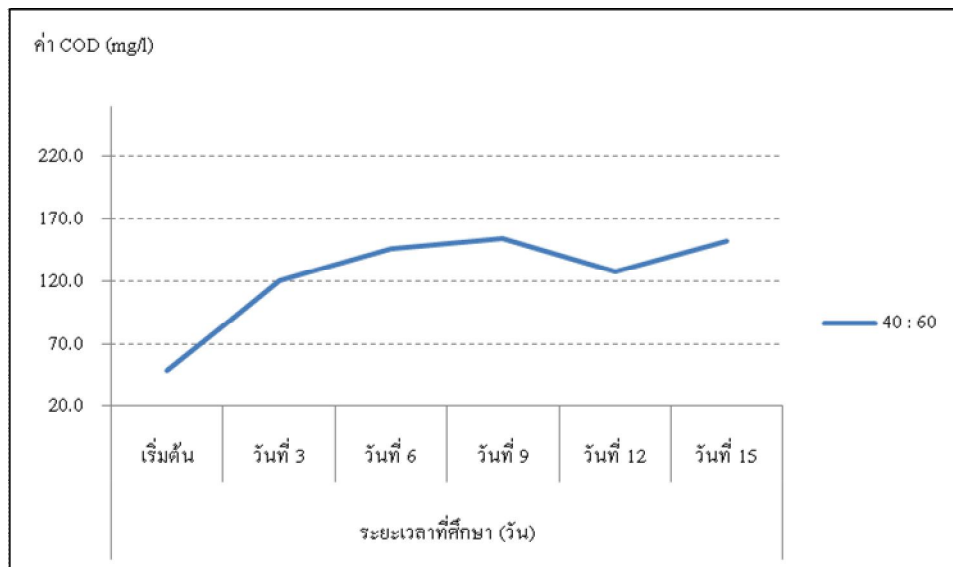
อัตราส่วน น้ำเสีย:น้ำประปา	ระยะเวลาที่ศึกษา (วัน)					
	เริ่มต้น	วันที่ 3	วันที่ 6	วันที่ 9	วันที่ 12	วันที่ 15
0 : 100	45.5	140.2	156.5	250.2	165.4	178.1
20 : 80	48.2	124.5	148.2	241.2	154.5	154.5
40 : 60	48.5	120.2	145.5	154.5	127.2	152.1
50 : 50	48.5	100.5	122.2	125.5	121.0	145.2
60 : 40	49.5	90.5	120.4	122.1	118.5	121.1
80 : 20	60.3	80.5	111.5	110.5	110.2	120.0
100 : 0	60.5	72.6	100.6	89.5	98.5	110.8



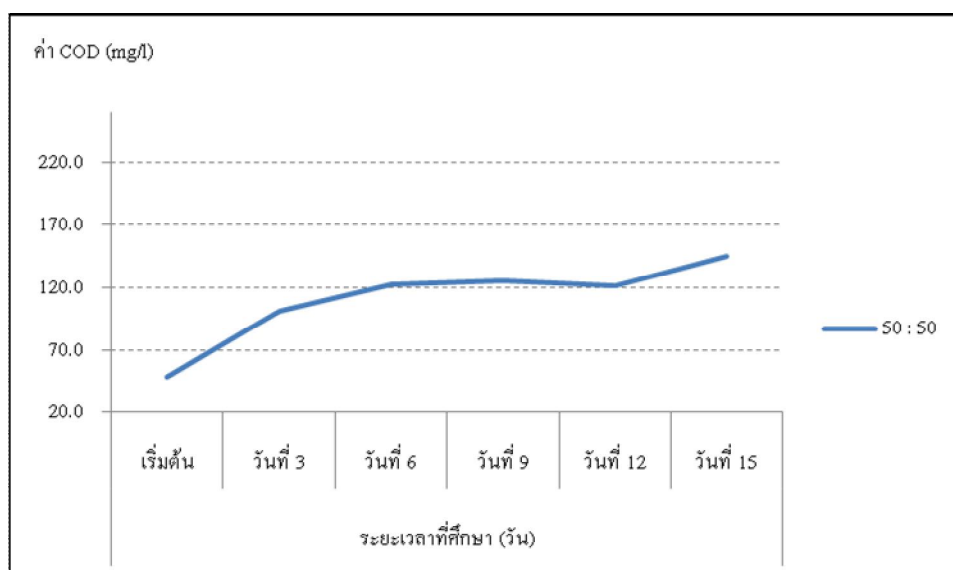
ภาพที่ 4.19 กราฟแสดงค่า COD ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในอัตราส่วน 0:100 ตามระยะเวลาที่ศึกษา



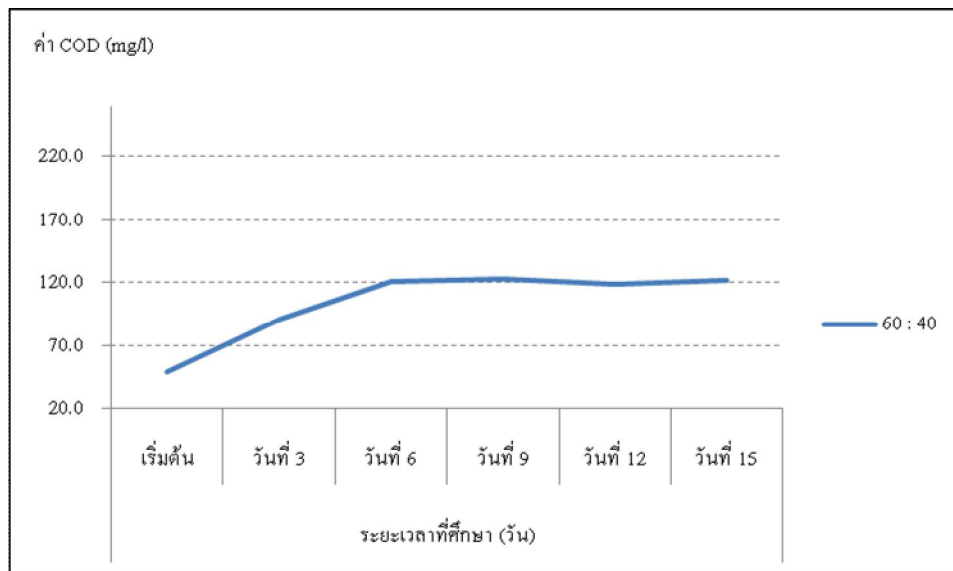
ภาพที่ 4.20 กราฟแสดงค่า COD ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในอัตราส่วน 20:80 ตามระยะเวลาที่ศึกษา



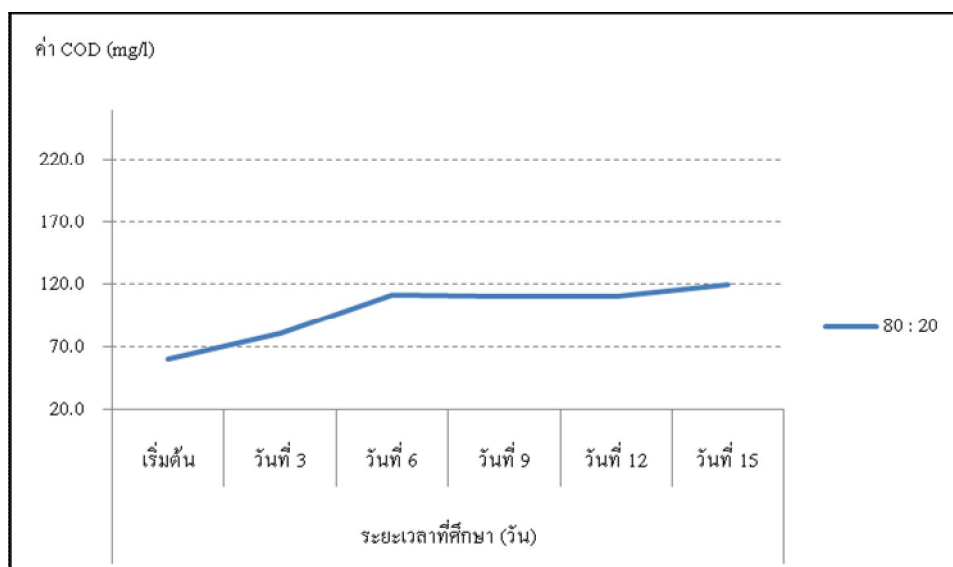
ภาพที่ 4.21 กราฟแสดงค่า COD ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในอัตราส่วน 40:60 ตามระยะเวลาที่ศึกษา



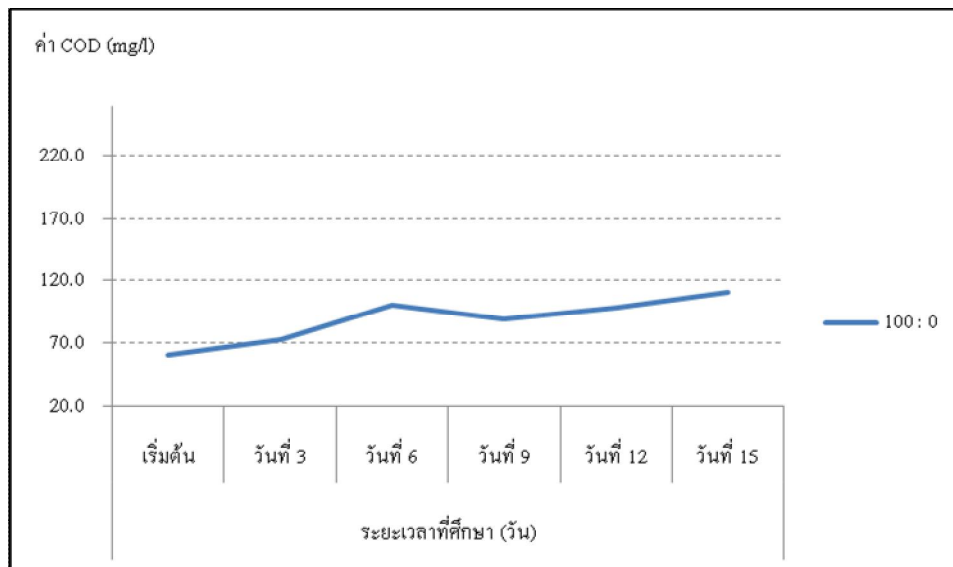
ภาพที่ 4.22 กราฟแสดงค่า COD ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในอัตราส่วน 50:50 ตามระยะเวลาที่ศึกษา



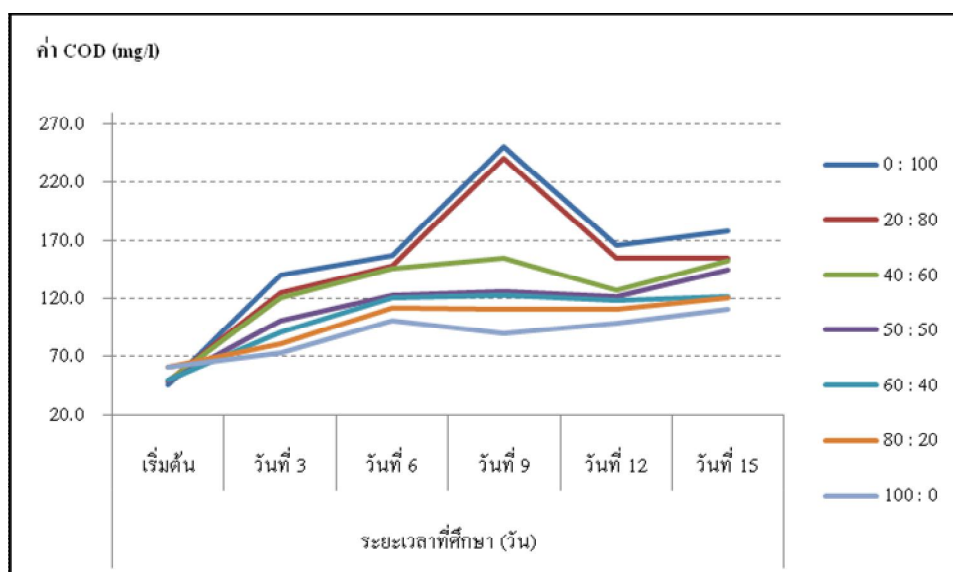
ภาพที่ 4.23 กราฟแสดงค่า COD ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในอัตราส่วน 60:40 ตามระยะเวลาที่ศึกษา



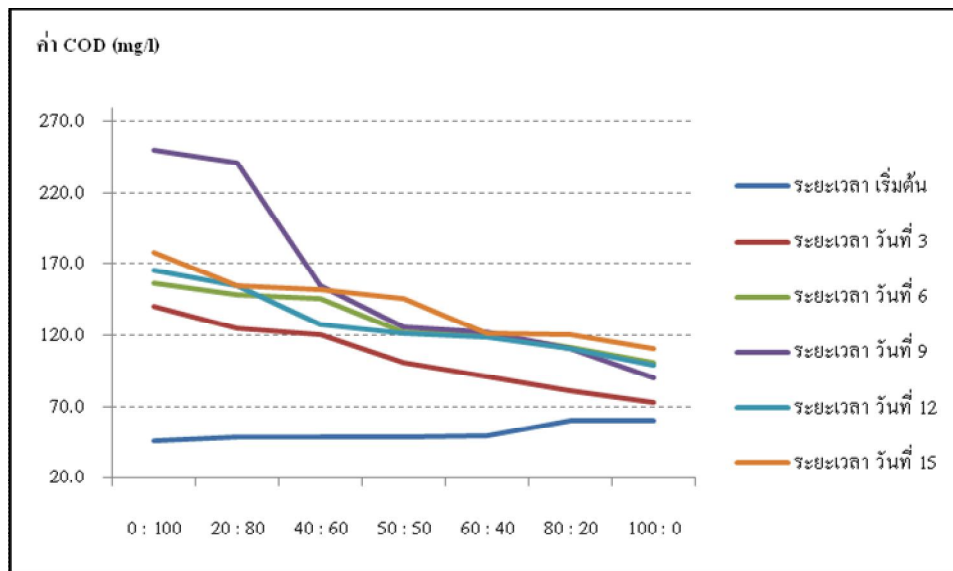
ภาพที่ 4.24 กราฟแสดงค่า COD ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในอัตราส่วน 80:20 ตามระยะเวลาที่ศึกษา



ภาพที่ 4.25 กราฟแสดงค่า COD ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในอัตราส่วน 100:0 ตามระยะเวลาที่ศึกษา



ภาพที่ 4.26 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า COD ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในอัตราส่วนต่างๆ ตามระยะเวลาที่ศึกษา



ภาพที่ 4.27 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า COD ของน้ำเสีย:น้ำประปา ในระยะเวลาต่างๆ ตามอัตราส่วน

จากตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.19-4.27 พบว่า ปริมาณของค่าความสกปรกในรูปของค่า COD มีค่าลดลงเมื่ออัตราส่วนของน้ำเสียที่มาจากโรงงานที่มากขึ้น แสดงให้เห็นว่า ปริมาณสารอินทรีย์ที่วัดค่ามาในรูปของค่า COD มีผลต่อการเลี้ยงสาหร่าย โดยเฉพาะน้ำเสียที่มีค่า COD ในปริมาณที่พอเหมาะต่อปริมาณสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำจะทำให้สามารถเลี้ยงสาหร่ายได้ดี และจากการทดลองพบว่า อัตราส่วนของน้ำเสียต่อน้ำประปาที่ 80:20 และ 100:0 มีค่า COD ในช่วง 60.3-60.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อผ่านการเลี้ยงสาหร่ายไปแล้ว 15 วัน ปริมาณ COD เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในขณะที่อัตราส่วนของน้ำเสียต่อน้ำประปาที่มากขึ้น พบว่า ปริมาณค่า COD มีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ปริมาณสาหร่ายบางส่วนที่ผ่านการเลี้ยงหลังจากผ่านระยะเวลา 6 วันไปแล้ว จะเริ่มตายลงจึงมีผลทำให้ค่า COD เพิ่มขึ้นนั่นเอง เนื่องจากสารอาหารที่ใช้ในการดำรงชีวิตของสาหร่ายในน้ำเสียเริ่มหมดไป จึงทำให้สาหร่ายตายลงมีผลทำให้ค่า COD เพิ่มขึ้นนั่นเอง และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ ANOVA พบว่าค่า COD ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่ออัตราส่วนน้ำเสีย:น้ำประปาแตกต่างกัน และค่า COD แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยระยะเวลาบำบัดที่แตกต่างกันคือ ระยะเวลาเริ่มต้น กับ ระยะเวลาวันที่ 3, ระยะเวลาเริ่มต้น กับ ระยะเวลาวันที่ 6, ระยะเวลาเริ่มต้น กับ ระยะเวลาวันที่ 9, ระยะเวลาเริ่มต้น กับ ระยะเวลาวันที่ 12,

ระยะเวลาเริ่มต้น กับ ระยะเวลาวันที่ 15, ระยะเวลาวันที่ 3 กับ ระยะเวลาวันที่ 9 และ ระยะเวลาวันที่ 3 กับ ระยะเวลาวันที่ 15 (ภาคผนวก ค. ตารางที่ ก.6) ตามระยะเวลาที่ศึกษาแตกต่างกัน

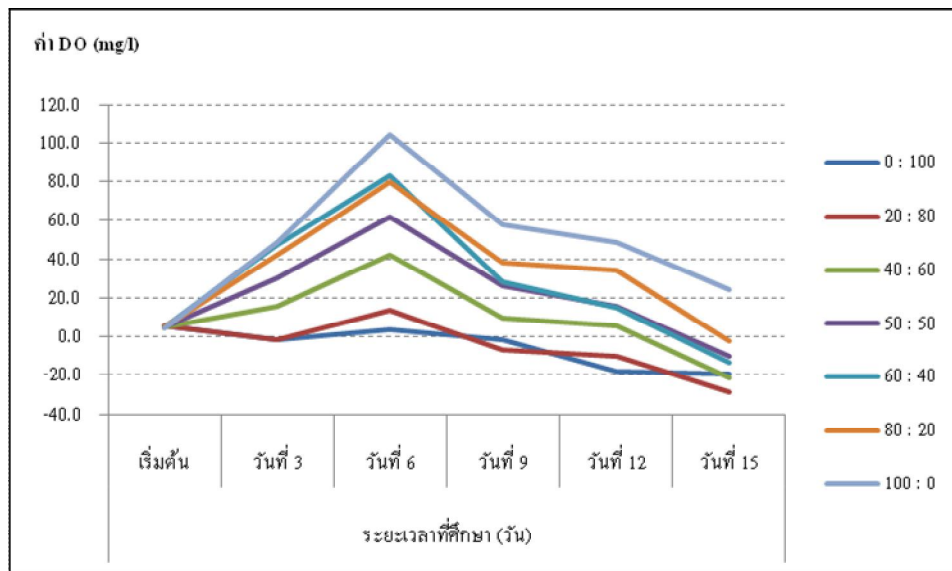
4.2 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย

จากการทดลองพบว่า คุณภาพในส่วนของคุณค่า pH, DO และ COD ในน้ำตัวอย่างของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล บริษัท ส.กนกการจัดการสิ่งแวดล้อม จำกัด ที่มีการใช้สาหร่ายที่สามารถผลิตไบโอดีเซลมาบำบัด เป็นระยะเวลา 15 วันนั้น สามารถบำบัดน้ำจากโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิลได้ ซึ่งหากคิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD และการเพิ่มค่า DO โดยเปรียบเทียบ คุณภาพน้ำก่อนการบำบัดด้วยสาหร่ายและน้ำหลังการบำบัดด้วยสาหร่ายนั้น ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.4-4.7 และภาพที่ 4.28-4.31 แต่เนื่องจากค่าความเป็นกรด-ด่างมีผลการเปลี่ยนแปลงที่แคบมาก เมื่อนำมาเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ไม่แตกต่างตามอัตราส่วนของน้ำเสีย:น้ำประปาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จึงไม่นำมาคิดในด้านประสิทธิภาพ

ตารางที่ 4.4 ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการเพิ่มค่า DO ในน้ำของสาหร่าย

(หน่วย %)

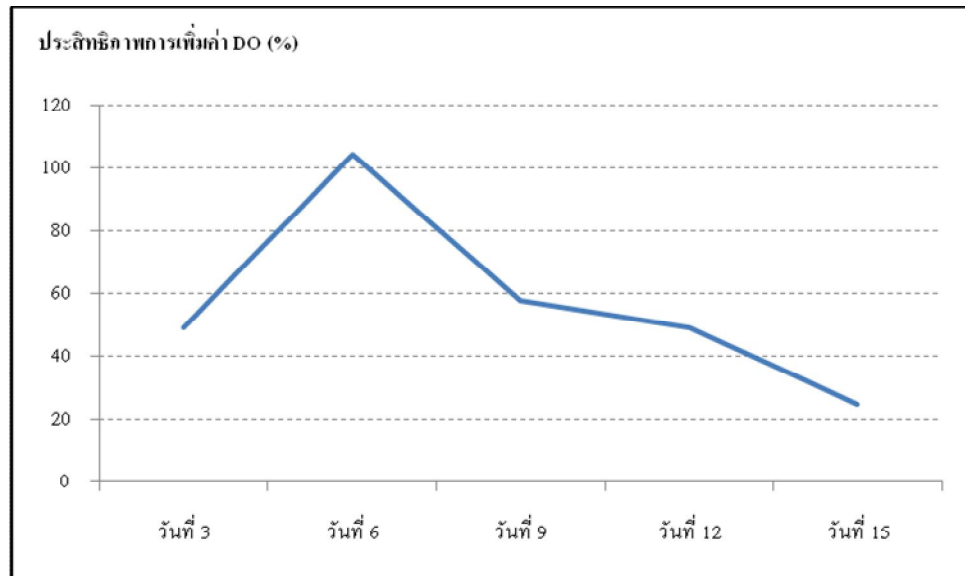
อัตราส่วน น้ำเสีย:น้ำประปา	ระยะเวลาที่ศึกษา (วัน)				
	วันที่ 3	วันที่ 6	วันที่ 9	วันที่ 12	วันที่ 15
0 : 100	-1.8	3.6	-1.8	-17.9	-19.6
20 : 80	-1.7	13.6	-6.8	-10.2	-28.8
40 : 60	15.4	42.3	9.6	5.8	-21.2
50 : 50	30.0	62.0	26.0	16.0	-10.0
60 : 40	47.2	83.0	28.3	15.1	-13.2
80 : 20	42.0	80.0	38.0	34.0	-2.0
100 : 0	48.9	104.4	57.8	48.9	24.4



ภาพที่ 4.28 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการศึกษาประสิทธิภาพในการเพิ่มค่า DO ในน้ำของสาหร่าย

ตารางที่ 4.5 ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการเพิ่มค่า DO ในน้ำเสีย 100% ที่มีการเลี้ยงสาหร่าย

ระยะเวลาที่ศึกษา (วัน)	ค่า DO (mg/l)		การเพิ่มของปริมาณ ออกซิเจนละลายน้ำ
	ก่อนการบำบัด	หลังการบำบัด	
เริ่มต้น	4.5	-	-
วันที่ 3	-	6.7	48.9 %
วันที่ 6	-	9.2	104.4 %
วันที่ 9	-	7.1	57.8 %
วันที่ 12	-	6.7	48.9 %
วันที่ 15	-	5.6	24.4 %



ภาพที่ 4.29 กราฟแสดงผลการศึกษาประสิทธิภาพในการเพิ่มค่า DO ในน้ำเสีย 100% ที่มีการเลี้ยงสาหร่าย

จากตารางที่ 4.4 และ 4.5 พบว่าในวันที่ 6 ของการเลี้ยงสาหร่าย ค่า DO จะเพิ่มขึ้นดีที่สุดในทุกอัตราส่วนของน้ำเสีย และน้ำเสีย 100% มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้นมากกว่า 104 เปอร์เซ็นต์ และจะเพิ่มขึ้นน้อยมากหลังจากเลี้ยงสาหร่ายไปแล้ว 15 วัน เนื่องจากปริมาณออกซิเจนและปริมาณสารอาหารลดลง

ตารางที่ 4.6 ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD ในน้ำของสาหร่าย

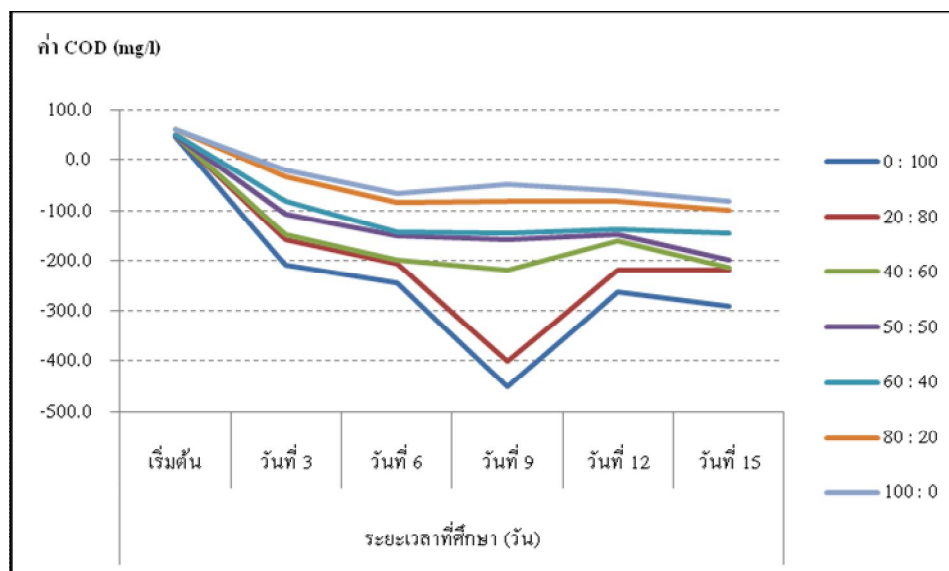
(หน่วย %)

อัตราส่วน น้ำเสีย:น้ำประปา	ระยะเวลาที่ศึกษา (วัน)				
	วันที่ 3	วันที่ 6	วันที่ 9	วันที่ 12	วันที่ 15
0 : 100	-208.1	-244.0	-449.9	-263.5	-291.4
20 : 80	-158.3	-207.5	-400.4	-220.5	-220.5
40 : 60	-147.8	-200.0	-218.6	-162.3	-213.6
50 : 50	-107.2	-152.0	-158.8	-149.5	-199.4

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

(หน่วย %)

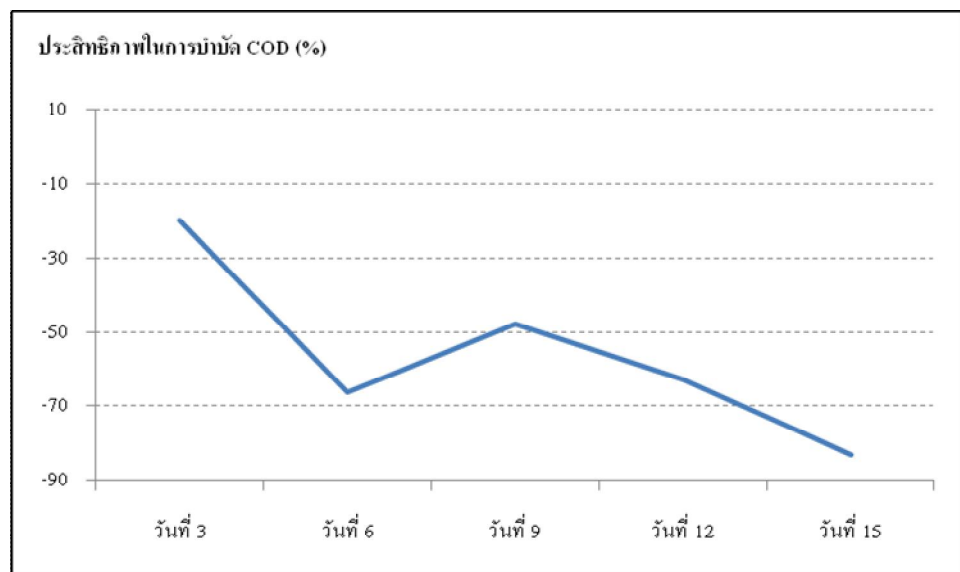
อัตราส่วน น้ำเสีย:น้ำประปา	ระยะเวลาที่ศึกษา (วัน)				
	วันที่ 3	วันที่ 6	วันที่ 9	วันที่ 12	วันที่ 15
60 : 40	-82.8	-143.2	-146.7	-139.4	-144.6
80 : 20	-33.5	-84.9	-83.3	-82.8	-99.0
100 : 0	-20.0	-66.3	-47.9	-62.8	-83.1



ภาพที่ 4.30 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD ในน้ำของ
สาหร่าย

ตารางที่ 4.7 ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD ในน้ำเสีย 100% ที่มีการเลี้ยงสาหร่าย

ระยะเวลาที่ศึกษา (วัน)	ค่า COD (mg/l)		ประสิทธิภาพ ในการบำบัด
	ก่อนการบำบัด	หลังการบำบัด	
เริ่มต้น	60.5	-	-
วันที่ 3	-	72.6	-20.0 %
วันที่ 6	-	100.6	-66.3 %
วันที่ 9	-	89.5	-47.9 %
วันที่ 12	-	98.5	-62.8 %
วันที่ 15	-	110.8	-83.1 %



ภาพที่ 4.31 กราฟแสดงผลการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD ในน้ำเสีย 100% ที่มีการเลี้ยงสาหร่าย

จากตารางที่ 4.6 และ 4.7 แสดงให้เห็นว่า สภาพะที่ดีที่สุดในการบำบัดค่า COD คือ อัตราส่วนของน้ำเสีย 100% ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ศึกษาจะเห็นได้ว่า ในวันที่ 3 ของการเพาะเลี้ยงสาหร่าย มีปริมาณของค่าความสกปรกในรูปของค่า COD เพิ่มขึ้น -20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาอื่นๆ เนื่องจากสาหร่ายใช้สารอินทรีย์ในน้ำเสียเป็นสารอาหารในการดำรงชีวิต แต่ทั้งนี้พบว่า สาหร่ายในปริมาณที่ทำการทดลองไม่สามารถที่จะบำบัดค่า COD ให้ลดลงได้มากนัก แต่ถ้าหากเลี้ยงสาหร่ายในน้ำเสียที่มีปริมาณสารอินทรีย์ที่เป็นธาตุอาหารของสาหร่ายที่เหมาะสมก็จะสามารถเลี้ยงสาหร่ายเพื่อนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทนได้เช่นกัน

4.3 อภิปรายผล

จากการศึกษาการนำสาหร่ายที่ผลิตน้ำมันไบโอดีเซลมาบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล ซึ่งดำเนินการทดลองการนำสาหร่ายที่สามารถผลิตไบโอดีเซลมาเลี้ยงในตัวอย่างน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล บริษัท ส.กนกการจัดการสิ่งแวดล้อม จำกัด เป็นระยะเวลา 15 วัน พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียที่มีการเลี้ยงสาหร่าย มีผลการเปลี่ยนแปลงช่วงของค่าความเป็นกรด-ด่างที่แคบมาก เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับทางสถิติ พบว่า ค่า pH เมื่ออัตราส่วนน้ำเสีย:น้ำประปาต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงให้เห็นว่า อัตราส่วนน้ำเสีย:น้ำประปาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างมากนัก แต่พบว่าค่า pH ในส่วนของอัตราส่วนความเข้มข้นของน้ำเสียมากนั้น มีค่า pH ที่สูงขึ้นในช่วงวันที่ 9 และลดลงหลังจากวันที่ 12 ค่า pH เปลี่ยนเมื่อระยะเวลาบำบัดเปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina platensis* เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำจากบ่อบำบัดน้ำเสียหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (จกมล พรหมยะ, เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน และสุฤทธิ์ สมบูรณ์ชัย, 2544) ซึ่งพบว่าอาจเนื่องจากการปรับค่า pH โดย NaOH 6 N ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของสาหร่ายบางชนิดที่มีค่า pH ประมาณ 9-10 ส่วนของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าลดลงในช่วงแรก แล้วมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 3-6 ของการเลี้ยงสาหร่าย หลังจากนั้นค่า DO มีแนวโน้มลดลงในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่า ในช่วงเวลาเริ่มต้นที่ 3-6 วันปริมาณสาหร่ายมีการเจริญเติบโตมากขึ้น ซึ่งน่าจะมีการสังเคราะห์แสงที่มากขึ้นทำให้ค่า DO เพิ่มขึ้นในช่วงแรก จากนั้นค่า DO มีแนวโน้มลดลงในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกัน และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับทางสถิติ พบว่า ค่า DO ไม่มีความแตกต่างกันตามระยะเวลาการบำบัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และส่วนของปริมาณของค่าความสกปรกในรูปของค่า COD มีค่าลดลงในอัตราส่วนของ

น้ำเสียที่มาจากโรงงานที่มากขึ้น แสดงให้เห็นว่า ปริมาณสารอินทรีย์ที่วัดค่ามาในรูปของ ค่า COD มีผลต่อการเลี้ยงสาหร่าย โดยเฉพาะน้ำเสียที่มีค่า COD ในปริมาณที่พอเหมาะต่อปริมาณสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำจะทำให้สามารถเลี้ยงสาหร่ายได้ดี และจากการทดลองพบว่า อัตราส่วนของน้ำเสียต่อน้ำประปาที่ 80:20 และ 100:0 มีค่า COD ในช่วง 60.3-60.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อผ่านการเลี้ยงสาหร่ายไปแล้ว 15 วัน ปริมาณ COD เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในขณะที่อัตราส่วนน้ำเสียต่อน้ำประปาที่มากขึ้น พบว่า ปริมาณค่า COD มีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ปริมาณสาหร่ายบางส่วนที่ผ่านการเลี้ยงหลังจากผ่านระยะเวลา 6 วันไปแล้ว จะเริ่มตายลงจึงมีผลทำให้ค่า COD เพิ่มขึ้นนั่นเอง เนื่องจากสารอาหารที่ใช้ในการดำรงชีวิตของสาหร่ายในน้ำเสียเริ่มหมดไป และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับทางสถิติ พบว่า ค่า COD มีความแตกต่างกันตามระยะเวลาการบำบัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สำหรับผลการศึกษาประสิทธิภาพนั้น พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างมีผลการเปลี่ยนแปลงที่แคบมาก เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับทางสถิติ พบว่า ค่า pH ไม่มีความแตกต่างกันตามอัตราส่วนน้ำเสีย:น้ำประปาที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จึงไม่น่ามาคิดในด้านประสิทธิภาพ ส่วนด้านประสิทธิภาพการเพิ่มค่า DO พบว่า ในวันที่ 6 ของการเลี้ยงสาหร่ายค่า DO จะเพิ่มขึ้นดีที่สุดในทุกปริมาณน้ำเสีย และน้ำเสีย 100% โดยมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) เพิ่มขึ้นมากกว่า 104 เปอร์เซ็นต์ และจะเพิ่มขึ้นน้อยมากหลังจากเลี้ยงสาหร่ายไปแล้ว 15 วัน เนื่องจากปริมาณออกซิเจนและปริมาณสารอาหารลดลง และด้านประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD พบว่า สภาพะที่ดีที่สุดในการบำบัด คือ อัตราส่วนของน้ำเสีย 100% เนื่องจากสาหร่ายใช้สารอินทรีย์ในน้ำเสียเป็นสารอาหารในการดำรงชีวิต เช่นเดียวกับการใช้สาหร่าย *Phormidium sp.* ร่วมกับสาหร่าย *Spirulina platensis* ในการบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากฟาร์มสุกร (สามารถ พึงเจริญ, 2550) แต่จะพบว่า สาหร่ายในปริมาณที่ทำการทดลองไม่สามารถที่จะบำบัดค่า COD ให้ลดลงได้มากนัก ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของค่า DO และการเพิ่มขึ้นของค่า COD มีลักษณะเช่นเดียวกันกับการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina platensis* เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำจากบ่อบำบัดน้ำเสียหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (จกมลพรมยะ, เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน และสุฤทธิ สมบูรณ์ชัย, 2544) โดยค่า COD ที่เพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากปริมาณสารอินทรีย์มากเกินไปจนจะออกซิไดซ์ได้หมด ซึ่งทำให้เห็นว่า ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย แต่หากเลี้ยงสาหร่ายในน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่ไม่ใช่ธาตุอาหารของสาหร่ายที่ประกอบด้วย สารอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจน โพแทสเซียมหรือ ธาตุฟอสฟอรัส ย่อมทำให้สาหร่ายไม่สามารถเลี้ยงได้ตามความต้องการด้านการค้าหรือนำมาผลิตเป็นไบโอดีเซลได้

บทที่ 5

สรุปและเสนอแนะ

การศึกษานำสาหร่ายที่ผลิตน้ำมันไบโอดีเซลมาบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษแล้วเสร็จตามขั้นตอนการศึกษาที่กล่าวไว้ ซึ่งผลที่ได้ผู้ศึกษาสามารถสรุปและให้ข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

5.1 สรุป

การศึกษานำสาหร่ายที่ผลิตน้ำมันไบโอดีเซลมาบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล มีวัตถุประสงค์ของการศึกษา เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการบำบัดน้ำในบ่อสุดท้ายของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล โดยใช้สาหร่ายที่นำมาผลิตไบโอดีเซล และเพื่อศึกษาหาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิลโดยใช้สาหร่ายที่นำมาผลิตไบโอดีเซล โดยมีขอบเขตของการศึกษา คือ ทำการศึกษาจากตัวอย่างน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล บริษัท ส.กนกการจัดการสิ่งแวดล้อม จำกัด ซึ่งเป็นน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทางเคมีและชีวภาพแล้ว ทั้งนี้สาหร่ายที่นำมาทำการศึกษเป็นตัวอย่างสาหร่ายที่สามารถผลิตไบโอดีเซลจากหน่วยงานที่มีการศึกษาเกี่ยวกับการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งในอัตราความเข้มข้นสูงสุดของน้ำเสียจากโรงงานประเภทรีไซเคิลที่สาหร่ายสามารถบำบัดได้ โดยใช้การสังเคราะห์น้ำเสียหรือเจือจางน้ำเสียจากโรงงานให้ได้ค่า COD ที่มีความเข้มข้นในระดับต่างๆ และการศึกษาหาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียของโรงงานจะพิจารณาจากผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำในการบำบัดค่า COD และการเพิ่มค่า DO ในน้ำ สำหรับขั้นตอนการศึกษา ดำเนินการ โดยหาความเข้มข้นของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทางเคมีและชีวภาพของโรงงานที่เหมาะสม เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการบำบัดน้ำเสียในบ่อสุดท้ายของระบบบำบัดของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล โดยนำน้ำเสียในบ่อสุดท้ายของระบบบำบัดที่ผ่านการบำบัดด้วยบ่อบำบัดทางเคมีและชีวภาพของโรงงาน มาปรับความเข้มข้นต่างๆ กัน 7 ชุดการทดลอง และมีระดับความเข้มข้น ดังนี้ 0 เปอร์เซ็นต์, 20 เปอร์เซ็นต์, 40 เปอร์เซ็นต์, 50 เปอร์เซ็นต์, 60 เปอร์เซ็นต์, 80 เปอร์เซ็นต์ และ 100 เปอร์เซ็นต์ มาใส่ขวดทดลอง โดยกำหนดปริมาณสาหร่ายที่ 0.1 กรัม/น้ำเสีย 100 มิลลิลิตร ตั้งไว้ในสภาวะแวดล้อมปกติไม่เดิมอากาศและมีแสงแดด แล้วทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำก่อนเริ่มการทดลองและทุก 3 วัน หลัง

การทดลองเป็นเวลา 15 วัน โดยนำตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์ค่า pH ค่า DO และค่า COD จากนั้นทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียของโรงงาน จากการเปรียบเทียบค่าความเป็นกรดเป็นด่างและค่าซีโอดี ระหว่างน้ำเสียในบ่อสุดท้ายของระบบบำบัดที่ไม่ผ่านการบำบัดโดยสาหร่าย และน้ำเสียในบ่อสุดท้ายของระบบบำบัดที่ผ่านการบำบัดโดยสาหร่าย วิเคราะห์การทดลองและสรุปผล*

ผลการศึกษาโดยการทดลองการนำสาหร่ายที่สามารถผลิตไบโอดีเซลมาเลี้ยงในตัวอย่างน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล บริษัท ส.กนกการจัดการสิ่งแวดล้อม จำกัด เป็นระยะเวลา 15 วัน สามารถสรุปได้ดังนี้

1) การศึกษาความเป็นไปได้ในการบำบัดน้ำในบ่อสุดท้ายของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิลโดยใช้สาหร่ายที่นำมาผลิตไบโอดีเซล ค่าเป็นความกรด-ด่างของน้ำเสียที่มีการเลี้ยงสาหร่ายในอัตราส่วนของน้ำเสียและน้ำประปาที่ต่างกัน มีผลการเปลี่ยนแปลงช่วงของค่าเป็นความกรด-ด่างที่แคบมาก เมื่อนำมาเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า ค่า pH ไม่มีความแตกต่างกันตามอัตราส่วนของน้ำเสียและน้ำประปาที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนน้ำเสียต่อน้ำประปาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนค่า pH และเมื่อเวลาการบำบัดเปลี่ยนไปก็พบว่า ค่า pH ต่างเมื่อระยะเวลาบำบัดแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ซึ่งอาจมีผลมาจากสภาวะแวดล้อมในแต่ละเวลาที่ศึกษาเปลี่ยนแปลงไป

ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen) ของน้ำเสียมีความแตกต่างกันเล็กน้อย โดยน้ำประปาเริ่มต้น (0:100) มีค่า DO ประมาณ 5.6 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำเสียที่เก็บมาจากโรงงานมีค่า DO ประมาณ 4.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อมีการเติมสาหร่ายในปริมาณที่เท่ากัน พบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าลดลงในช่วงแรก แล้วจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังจากการนั้นแล้ว ในวันที่ 3-6 ของการเลี้ยงสาหร่าย จากนั้นค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำมีแนวโน้มลดลงในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกันในทุกอัตราส่วนของน้ำเสียต่อน้ำประปา แสดงให้เห็นว่า ในช่วงเวลาเริ่มต้นที่ 3-6 วัน ปริมาณสาหร่ายมีการเจริญเติบโตมากขึ้น ซึ่งน่าจะมีการสังเคราะห์แสงที่มากขึ้นทำให้ปริมาณออกซิเจนเพิ่มขึ้นในช่วงแรก แต่หลังจากนั้นแนวโน้มของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลงอาจมีผลมาจากปริมาณสารอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายมีปริมาณน้อยลง โดยพบว่าอัตราส่วนของน้ำเสียที่ 60:40 ในช่วงเวลา 6 วันหลังจากเลี้ยงสาหร่ายพบว่า มีค่า DO สูงถึง 9.7 มิลลิกรัมต่อลิตร และที่อัตราส่วนของน้ำเสียที่ 40:60 ในช่วงเวลา 15 วันหลังจากเลี้ยงสาหร่ายพบว่า มีค่า DO ต่ำลงถึง 4.1 มิลลิกรัมต่อลิตร อาจเนื่องมาจากสารอาหารที่สาหร่ายใช้ในการดำรงชีวิตมีปริมาณลดน้อยลงทำให้สาหร่ายไม่สามารถดำรงชีวิตต่อไปได้

ปริมาณของค่าความสกปรกในรูปของค่า COD พบว่า ในการเลี้ยงสาหร่ายทำให้ค่า COD ลดลงในอัตราส่วนของน้ำเสียที่มาจากโรงงานที่มากขึ้น แสดงให้เห็นว่า ปริมาณสารอินทรีย์ที่วัดค่ามาในรูปของค่า COD มีผลต่อการเลี้ยงสาหร่าย โดยเฉพาะน้ำเสียที่มีค่า COD ในปริมาณที่พอเหมาะต่อปริมาณสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำจะทำให้สามารถเลี้ยงสาหร่ายได้ดี และจากการทดลองพบว่า อัตราส่วนของน้ำเสียต่อน้ำประปาที่ 80:20 และ 100:0 มีค่า COD ในช่วง 60.3-60.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งต่ำกว่าสภาวะอื่นๆ แต่เมื่อผ่านการเลี้ยงสาหร่ายไปแล้ว 15 วัน ปริมาณค่า COD เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในขณะที่น้ำเสียต่ออัตราส่วนน้ำประปาที่มากขึ้น พบว่า ปริมาณค่า COD มีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ปริมาณสาหร่ายบางส่วนที่ผ่านการเลี้ยงหลังจากผ่านระยะเวลา 6 วันไปแล้ว จะเริ่มตายลงจึงมีผลทำให้ค่า COD เพิ่มขึ้นนั่นเอง

2) การศึกษาหาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียบ่อสุดท้ายของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิลโดยใช้สาหร่ายที่นำมาผลิตไบโอดีเซล พบว่า คุณภาพน้ำในส่วนของคุณค่า pH , DO และ COD ในน้ำตัวอย่างของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล บริษัท ส.กนกการจัดการสิ่งแวดล้อม จำกัด ที่มีการใช้สาหร่ายที่สามารถผลิตไบโอดีเซลมาบำบัด เป็นระยะเวลา 15 วันนั้น สามารถปรับลดคุณภาพน้ำค่าดังกล่าวได้ ซึ่งหากคิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD และการเพิ่มค่า DO โดยเปรียบเทียบน้ำก่อนการบำบัดด้วยสาหร่ายและน้ำหลังการบำบัดด้วยสาหร่ายนั้น พบว่า ประสิทธิภาพในการเพิ่มค่า DO ในน้ำเสียที่มีการเลี้ยงสาหร่ายในวันที่ 6 ของการเลี้ยงสาหร่ายมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้นมากกว่า 104 เปอร์เซ็นต์ และจะเพิ่มขึ้นน้อยมากหลังจากเลี้ยงสาหร่ายไปแล้ว 15 วัน ส่วนประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD ในน้ำของสาหร่าย พบว่า ประสิทธิภาพในการลดค่าความสกปรกในรูปของค่า COD เพิ่มขึ้น -20 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 3 ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาอื่นๆ เนื่องจากสาหร่ายในปริมาณที่ทำการทดลองไม่สามารถที่จะบำบัดค่าซีโอดีให้ลดลงได้ โดยค่า COD ที่เพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากปริมาณสารอินทรีย์มากกว่าจะออกซิไดซ์ได้หมด แต่หากเลี้ยงสาหร่ายในน้ำเสียที่มีปริมาณสารอินทรีย์ที่เป็นธาตุอาหารของสาหร่ายที่พอเหมาะก็จะสามารถเลี้ยงสาหร่ายเพื่อการนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทนได้เช่นกัน

จากการศึกษาการนำสาหร่ายที่ผลิตน้ำมันไบโอดีเซลมาบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล ซึ่งดำเนินการทดลองการนำสาหร่ายที่สามารถผลิตไบโอดีเซลมาเลี้ยงในตัวอย่างน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล บริษัท ส.กนกการจัดการสิ่งแวดล้อม จำกัด เป็นระยะเวลา 15 วัน พบว่า มีความเป็นไปได้ในการบำบัดน้ำในบ่อสุดท้ายของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิลโดยใช้สาหร่ายที่นำมาผลิตไบโอดีเซล แม้ค่า pH จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก แต่สำหรับค่า DO และ COD มีการเปลี่ยนแปลงที่ดี แต่ทั้งนี้ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ใน

น้ำเสียมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย หากเลี้ยงสาหร่ายในน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่ไม่ใช่ธาตุอาหารของสาหร่ายที่ประกอบด้วย สารอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจน โพแทสเซียมหรือ ธาตุฟอสฟอรัส ย่อมทำให้สาหร่ายไม่สามารถเลี้ยงได้ตามความต้องการด้านการค้าหรือนำมาผลิตเป็นไบโอดีเซลได้ ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับการใช้สาหร่าย *Phormidium sp.* ร่วมกับสาหร่าย *Spirulina platensis* ในการบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากฟาร์มสุกร (สามารถ พึงเจริญ, 2550) และการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina platensis* เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำจากบ่อบำบัดน้ำเสียหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (จกมล พรหมยะ, เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน และสุฤทธิ์ สมบูรณ์ชัย, 2544)

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับนำผลการศึกษาไปใช้

จากการศึกษา พบว่า มีข้อเสนอแนะที่สำคัญ ดังนี้

- 1) สภาพะที่ที่ดีที่สุดในการนำสาหร่ายที่ผลิตไบโอดีเซลมาบำบัดน้ำบ่อสุดท้ายของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล คือ อัตราส่วนของน้ำเสีย 100% และสามารถนำสาหร่ายมาสกัดไบโอดีเซลได้
- 2) ควรเพาะเลี้ยงสาหร่ายไว้ในสถานะแวดล้อมปกติและมีแสงแดด เพื่อให้สาหร่ายสามารถสังเคราะห์แสงได้
- 3) ไม่ควรนำน้ำเสียที่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานมาเพาะเลี้ยงสาหร่าย เพราะอาจทำให้สาหร่ายตายได้

5.2.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

- 1) ควรศึกษาถึงปริมาณสาหร่ายที่เพิ่มขึ้นและปริมาณน้ำมันที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อจะสามารถนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลในภาคอุตสาหกรรมต่อไป
- 2) ควรมีการศึกษาความสามารถของสาหร่ายที่ผลิตไบโอดีเซลในการบำบัดน้ำเสียในภาคอุตสาหกรรมอื่นนอกเหนือจากน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิลเนื่องจากน้ำเสียจากภาคอุตสาหกรรมแต่ละประเภท มีระดับความเข้มข้นของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ในปริมาณที่แตกต่างกัน เพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายที่ผลิตไบโอดีเซล

3) ควรศึกษาภาวะแวดล้อมทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิ และปริมาณออกซิเจนที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงสาหร่ายที่ผลิตน้ำมันไบโอดีเซล

4) ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายในบ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม ซึ่งประกอบไปด้วย ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปของ BOD ในน้ำเสีย และสารปนเปื้อนอื่นๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่ผลิตน้ำมันไบโอดีเซล

บรรณานุกรม

- กรมธุรกิจพลังงาน. 2550. ประกาศกรมธุรกิจพลังงานเรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. 2550. [Online]. Available: http://www.dede.go.th/dede/fileadmin/usr/bers/biodiesel/biodiesel_2007.pdf. [2553, เมษายน 15].
- กรองจันทร์ รัตนประดิษฐ์. 2536. การเลี้ยง *Chlorella* sp. T. ในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- กาญจนาภรณ์ ลีวโนมนต์, ยนต์ มุสิก, มานพ มิตรสมหวัง และเกียงไกร แก้วสุริยจิต. 2536. การใช้สาหร่ายทะเลบำบัดมลภาวะน้ำทิ้งจากการเลี้ยงสัตว์น้ำ 50 ปี มก. ธรรมชาติ เทคโนโลยีและชีวิตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พิธีเนื่องการพิมพ์ กรุงเทพมหานคร.
- เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2539. การบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพมหานคร: มิตรนราการพิมพ์.
- จกกล พรมยะ, เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน และสุฤทธิ สมบูรณ์ชัย. 2544. การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina platensis* เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำจากบ่อบำบัดน้ำเสียหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- จรรยา ลิไธรงค์. 2531. การนำ *Chlorella* sp. K ที่ได้จากการเลี้ยงในน้ำกากส่าเห็ด เพื่อเป็นอาหารของ *Moina macrocopa*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ชัยศรี ธาราสวัสดิ์พิพัฒน์. 2550. การพัฒนารูปแบบการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- ชัยศรี ธาราสวัสดิ์พิพัฒน์. 2553. เอกสารคำสอนรายวิชา เทคโนโลยีในการบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- ประยูร เอ็นมาก. 2553. อิทธิพลของความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์และความเค็มต่อการเร่งการสะสมน้ำมันในสาหร่ายขนาดเล็กเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- ปิยนาน อินทนกุล. 2547. การทำกลีเซอรอลที่ได้จากการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพให้บริสุทธิ์. กรุงเทพมหานคร: สาขาวิศวกรรมปิโตรเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พนิดา รัตนพลที. 2551. ศักยภาพการผลิตไบโอดีเซลจากสาหร่ายขนาดเล็ก. วารสารศูนย์บริการวิชาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 16(1) : 9-13
- พนิดา รัตนพลที. 2552. การประยุกต์ใช้สาหร่ายขนาดเล็กเพื่อผลิตไบโอดีเซล. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- แพร่พิลาส ดุจจานุทัศน์. 2553. การใช้ประโยชน์จากน้ำทิ้งอุตสาหกรรมเกษตรเป็นแหล่งอาหาร. วารสารศูนย์บริการวิชาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 18(2) : 4-10
- สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2547. พลังงานทดแทนไบโอดีเซล. [Online]. Available: <http://www.teenet.chula.ac.th>. [2550, เมษายน 3].
- สามารถ พึ่งเจริญ. 2550. การใช้สาหร่าย *Phormidium* sp. ร่วมกับสาหร่าย *Spirulina platensis* ในการบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากฟาร์มสุกร. เชียงใหม่: สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรการเกษตรและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- หยกแก้ว ยามาลี, วิเชียร ยามนิตชัย, สมบูรณ์ ผู้พัฒน์, กัญญา สุจริตวงศานนท์, ไพรมา ภัทรกุลพงษ์ และไพลิน ผู้พัฒน์. 2525. การกำจัดน้ำทิ้งจากนมถั่วเหลืองโดยใช้สาหร่ายสีเขียว (*Chlorella* sp). สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.
- Apaydin-Varol, E., Putun, E., Putun, A.E. 2007. Slow pyrolysis of pistachio shell. Fuel. 2007; 86: 1892-1899.
- Barsanti, L., & Gualtieri, P. 2006. **Algae: Anatomy, Biochemistry and Biotechnology**. New York : Taylor & Francis group.
- Boongorsrang, A., Thomgtong, T., Yamali, Y. and Sitachtta, C. 1986. **Nitrogen and Phosphorus removal efficiencies of different algae for waste waste treatment purpose**. Microbial Utilization of Renewable Resources, vol. 5. NRCT, NUS, NSTA-JSPS Joint Seminar on Biotechnology, November 20-22, 1986, Osaka, Japan. P. 286-273

- Bouarab, L., Dauta, A., & Loudiki, M. 2004. **Heterotrophic and mixotrophic growth of *Micractinium pusillum* Fresenius in the presence of acetate and glucose : effect of light and acetate gradient concentration.** Water Research, 38(11),2706-2712
- De la Noue J. and Basseres, A. 1989. **Biotreatment of anaerobically digested swine manure with macroalgae.** Biological Wastes, 29 : 17-31
- Gercel, H. F. 2002. **Production and characterization of pyrolysis liquids from sunflower-pressed bagasse.** Bioresource Technology. 85: 113-117.
- Govidan, V.S. 1983. **Studies on Sago Mill Waste-Water by Stabilization Pond Method.** IAWPC. Tech ANNU. 10 : 115-120
- Grierson, S., Strezov, V., Ellem, G., McGregor, R., Herberson, J. 2009. **Thermal characterization of microalgae under slow pyrolysis conditions.** Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. 2009; 85: 188-123
- Haykiri-Acma, H., Yaman, S., Kucukbayrak, S. 2006. **Effect of heating rate on the pyrolysis yields of rapeseed.** Renewable Energy. 2006; 31:803-810
- Palmer, C.M. 1962. **Algae in water supplies.** U.S. Department of Health, Education, and Welfare Public Health Service. Washington D.C. 88 pp.
- Putun, E., Uzun, B. B., Putun, A. E. 2006. **Fixed-bed catalytic pyrolysis of cottonseed cake: Effects of pyrolysis temperature, natural zeolite content and sweeping gas flow rate.** Bioresource Technology. 97: 701-710
- Wang, Z., Cao, J. 2009. **Pyrolytic characteristics of pine wood in a slowly heating and gas sweeping fixed-bed reactor.** Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. 2009; 84: 179-184.
- Widjaja, A., Chien, C.-C., & Ju, Y.-H. 2009. **Study of increasing lipid production from fresh water microalgae *Chlorella vulgaris*.** Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 40(1), 13-20.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพตัวอย่างกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล







ภาคผนวก ข

มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงาน



ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539)

ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535
เรื่อง กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน

อาศัยอำนาจตามความในข้อ 14 แห่งกฎกระทรวงฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 ที่ระบุว่า “ห้ามระบายน้ำทิ้งออกจากโรงงานเว้นแต่ได้ทำการอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างจนน้ำทิ้งนั้นมีลักษณะเป็นไปตามที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา แต่ทั้งนี้ต้องไม่ใช่วิธีทำให้เจือจาง (Dilution)” รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมจึงออกประกาศกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ดังนี้

ข้อ 1 คำจำกัดความ

น้ำทิ้ง หมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงานอุตสาหกรรมที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม และให้หมายความรวมถึงน้ำเสียจากการใช้น้ำของคนงาน รวมทั้งจากกิจกรรมอื่นในโรงงานอุตสาหกรรม โดยน้ำทิ้งต้องเป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ในประกาศนี้

ข้อ 2 น้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงานต้องมีคุณสมบัติดังนี้

(1) ความเป็นกรดและด่าง (pH) มีค่าไม่น้อยกว่า 5.5 และไม่มากกว่า 9.0

(2) ทีดีเอส (TDS หรือ Total Dissolved Solids) ต้องมีค่าดังนี้

2.1 ค่าทีดีเอส ไม่มากกว่า 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด แต่ต้องไม่มากกว่า 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.2 น้ำทิ้งซึ่งระบายออกจากโรงงานลงสู่แหล่งน้ำที่มีค่าความเค็ม (Salinity) มากกว่า 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่า ทีดีเอส ในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่า ทีดีเอส ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำได้ไม่เกิน 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

/ (3) สารแขวนลอย ...

(3) สารแขวนลอย (Suspended Solids) ไม่มากกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด แต่ต้องไม่มากกว่า 150 มิลลิกรัมต่อลิตร

(4) โลหะหนักมีค่าดังนี้

4.1 ปรอท (Mercury)	ไม่มากกว่า 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร
4.2 เซเลเนียม (Selenium)	ไม่มากกว่า 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร
4.3 แคดเมียม (Cadmium)	ไม่มากกว่า 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร
4.4 ตะกั่ว (Lead)	ไม่มากกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร
4.5 อาร์เซนิก (Arsenic)	ไม่มากกว่า 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร
4.6 โครเมียม (Chromium)	
4.6.1 Hexavalent Chromium	ไม่มากกว่า 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร
4.6.2 Trivalent Chromium	ไม่มากกว่า 0.75 มิลลิกรัมต่อลิตร
4.7 บาเรียม (Barium)	ไม่มากกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
4.8 นิกเกิล (Nickel)	ไม่มากกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
4.9 ทองแดง (Copper)	ไม่มากกว่า 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
4.10 สังกะสี (Zinc)	ไม่มากกว่า 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
4.11 แมงกานีส (Manganese)	ไม่มากกว่า 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

(5) ซัลไฟด์ (Sulphide) คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

(6) ไซยาไนด์ (Cyanide) คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนไซยาไนด์ (HCN) ไม่มากกว่า 0.2

มิลลิกรัมต่อลิตร

(7) ฟอรัลดีไฮด์ (Formaldehyde)	ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร
(8) สารประกอบฟีนอล (Phenols Compound)	ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร
(9) คลอรีนอิสระ (Free Chlorine)	ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร
(10) เพสทิไซด์ (Pesticide)	ต้องไม่มี
(11) อุณหภูมิ	ไม่มากกว่า 40 องศาเซลเซียส
(12) สี	ต้องไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
(13) กลิ่น	ต้องไม่เป็นที่พึงรังเกียจ

/ (14) น้ำมันและไขมัน ...

(14) น้ำมันและไขมัน (Oil & Grease) ไม่มากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด แต่ต้องไม่มากกว่า 15 มิลลิกรัมต่อลิตร

(15) ค่า บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เวลา 5 วัน ไม่มากกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด แต่ต้องไม่มากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร

(16) ค่าทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen) ไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด แต่ต้องไม่มากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

(17) ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) ไม่มากกว่า 120 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม แต่ต้องไม่มากกว่า 400 มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ 3 การตรวจสอบค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมตามข้อ 2 ให้ดำเนินการดังต่อไปนี้

(1) การตรวจสอบค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำทิ้ง ให้ใช้เครื่องวัดความเป็นกรดและด่างของน้ำ (pH Meter)

(2) การตรวจสอบค่า ทีดีเอส ให้ใช้วิธีการระเหยแห้ง ระหว่างอุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส ถึงอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ในเวลา 1 ชั่วโมง

(3) การตรวจสอบค่าสารแขวนลอย ให้ใช้วิธีการกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fibre Filter Disc)

(4) การตรวจสอบค่าโลหะหนัก ให้ใช้วิธีการดังนี้

4.1 การตรวจสอบค่าสังกะสี โครเมียม ทองแดง แคดเมียม แบเรียม ตะกั่ว นิเกิล และแมงกานีส ให้ใช้วิธีอะตอมมิก แอ็บซอร์ปชัน สเปกโตรโฟโตเมตริก (Atomic Absorption Spectrophotometry) ชนิดไดเร็กแอสไพเรชัน (Direct Aspiration) หรือวิธีพลาสมา อีมิสชัน สเปกโตรสโคปี (Plasma Emission Spectroscopy) ชนิดอินดักทีฟลี คัปเพิล พลาสมา (Inductively Coupled Plasma : ICP)

/ 4.2 การตรวจสอบค่าอาร์เซนิก ...

4.2 การตรวจสอบค่าอาร์เซนิก และเซลเนียม ให้ใช้วิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชัน สเปกโตรโฟโตเมตรี (Atomic Absorption Spectrophotometry) ชนิดไฮไดรด์ เจนเนอเรชัน (Hydride Generation) หรือวิธีพลาสมา อีมิสชัน สเปกโตรสโกปี (Plasma Emission Spectroscopy) ชนิดอินดักทีฟลี คัปเพิล พลาสมา (Inductively Coupled Plasma : ICP)

4.3 การตรวจสอบค่าปรอท ให้ใช้วิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชัน โคลด์ เวปอร์ เทคนิก (Atomic Absorption Cold Vapour Technique)

(5) การตรวจสอบค่าซัลไฟด์ ให้ใช้วิธีการไทเทรต (Titrate)

(6) การตรวจสอบค่าไซยาไนด์ ให้ใช้วิธีกลั่นและตามด้วยวิธีไพริดีน บาร์บิทูริกแอซิด (Pyridine-Barbituric Acid)

(7) การตรวจสอบค่าฟอร์มาลดีไฮด์ ให้ใช้วิธีเทียบสี (Spectrophotometry)

(8) การตรวจสอบค่าสารประกอบฟีนอล ให้ใช้วิธีกลั่น และตามด้วยวิธี 4-อะมิโนแอนติไพรีน (Distillation, 4-Aminoantipyrine)

(9) การตรวจสอบค่าคลอรีนอิสระ ให้ใช้วิธีไอโอดิเมตริก (Iodometric Method)

(10) การตรวจสอบค่าสารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ ให้ใช้วิธีแก๊สโครมาโตกราฟี (Gas-Chromatography)

(11) การตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำ ให้ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ วัดขณะทำการเก็บตัวอย่างน้ำ

(12) การตรวจสอบค่าน้ำมันและไขมัน ให้ใช้วิธีสกัดด้วยตัวทำละลาย แล้วแยกหาน้ำมันของน้ำมันและไขมัน

(13) การตรวจสอบค่าบีโอดี ให้ใช้วิธีอะไซด์ โมดิฟิเคชัน (Azide Modification) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน ติดต่อกัน หรือวิธีการอื่นที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมให้ความเห็นชอบ

(14) การตรวจสอบค่าที่เคเอ็น ให้ใช้วิธีเคลดาล์ (Kjeldahl)

(15) การตรวจสอบค่าซีโอดี ให้ใช้วิธีย่อยสลาย โดยโปตัสเซียม ไดโครเมต (Potassium Dichromate Digestion)

ข้อ 4 การตรวจสอบค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ตามข้อ 3 จะต้องเป็นไปตามคู่มือวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย ของสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย หรือ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ซึ่ง American Public Health Association, American Water Work Association และ Water Environment Federation ของสหรัฐอเมริกา ร่วมกันกำหนดไว้ด้วย

ประกาศ ณ วันที่ 14 มิถุนายน พ.ศ. 2539

ไชยวัฒน์ สิ้นสุวงศ์
(นายไชยวัฒน์ สิ้นสุวงศ์)
รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

สำเนาถูกต้อง

(นางสาววันเพ็ญ คู่สมรส)

เจ้าหน้าที่บริหารงานธุรการ 6

ประกาศราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 113 ตอนที่ 52 ง วันที่ 27 มิถุนายน 2539

ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม

เรื่อง กำหนดคุณลักษณะ น้ำทิ้งที่ระบายออกนอกโรงงานให้มีค่าแตกต่างจาก
ที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539)
เรื่อง กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน

ด้วยประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดคุณลักษณะของ
น้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ข้อ 2 (15),(16),(17) ได้ระบุให้กรมโรงงานอุตสาหกรรม ที่จะกำหนดคุณ
ลักษณะ น้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ซึ่งได้แก่ ค่า บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) ค่า ทีเคเอ็น
(TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen) และค่า ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) ให้แตกต่างจากที่กำหนด
ไว้ในประกาศฉบับดังกล่าวได้ ทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม

ฉะนั้น กรมโรงงานอุตสาหกรรมจึงออกประกาศกำหนดคุณลักษณะ น้ำทิ้งที่ระบายออก
นอกโรงงานให้มีค่าแตกต่างจากที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) เรื่อง
กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เวลา
5 วัน ไม่มากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามบัญชีท้ายกฎ
กระทรวง (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 คือ

1.1 ลำดับที่ 4(1) โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์ ซึ่งมีใช้สัตว์น้ำประเภท
การฆ่าสัตว์

1.2 ลำดับที่ 9(2) โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเมล็ดพืช หรือหัวพืชประเภท
การทำแป้ง

1.3 ลำดับที่ 10 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารจากแป้ง ใดๆอย่าง
หนึ่งหรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้

- (1) การทำขนมปัง หรือขนมเค้ก
- (2) การทำขนมปังกรอบ หรือขนมอบแห้ง
- (3) การทำผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้ง เป็นเส้น เม็ด หรือชิ้น

/ 1.4 ลำดับที่ 15 ...

1.4 ลำดับที่ 15 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารสัตว์อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้

- (1) การทำอาหารผสม หรืออาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงสัตว์
- (2) การป่นหรือบด ฟืช เมล็ดพืช กากพืช เนื้อสัตว์ กระดูกสัตว์ ขนสัตว์ หรือเปลือกหอยสำหรับทำหรือผสม เป็นอาหารสัตว์

1.5 ลำดับที่ 22 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสิ่งทอ ด้าย หรือเส้นใยซึ่งมีใยหิน (Asbestos) อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างดังต่อไปนี้

- (1) การหมัก คาร์บอนไนซ์ สาง หวี รีด ปั่น อบ ควบ บิดเกลียว กรอ เท็กเจอร์ไรซ์ ฟอก หรือย้อมสีเส้นใย
- (2) การทอ หรือการเตรียมเส้นด้ายยืนสำหรับการทอ
- (3) การฟอก ย้อมสี หรือแต่งสำเร็จด้ายหรือสิ่งทอ
- (4) การพิมพ์สิ่งทอ

1.6 ลำดับที่ 29 โรงงานหมัก ชำแหละ อบ ปั่นหรือบด ฟอก ขัดและแต่ง แต่งสำเร็จอัดให้เป็นลายนูน หรือเคลือบสีหนังสัตว์

1.7 ลำดับที่ 38 โรงงานผลิตเยื่อ หรือกระดาษอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้

- (1) การทำเยื่อจากไม้ หรือวัสดุอื่น
- (2) การทำกระดาษ กระดาษแข็ง หรือกระดาษที่ใช้ในการก่อสร้างชนิดที่ทำจากเส้นใย (Fibre) หรือแผ่นกระดาษไฟเบอร์ (Fibreboard)

1.8 ลำดับที่ 42 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเคมีภัณฑ์ สารเคมี หรือวัสดุเคมีซึ่งมิใช่ปุ๋ย อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้

- (1) การทำเคมีภัณฑ์ สารเคมี หรือวัสดุเคมี
- (2) การเก็บรักษา ลำเลียง แยก คัดเลือก หรือแบ่งบรรจุเฉพาะเคมีภัณฑ์

อันตราย

1.9 ลำดับที่ 46 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับยา อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้

- (1) การผลิตวัตถุที่รับรองไว้ในคำรายชื่อที่รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุขประกาศ
- (2) การผลิตวัตถุที่มุ่งหมายสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ บำบัด บรรเทา รักษา หรือป้องกันโรค หรือความเจ็บป่วยของมนุษย์ หรือสัตว์
- (3) การผลิตวัตถุที่มุ่งหมายสำหรับให้เกิดผลแก่สุขภาพ โครงสร้าง หรือการกระทำหน้าที่ใด ๆ ของร่างกายมนุษย์หรือสัตว์ ที่รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุขประกาศ แต่วัตถุตาม (1) หรือ (2) ไม่รวมถึงวัตถุที่มุ่งหมายสำหรับใช้เป็นอาหาร เครื่องกีฬา เครื่องสำอาง เครื่องมือ ที่ใช้ในการประกอบโรคศิลปะ และส่วนประกอบของเครื่องมือที่ใช้ในการนั้น

1.10 ลำดับที่ 92 โรงงานห้องเย็น

ข้อ 2 ค่าที่เคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen) ไม่มากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามบัญชีท้ายกฎกระทรวง (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 คือ

2.1 ลำดับที่ 13(2) โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเครื่องปรุง หรือเครื่องประกอบอาหารประเภทการทำเครื่องปรุงกลิ่น รสหรือสีของอาหาร

2.2 ลำดับที่ 15(1) โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารสัตว์ ประเภทการทำอาหารผสม หรืออาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงสัตว์

ข้อ 3 ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) ไม่มากกว่า 400 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามบัญชีท้ายกฎกระทรวง (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 คือ

3.1 ลำดับที่ 13(2) โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเครื่องปรุง หรือเครื่องประกอบอาหารประเภทการทำเครื่องปรุงกลิ่น รส หรือสีของอาหาร

3.2 ลำดับที่ 15(1) โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารสัตว์ ประเภทการทำอาหารผสมหรืออาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงสัตว์

3.3 ลำดับที่ 22 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสิ่งทอ ด้าย และเส้นใยซึ่งมิใช่ใยหิน (Asbestos) อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้

- (1) การหมัก คาร์บอนไนซ์ สาง หวี รีด ปั่น อบ ควบ บิดเกลียว กรอ เท็กเจอร์ไรซ์ ฟอก หรือย้อมสีเส้นใย
- (2) การทอ หรือการเตรียมเส้นด้ายยืนสำหรับการทอ
- (3) การฟอก ย้อมสี หรือแต่งสำเร็จด้ายหรือสิ่งทอ
- (4) การพิมพ์สิ่งทอ

3.4 ลำดับที่ 29 โรงงานหมัก ข้าวเหลาะ อบ ปั่นหรือบด ฟอก จัดและแต่ง สำเร็จอัดให้เป็นลายนูน หรือเคลือบสีหนังสือ

3.5 ลำดับที่ 38 โรงงานผลิตเยื่อ หรือกระดาษอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้

- (1) การทำเยื่อจากไม้ หรือวัสดุอื่น
- (2) การทำกระดาษ กระดาษแข็ง หรือกระดาษที่ใช้ในการก่อสร้างชนิดที่ทำจากเส้นใย (Fibre) หรือแผ่นกระดาษไฟเบอร์ (Fibreboard)

ประกาศ ณ วันที่ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2540

เกียรติ เมฆานนท์ชัย

(นายเกียรติ เมฆานนท์ชัย)

อธิบดีกรมโรงงานอุตสาหกรรม

สำเนาถูกต้อง

(นางสาววันเพ็ญ คุ้มสวด)

เจ้าหน้าที่บริหารงานธุรการ 6

ภาคผนวก ค

เอกสารขออนุญาตเผยแพร่ข้อมูลของโรงงาน

ที่ ศธ 0526.11/พิเศษ



หลักสูตรการจัดการสิ่งแวดล้อมภาคพิเศษ
คณะพัฒนาศักยภาพและสิ่งแวดล้อม
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
แขวงคลองจั่น เขตบางกะปิ
กรุงเทพฯ 10240

วันที่ 4 เมษายน พ.ศ. 2555

เรื่อง ขออนุญาตเปิดเผยข้อมูลการศึกษาวิจัย
เรียน นายรุ่งโรจน์ ภิลาณกุล

ด้วย นางสาวสาวตรี ไทรทับทิม นักศึกษาปริญญาโท ภาคพิเศษ หลักสูตรการจัดการ
สิ่งแวดล้อม คณะพัฒนาศักยภาพและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ ได้เสนอหัวข้อเพื่อ
จัดทำสารนิพนธ์การนำสาหร่ายที่ผลิตน้ำมันไบโอดีเซลมาบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมรีไซเคิล
ซึ่งมี รองศาสตราจารย์ ดร.วิชาญ ภูจินดา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

เพื่อให้การดำเนินงานเกี่ยวกับศึกษาหัวข้อดังกล่าวสัมฤทธิ์ผล และได้ข้อมูลถูกต้องตรง
กับวัตถุประสงค์ในการศึกษา จึงใคร่ขออนุญาตเปิดเผยข้อมูลการศึกษาเพื่อจัดทำสารนิพนธ์หัวข้อดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์ในเรื่อง
ดังกล่าว พร้อมทั้งขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์

(พิชาย รัตนกุล ณ ภูเก็ต)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะพัฒนาศักยภาพและสิ่งแวดล้อม

หลักสูตรการจัดการสิ่งแวดล้อมภาคพิเศษ

โทรศัพท์ 0 2727 3291

โทรสาร 0 2374 4280



ที่ ศธ.0526.11/ พิเศษ

หลักสูตรการจัดการสิ่งแวดล้อมภาคพิเศษ
คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
แขวงคลองจั่น เขตบางกะปิ
กรุงเทพฯ 10240

วันที่ 4 เมษายน พ.ศ. 2555

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาเข้าศึกษาวิจัยในพื้นที่และขออนุญาตเปิดเผยข้อมูลการศึกษาวิจัย
เรียน บริษัท ส. กนกการจัดการสิ่งแวดล้อม จำกัด

ด้วย นางสาวสาวิตรี ไทหทัยนิม นักศึกษาปริญญาโท ภาคพิเศษ หลักสูตรการจัดการ
สิ่งแวดล้อม คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ ได้เสนอหัวข้อเพื่อ
จัดทำสารนิพนธ์การนำสาหร่ายที่ผลิตน้ำมันไบโอดีเซลมาบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมวิโซเคิล
ซึ่งมี รองศาสตราจารย์ ดร.วิชาภา ภูจินดา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

เพื่อให้การดำเนินงานเกี่ยวกับศึกษาหัวข้อดังกล่าวสัมฤทธิ์ผล และได้ข้อมูลถูกต้องตรง
กับวัตถุประสงค์ในการศึกษา จึงใคร่ขออนุญาตเปิดเผยข้อมูลการศึกษาเพื่อจัดทำสารนิพนธ์หัวข้อดังกล่าว
จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์ในเรื่อง
ดังกล่าว พร้อมทั้งขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์

(พี่ชาย รตนดิлок ณ อุทัย)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม

หลักสูตรการจัดการสิ่งแวดล้อมภาคพิเศษ
โทรศัพท์ 0 2727 3291
โทรสาร 0 2374 4280

หนังสือยินยอมให้เผยแพร่ข้อมูล

วันที่ 4 เมษายน พ.ศ. 2555

กระผม นายรุ่งโรจน์ ถิลาเมธิกุล ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม ระดับ ภาควิศวกร สาขาวิศวกรรม
อุตสาหกรร เลขทะเบียน กอ.5852 มีความยินดีให้ นางสาวสาวิตรี ไทรทับทิม เผยแพร่ข้อมูลเกี่ยวกับ รายการ
คำนวณและแบบแปลน ของ บริษัท ส. กนกการจัดการสิ่งแวดล้อม จำกัด ตั้งอยู่เลขที่ 69 หมู่ 1 ตำบลบ่อ
กว้างทอง อำเภอบ่อทอง จังหวัดชลบุรี สำหรับการจัดทำสารานิพนธ์เสนอต่อสถาบันบัณฑิตพัฒนบริหาร
ศาสตร์ คณะพัฒนาระบบและสิ่งแวดล้อม สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม เพื่อประโยชน์ต่อสาธารณะต่อไป

ลงนามผู้มีอำนาจ



(นายรุ่งโรจน์ ถิลาเมธิกุล)

เลขทะเบียน กอ.5852

หนังสือยินยอมให้เผยแพร่ข้อมูล

วันที่ 4 เมษายน พ.ศ. 2555

ทางบริษัท ส. กนกการจัดการสิ่งแวดล้อม จำกัด ตั้งอยู่ที่ 69 หมู่ที่ 1 ตำบลบ่อขวางทอง อำเภอบ่อทอง จังหวัดชลบุรี มีความยินดีให้นางสาวสาวิตรี ไทรทับทิม ทำการศึกษาเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน และเผยแพร่ข้อมูลเกี่ยวข้องกับโรงงาน สำหรับการจัดทำสารานิพนธ์เสนอต่อสถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม เพื่อประโยชน์ต่อสาธารณะต่อไป

ลงนามผู้มอบอำนาจ



(นายเสกสรรค์ ช่อนกนก)

ภาคผนวก ง

ผลวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการทางเคมี



Department of Environment Science

Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

1 U-Thong Nok Rd., Dusit Sub-District, Dusit District, Bangkok 1300 Tel. 0-2243-2246 # 309 Fax. 0-2243-2246 # 309

1 ถนนทองนอก แขวงจตุจักร เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10300 โทรศัพท์ 0-2243-2246 ต่อ 309 โทรสาร 0-2243-2246 ต่อ 309

ANALYSIS REPORT

Analysis No. : Lab-ww 0419/2012

Report Date : April 19, 2012

CUSTOMER NAME : บริษัท ส.กมลการจัดการสิ่งแวดล้อม จำกัด
ADDRESS : 69 หมู่ที่ 1 ต.บ่อแก้ว อ.บ่อทอง จ.ชลบุรี
SAMPLING SOURCE : Wastewater Sampling
SAMPLING DATE : April 13, 2012
RECEIVED DATE : April 13, 2012
SAMPLING METHOD : Grab

Item	Sample	Parameter	Unit	Result	Method of Analysis
1.	ประปา	pH	-	8.5	Electrometric Method (pH Meter)
		DO	mg/l	5.6	Electrometric Method (DO Meter)
		COD	mg/l	45.5	Closed Reflux Method
2.	20/80	pH	-	8.6	Electrometric Method (DO Meter)
		DO	mg/l	5.9	Electrometric Method (pH Meter)
		COD	mg/l	48.2	Closed Reflux Method
3.	40/60	pH	-	8.6	Electrometric Method (pH Meter)
		DO	mg/l	5.2	Electrometric Method (DO Meter)
		COD	mg/l	48.5	Closed Reflux Method
4.	50/50	pH	-	8.7	Electrometric Method (pH Meter)
		DO	mg/l	5.0	Electrometric Method (DO Meter)
		COD	mg/l	48.5	Closed Reflux Method
5.	60/40	pH	-	8.7	Electrometric Method (pH Meter)
		DO	mg/l	5.3	Electrometric Method (DO Meter)
		COD	mg/l	49.5	Closed Reflux Method
6.	80/20	pH	-	8.8	Electrometric Method (DO Meter)
		DO	mg/l	5	Electrometric Method (pH Meter)
		COD	mg/l	60.3	Closed Reflux Method
7.	น้ำเสีย	pH	-	8.8	Electrometric Method (pH Meter)
		DO	mg/l	4.5	Electrometric Method (DO Meter)
		COD	mg/l	60.5	Closed Reflux Method


 (Assistant Professor Chaisri Tharasawatpipat)

Department of Environment Science Faculty of Science and Technology
Suan Sunandha Rajabhat University



Department of Environment Science

Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

1 U-Thong Nok Rd., Dusit Sub-District, Dusit District, Bangkok 1000 Tel. 0-2243-2246 # 309 Fax. 0-2243-2246 # 309

1 ถนนทองเอก แขวงจตุจักร เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10300 โทรศัพท์ 0-2243-2246 ต่อ 309 โทรสาร 0-2243-2246 ต่อ 309

ANALYSIS REPORT

Analysis No. : Lab-ww 0419/2012

Report Date : April 19, 2012

CUSTOMER NAME : บริษัท ศ.กมลการจัดการสิ่งแวดล้อม จำกัด
 ADDRESS : 69 หมู่ที่ 1 ต.บ่อแก้วทอง อ.บ่อทอง จ.ชลบุรี
 SAMPLING SOURCE : Wastewater Sampling
 SAMPLING DATE : April 16, 2012
 RECEIVED DATE : April 16, 2012
 SAMPLING METHOD : Grab

Item	Sample	Parameter	Unit	Result	Method of Analysis
1.	ประปา	pH	-	8.9	Electrometric Method (pH Meter)
		DO	mg/l	5.5	Electrometric Method (DO Meter)
		COD	mg/l	140.2	Closed Reflux Method
2.	20/30	pH	-	8.9	Electrometric Method (DO Meter)
		DO	mg/l	5.8	Electrometric Method (pH Meter)
		COD	mg/l	124.5	Closed Reflux Method
3.	40/60	pH	-	8.8	Electrometric Method (pH Meter)
		DO	mg/l	6	Electrometric Method (DO Meter)
		COD	mg/l	120.2	Closed Reflux Method
4.	50/50	pH	-	8.7	Electrometric Method (pH Meter)
		DO	mg/l	6.5	Electrometric Method (DO Meter)
		COD	mg/l	100.5	Closed Reflux Method
5.	60/40	pH	-	8.7	Electrometric Method (pH Meter)
		DO	mg/l	7.8	Electrometric Method (DO Meter)
		COD	mg/l	90.5	Closed Reflux Method
6.	80/20	pH	-	8.6	Electrometric Method (DO Meter)
		DO	mg/l	7.1	Electrometric Method (pH Meter)
		COD	mg/l	80.5	Closed Reflux Method
7.	น้ำเสีย	pH	-	8.6	Electrometric Method (pH Meter)
		DO	mg/l	6.7	Electrometric Method (DO Meter)
		COD	mg/l	72.6	Closed Reflux Method

ไปนทรวิชัย ธาราสวตพิพัทธ์
 อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

(Assistant Professor Chaisri Tharasawatpipat)

Department of Environment Science Faculty of Science and Technology

Suan Sunandha Rajabhat University



Department of Environment Science

Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

1 U-Thong Nok Rd., Dusit Sub-District, Dusit District, Bangkok 1300 Tel. 0-2243-2246 # 309 Fax. 0-2243-2246 # 309

1 อ.อุทัยนอก แขวงจันทราบาท เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300 โทรศัพท์ 0-2243-2246 ต่อ 309 โทรสาร 0-2243-2246 ต่อ 309

ANALYSIS REPORT

Analysis No. : Lab-ww 0426/2012

Report Date : April 26, 2012

CUSTOMER NAME : บริษัท ส.กนกการจัดการสิ่งแวดล้อม จำกัด
 ADDRESS : 69 หมู่ที่ 1 ต.บ่อหลวงทอง อ.บ่อทอง จ.ชลบุรี
 SAMPLING SOURCE : Wastewater Sampling
 SAMPLING DATE : April 19, 2012
 RECEIVED DATE : April 19, 2012
 SAMPLING METHOD : Grab

Item	Sample	Parameter	Unit	Result	Method of Analysis
1.	ประปา	pH	-	8.5	Electrometric Method (pH Meter)
		DO	mg/l	5.8	Electrometric Method (DO Meter)
		COD	mg/l	156.5	Closed Reflux Method
2.	20/80	pH	-	8.6	Electrometric Method (DO Meter)
		DO	mg/l	6.7	Electrometric Method (pH Meter)
		COD	mg/l	148.2	Closed Reflux Method
3.	40/60	pH	-	8.5	Electrometric Method (pH Meter)
		DO	mg/l	7.4	Electrometric Method (DO Meter)
		COD	mg/l	145.5	Closed Reflux Method
4.	50/50	pH	-	8.6	Electrometric Method (pH Meter)
		DO	mg/l	8.1	Electrometric Method (DO Meter)
		COD	mg/l	122.2	Closed Reflux Method
5.	60/40	pH	-	8.7	Electrometric Method (pH Meter)
		DO	mg/l	9.7	Electrometric Method (DO Meter)
		COD	mg/l	120.4	Closed Reflux Method
6.	80/20	pH	-	8.7	Electrometric Method (DO Meter)
		DO	mg/l	9	Electrometric Method (pH Meter)
		COD	mg/l	111.5	Closed Reflux Method
7.	น้ำเสีย	pH	-	8.5	Electrometric Method (pH Meter)
		DO	mg/l	9.2	Electrometric Method (DO Meter)
		COD	mg/l	100.6	Closed Reflux Method

ไปรษณีย์มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
 อ.อุทัยนอก แขวงจันทราบาท เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

(Assistant Professor Chaisri Tharasawatpipat)

Department of Environment Science Faculty of Science and Technology

Suan Sunandha Rajabhat University



Department of Environment Science

Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

1 U-Thong Nok Rd., Dusit Sub-District, Dusit District, Bangkok 10300 Tel. 0-2243-2246 # 309 Fax. 0-2243-2246 # 309

1 อ.อุทัยนอก แขวงจันทริก เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300 โทรศัพท์ 0-2243-2246 ต่อ 309 โทรสาร 0-2243-2246 ต่อ 309

ANALYSIS REPORT

Analysis No. : Lab-ww 0426/2012

Report Date : April 26, 2012

CUSTOMER NAME : บริษัท ส.กนกการจัดการสิ่งแวดล้อม จำกัด
ADDRESS : 69 หมู่ที่ 1 ต.บ่อแก้วทอง อ.บ่อทอง จ.ชลบุรี
SAMPLING SOURCE : Wastewater Sampling
SAMPLING DATE : April 22, 2012
RECEIVED DATE : April 22, 2012
SAMPLING METHOD : Grab

Item	Sample	Parameter	Unit	Result	Method of Analysis
1.	ประปา	pH	-	8.7	Electrometric Method (pH Meter)
		DO	mg/l	5.5	Electrometric Method (DO Meter)
		COD	mg/l	250.2	Closed Reflux Method
2.	20/80	pH	-	8.7	Electrometric Method (DO Meter)
		DO	mg/l	5.5	Electrometric Method (pH Meter)
		COD	mg/l	241.2	Closed Reflux Method
3.	40/60	pH	-	8.9	Electrometric Method (pH Meter)
		DO	mg/l	5.7	Electrometric Method (DO Meter)
		COD	mg/l	154.5	Closed Reflux Method
4.	50/50	pH	-	8.9	Electrometric Method (pH Meter)
		DO	mg/l	6.3	Electrometric Method (DO Meter)
		COD	mg/l	125.5	Closed Reflux Method
5.	60/40	pH	-	9.6	Electrometric Method (pH Meter)
		DO	mg/l	6.8	Electrometric Method (DO Meter)
		COD	mg/l	122.1	Closed Reflux Method
6.	80/20	pH	-	9.8	Electrometric Method (DO Meter)
		DO	mg/l	6.9	Electrometric Method (pH Meter)
		COD	mg/l	110.5	Closed Reflux Method
7.	น้ำเสีย	pH	-	9.2	Electrometric Method (pH Meter)
		DO	mg/l	7.1	Electrometric Method (DO Meter)
		COD	mg/l	89.5	Closed Reflux Method

10/04/2012

(Assistant Professor Chaisri Tharasawatpipat)

Department of Environment Science Faculty of Science and Technology

Suan Sunandha Rajabhat University



Department of Environment Science

Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

1 U-Thong Nok Rd., Dusit Sub-District, Dusit District, Bangkok 10300 Tel. 0-2243-2246 x 309 Fax. 0-2243-2246 x 309

1 ซ.อุทองนอก แขวงวิชิตนาค เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300 โทรศัพท์ 0-2243-2246 ต่อ 309 โทรสาร 0-2243-2246 ต่อ 309

ANALYSIS REPORT

Analysis No. : Lab-ww 0430/2012

Report Date : April 30, 2012

CUSTOMER NAME : บริษัท ช.กนกการจัดการสิ่งแวดล้อม จำกัด
 ADDRESS : 69 หมู่ที่ 1 ต.บ่อขวางทอง อ.บ่อทอง จ.ชลบุรี
 SAMPLING SOURCE : Wastewater Sampling
 SAMPLING DATE : April 25, 2012
 RECEIVED DATE : April 25, 2012
 SAMPLING METHOD : Grab

Item	Sample	Parameter	Unit	Result	Method of Analysis
1.	ประปา	pH	-	8.6	Electrometric Method (pH Meter)
		DO	mg/l	4.6	Electrometric Method (DO Meter)
		COD	mg/l	165.4	Closed Reflux Method
2.	20/80	pH	-	8.6	Electrometric Method (DO Meter)
		DO	mg/l	5.3	Electrometric Method (pH Meter)
		COD	mg/l	154.5	Closed Reflux Method
3.	40/60	pH	-	8.7	Electrometric Method (pH Meter)
		DO	mg/l	5.5	Electrometric Method (DO Meter)
		COD	mg/l	127.2	Closed Reflux Method
4.	50/50	pH	-	8.9	Electrometric Method (pH Meter)
		DO	mg/l	5.8	Electrometric Method (DO Meter)
		COD	mg/l	121	Closed Reflux Method
5.	60/40	pH	-	9.5	Electrometric Method (pH Meter)
		DO	mg/l	6.1	Electrometric Method (DO Meter)
		COD	mg/l	118.5	Closed Reflux Method
6.	80/20	pH	-	9.6	Electrometric Method (DO Meter)
		DO	mg/l	6.7	Electrometric Method (pH Meter)
		COD	mg/l	110.2	Closed Reflux Method
7.	น้ำเสีย	pH	-	9.2	Electrometric Method (pH Meter)
		DO	mg/l	6.7	Electrometric Method (DO Meter)
		COD	mg/l	98.5	Closed Reflux Method

ใบประกาศนียบัตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

(Assistant Professor Chaisri Tharasawatpipat)

Department of Environment Science Faculty of Science and Technology

Suan Sunandha Rajabhat University



Department of Environment Science

Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

1 U-Thong Nok Rd., Dusit Sub-District, Dusit District, Bangkok 10300 Tel. 0-2243-2246 x 309 Fax. 0-2243-2246 x 309

1 ถ.ทุ่งนก ถนนแขวงวัดทอง เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300 โทรศัพท์ 0-2243-2246 ต่อ 309 โทรสาร 0-2243-2246 ต่อ 309

ANALYSIS REPORT

Analysis No. : Lab-ww 0430/2012

Report Date : April 30, 2012

CUSTOMER NAME : บริษัท ๕.กมลการจัดการสิ่งแวดล้อม จำกัด
 ADDRESS : ๘๙ หมู่ที่ ๑ ต.บ่อแก้ว อ.บ่อทอง จ.ชลบุรี
 SAMPLING SOURCE : Wastewater Sampling
 SAMPLING DATE : April 28, 2012
 RECEIVED DATE : April 28, 2012
 SAMPLING METHOD : Grab

Item	Sample	Parameter	Unit	Result	Method of Analysis
1.	ประปา	pH	-	8.6	Electrometric Method (pH Meter)
		DO	mg/l	4.5	Electrometric Method (DO Meter)
		COD	mg/l	178.1	Closed Reflux Method
2.	20/80	pH	-	8.5	Electrometric Method (DO Meter)
		DO	mg/l	4.2	Electrometric Method (pH Meter)
		COD	mg/l	154.5	Closed Reflux Method
3.	40/60	pH	-	8.5	Electrometric Method (pH Meter)
		DO	mg/l	4.1	Electrometric Method (DO Meter)
		COD	mg/l	152.1	Closed Reflux Method
4.	50/50	pH	-	8.5	Electrometric Method (pH Meter)
		DO	mg/l	4.5	Electrometric Method (DO Meter)
		COD	mg/l	145.2	Closed Reflux Method
5.	60/40	pH	-	8.6	Electrometric Method (pH Meter)
		DO	mg/l	4.6	Electrometric Method (DO Meter)
		COD	mg/l	121.1	Closed Reflux Method
6.	80/20	pH	-	8.6	Electrometric Method (DO Meter)
		DO	mg/l	4.9	Electrometric Method (pH Meter)
		COD	mg/l	120	Closed Reflux Method
7.	น้ำเสีย	pH	-	8.6	Electrometric Method (pH Meter)
		DO	mg/l	5.6	Electrometric Method (DO Meter)
		COD	mg/l	110.8	Closed Reflux Method

ใบวิเคราะห์ผลการตรวจวิเคราะห์
 มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

(Assistant Professor Chaisri Tharasawatpipat)

Department of Environment Science Faculty of Science and Technology
 Suan Sunandha Rajabhat University

ภาคผนวก จ

วิธีวิเคราะห์ค่า COD

ชีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD)

หลักการทั่วไป

วิเคราะห์หาค่าชีโอดีเป็นการวัดความสกปรกของน้ำเสีย โดยคิดเปรียบเทียบในรูปของปริมาณออกซิเจนที่ต้องการใช้ในการออกซิไดส์สารอินทรีย์ โดยใช้สารเคมีซึ่งมีอำนาจในการออกซิไดส์สูงในสารละลายที่เป็นกรด ในการวิเคราะห์หาค่าชีโอดีจากตัวอย่างจำเพาะบางชนิด สามารถหาค่าความสัมพันธ์กับค่าบีโอดี สารอินทรีย์คาร์บอน หรือสารอินทรีย์ต่างๆ เพื่อใช้ในการติดตามและควบคุมการระบายการบำบัดน้ำเสียได้ วิธีที่พบบ่อยคือใช้ไดโครเมต เป็นที่นิยมใช้กันมากกว่าการใช้สารออกซิเดชันชนิดอื่นๆ เนื่องจากความสามารถในการออกซิไดส์ใช้ได้กับตัวอย่างชนิดต่างๆ และวิธีวิเคราะห์ง่าย ออกซิไดส์สารอินทรีย์ต่างๆ ได้ประมาณ 95 ถึง 100% แต่สำหรับไพรีนและอนุพันธ์จะทนต่อการถูกออกซิไดส์ และพวกสารอินทรีย์ที่ระเหยได้จะถูกออกซิไดส์เมื่อสัมผัสกับสารออกซิไดส์เท่านั้น แอมโมเนียที่อยู่ในน้ำเสียหรือถูกปล่อยออกจากสารอินทรีย์จะไม่ถูกออกซิไดส์ถ้าไม่มีประจุคลอรีนอิสระจำนวนเพียงพอ

ชีโอดี โดยวิธีฟลักซ์แบบปิด

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. หลอดทดลองชนิด borosilicate ขนาด 25 x 150 มม. พร้อมจุก TFE
2. ที่ใส่หลอดทดลอง
3. เตาอบ (oven) ที่อุณหภูมิ $150 \pm 2^\circ\text{C}$.
4. ปิเปตขนาด 1,10 มล.
5. บิวเรตขนาด 50 มล.
6. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล.

รีเอเจนต์

1. สารละลาย digestion reagent

ละลาย $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 4.913 กรัม ซึ่งอบแห้งที่ 103°C เป็นเวลา 2 ชม. ในน้ำกลั่น 500 มล. ค่อยๆ เติม conc. H_2SO_4 167 มล. เติม HgSO_4 ลงไป 33.3 กรัม คนให้ละลาย ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น

2. กรด Sulfuric เข้มข้นที่ผสม AgSO_4 (Sulfuric Acid reagent)

ละลาย AgSO_4 22 กรัมใน Conc. H_2SO_4 ซึ่งมีน้ำหนัก 4.1 กิโลกรัม (2.5 ลิตร) แล้วตั้งทิ้งไว้ 1-2 วันเพื่อให้ละลาย

3. สารละลายมาตรฐาน ferrous ammonium sulfate (FAS) 0.1 N

ละลาย $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 39 กรัมในน้ำกลั่น แล้วเติม conc. H_2SO_4 ลงไป 20 มล. ทำให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่นลงไปในจระบประมาณ 1 ลิตร

สารละลายนี้ต้องนำมาหาความเข้มข้นที่แน่นอนด้วยสารละลาย digestion reagent ดังนี้ คือ เติมน้ำกลั่น 10 มล. สารละลาย digestion reagent 14 มล. จากนั้นใช้ปิเปตค่อย ๆ เติม Sulfuric Acid reagent ลงไป 14 มล. ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำมาไทเทรตกับสารละลาย Ferrous ammonium sulfate (FAS) โดยใช้ ferroin จำนวน 2-3 หยด เป็นอินดิเคเตอร์ สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีฟ้าอมเขียวและเป็นสีน้ำตาลแดงที่จุดยุติ

$$\text{Normality of FAS solution} = \frac{\text{ml K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}{\text{ml Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2} \times 0.10$$

4. สารละลาย ferroin อินดิเคเตอร์ วิธีการเตรียมเช่นเดียวกับการทดลองตอนที่ 1

วิธีการทดลอง

1. ล้างหลอดทดลอง และฟาจุกด้วยกรด H_2SO_4 20% ก่อนเพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากสารอินทรีย์

2. ปิเปตตัวอย่างนำมา 10 มล. ใส่ลงในหลอดทดลอง แล้วเติม digestion reagent ลงไป 6 มล.

3. ค่อย ๆ เติม กรด sulfuric เข้มข้นที่ผสม AgSO_4 ลงไป 14 มล. ให้ไหลลงก้นหลอดแก้ว เพื่อให้ชั้นของกรดอยู่ใต้ชั้นของน้ำตัวอย่างและ digestion reagent

หมายเหตุ ภายหลังการเติมกรดซัลฟูริก ให้สังเกตสีของตัวอย่างดังต่อไปนี้

- ถ้าได้สีเขียว แสดงว่าปริมาณ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ เหลืออยู่มาก ใช้ปริมาณน้ำตัวอย่างน้อยเกินไปต้องเพิ่มปริมาณน้ำตัวอย่างอีก
- ถ้าได้สีเขียวอมเหลือง แสดงว่าปริมาณน้ำตัวอย่างเหมาะสม สามารถนำตัวอย่างไปรีฟลักซ์ได้
- ถ้าได้สีเขียวอมฟ้า แสดงว่าปริมาณน้ำตัวอย่างมากเกินไป ต้องทำการเจือจางน้ำตัวอย่างให้มีความเข้มข้นน้อยกว่านี้.

โดยจะใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำตัวอย่าง : น้ำกลั่น เท่าไหร่ก็ได้ แต่ผลรวมของปริมาตรน้ำตัวอย่างต้องเท่ากับ 10 มล.

4. ปิดจุกหลอดแก้วให้แน่น แล้วคว่ำหลอดแก้วไปมาหลาย ๆ ครั้งอย่างทั่วถึงก่อนจะนำตัวอย่างไปรีฟลักซ์ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความร้อนสะสมอยู่ที่ก้นหลอด ซึ่งอาจแตกได้ในขณะที่ทำการรีฟลักซ์

5. ให้ทำ blank โดยใช้ น้ำกลั่น แทนน้ำตัวอย่างด้วยวิธีการทดลองเช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์น้ำตัวอย่าง ประมาณ 1-2 หลอด

6. นำหลอดแก้วทั้งหมดที่ใส่น้ำตัวอย่างและ Blank วางบนที่ตั้งหลอดทดลอง แล้วเข้าเตาอบที่ทำให้อุณหภูมิสูงถึง 150 ± 2 °C ก่อนหน้านั้นแล้ว เมื่อครบเวลา 2 ชม. ให้นำตัวอย่างออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งเย็น

7. เทตัวอย่างจากหลอดใส่ลงในขวดรูปชมพู่ แล้วไทเทรตกับสารละลาย FAS จนกระทั่งถึงจุดยุติ จะเห็นการเปลี่ยนแปลงจากสีเหลืองเป็นสีฟ้าอมเขียวและเป็นสีน้ำตาลแดงที่จุดยุติ อ่านปริมาตรที่ไทเทรตตอนเริ่มเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลแดงทันที

การคำนวณ

$$\text{COD, mg / L} = \frac{(a - b) \times N \times 8000}{\text{ml sample}}$$

a = ml ของ $\text{Fe (NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ ที่ใช้ไทเทรต Blank

b = ml ของ $\text{Fe (NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ ที่ใช้ไทเทรต น้ำตัวอย่าง

N = Normality ของ $\text{Fe (NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ ที่ใช้

ภาคผนวก จ

ผลวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางที่ ก.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า pH ของน้ำเสีย:น้ำประปาใน
อัตราส่วนต่างๆ ตามระยะเวลาที่ศึกษา โดยใช้สถิติ ANOVA

Descriptives								
ph								
			Std.		95% Confidence Interval for Mean			
	N	Mean	Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
1	6	8.6333	.15055	.06146	8.4753	8.7913	8.50	8.90
2	6	8.6500	.13784	.05627	8.5053	8.7947	8.50	8.90
3	6	8.6667	.16330	.06667	8.4953	8.8380	8.50	8.90
4	6	8.7167	.16021	.06540	8.5485	8.8848	8.50	8.90
5	6	8.9667	.45461	.18559	8.4896	9.4437	8.60	9.60
6	6	9.0167	.53821	.21972	8.4519	9.5815	8.60	9.80
7	6	8.8167	.31252	.12758	8.4887	9.1446	8.50	9.20
Total	42	8.7810	.32478	.05011	8.6797	8.8822	8.50	9.80

ANOVA					
ph					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.885	6	.147	1.500	.207
Within Groups	3.440	35	.098		
Total	4.325	41			

ตารางที่ ก.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า DO ของน้ำเสีย:น้ำประปาใน
อัตราส่วนต่างๆ ตามระยะเวลาที่ศึกษาโดยใช้สถิติ ANOVA

Descriptives								
do								
					95% Confidence Interval for Mean			
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
1	6	5.2500	.55408	.22620	4.6685	5.8315	4.50	5.80
2	6	5.5667	.82381	.33632	4.7021	6.4312	4.20	6.70
3	6	5.6500	1.07842	.44027	4.5183	6.7817	4.10	7.40
4	6	6.0333	1.26754	.51747	4.7031	7.3635	4.50	8.10
5	6	6.7167	1.84110	.75163	4.7845	8.6488	4.60	9.70
6	6	6.6000	1.52053	.62075	5.0043	8.1957	4.90	9.00
7	6	6.6333	1.57692	.64377	4.9785	8.2882	4.50	9.20
Total	42	6.0643	1.32919	.20510	5.6501	6.4785	4.10	9.70

ANOVA					
do					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	12.718	6	2.120	1.242	.309
Within Groups	59.718	35	1.706		
Total	72.436	41			

ตารางที่ ก.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า COD ของน้ำเสีย:น้ำประปาใน
อัตราส่วนต่างๆ ตามระยะเวลาที่ศึกษาโดยใช้สถิติ ANOVA

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	22260.866	6	3710.144	2.048	.085
Within Groups	63397.595	35	1811.360		
Total	85658.461	41			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: COD

LSD

(I) RATE	(J) RATE	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1.00	2.00	10.8000	24.57207	.663	-39.0840	60.6840
	3.00	31.3167	24.57207	.211	-18.5673	81.2006
	4.00	45.5000	24.57207	.073	-4.3840	95.3840
	5.00	52.3000(*)	24.57207	.040	2.4160	102.1840
	6.00	57.1500(*)	24.57207	.026	7.2660	107.0340
	7.00	67.2333(*)	24.57207	.010	17.3494	117.1173
2.00	1.00	-10.8000	24.57207	.663	-60.6840	39.0840
	3.00	20.5167	24.57207	.409	-29.3673	70.4006
	4.00	34.7000	24.57207	.167	-15.1840	84.5840
	5.00	41.5000	24.57207	.100	-8.3840	91.3840
	6.00	46.3500	24.57207	.068	-3.5340	96.2340
	7.00	56.4333(*)	24.57207	.028	6.5494	106.3173

3.00	1.00	-31.3167	24.57207	.211	-81.2006	18.5673
	2.00	-20.5167	24.57207	.409	-70.4006	29.3673
	4.00	14.1833	24.57207	.567	-35.7006	64.0673
	5.00	20.9833	24.57207	.399	-28.9006	70.8673
	6.00	25.8333	24.57207	.300	-24.0506	75.7173
	7.00	35.9167	24.57207	.153	-13.9673	85.8006
4.00	1.00	-45.5000	24.57207	.073	-95.3840	4.3840
	2.00	-34.7000	24.57207	.167	-84.5840	15.1840
	3.00	-14.1833	24.57207	.567	-64.0673	35.7006
	5.00	6.8000	24.57207	.784	-43.0840	56.6840
	6.00	11.6500	24.57207	.638	-38.2340	61.5340
	7.00	21.7333	24.57207	.382	-28.1506	71.6173
5.00	1.00	-52.3000(*)	24.57207	.040	-102.1840	-2.4160
	2.00	-41.5000	24.57207	.100	-91.3840	8.3840
	3.00	-20.9833	24.57207	.399	-70.8673	28.9006
	4.00	-6.8000	24.57207	.784	-56.6840	43.0840
	6.00	4.8500	24.57207	.845	-45.0340	54.7340
	7.00	14.9333	24.57207	.547	-34.9506	64.8173
6.00	1.00	-57.1500(*)	24.57207	.026	-107.0340	-7.2660
	2.00	-46.3500	24.57207	.068	-96.2340	3.5340
	3.00	-25.8333	24.57207	.300	-75.7173	24.0506
	4.00	-11.6500	24.57207	.638	-61.5340	38.2340
	5.00	-4.8500	24.57207	.845	-54.7340	45.0340
	7.00	10.0833	24.57207	.684	-39.8006	59.9673
7.00	1.00	-67.2333(*)	24.57207	.010	-117.1173	-17.3494
	2.00	-56.4333(*)	24.57207	.028	-106.3173	-6.5494
	3.00	-35.9167	24.57207	.153	-85.8006	13.9673
	4.00	-21.7333	24.57207	.382	-71.6173	28.1506
	5.00	-14.9333	24.57207	.547	-64.8173	34.9506
	6.00	-10.0833	24.57207	.684	-59.9673	39.8006

* The mean difference is significant at the .05 level.

ตารางที่ ก.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า pH ของน้ำเสีย:น้ำประปาใน
ระยะเวลาต่างๆ ตามอัตราส่วนโดยใช้สถิติ ANOVA

Descriptives								
ph								
					95% Confidence Interval for Mean			
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
1	7	8.6714	.11127	.04206	8.5685	8.7743	8.50	8.80
2	7	8.7429	.12724	.04809	8.6252	8.8605	8.60	8.90
3	7	8.5857	.08997	.03401	8.5025	8.6689	8.50	8.70
4	7	9.1143	.43753	.16537	8.7096	9.5189	8.70	9.80
5	7	9.0143	.42201	.15951	8.6240	9.4046	8.60	9.60
6	7	8.5571	.05345	.02020	8.5077	8.6066	8.50	8.60
Total	42	8.7810	.32478	.05011	8.6797	8.8822	8.50	9.80

ANOVA					
ph					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.870	5	.374	5.487	.001
Within Groups	2.454	36	.068		
Total	4.325	41			

Multiple Comparisons

ph

LSD

(I)	(J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.07143	.13957	.612	-.3545	.2116
	3	.08571	.13957	.543	-.1973	.3688
	4	-.44286 [*]	.13957	.003	-.7259	-.1598
	5	-.34286 [*]	.13957	.019	-.6259	-.0598
	6	.11429	.13957	.418	-.1688	.3973
2	1	.07143	.13957	.612	-.2116	.3545
	3	.15714	.13957	.268	-.1259	.4402
	4	-.37143 [*]	.13957	.012	-.6545	-.0884
	5	-.27143	.13957	.060	-.5545	.0116
	6	.18571	.13957	.192	-.0973	.4688
3	1	-.08571	.13957	.543	-.3688	.1973
	2	-.15714	.13957	.268	-.4402	.1259
	4	-.52857 [*]	.13957	.001	-.8116	-.2455
	5	-.42857 [*]	.13957	.004	-.7116	-.1455
	6	.02857	.13957	.839	-.2545	.3116
4	1	.44286 [*]	.13957	.003	.1598	.7259
	2	.37143 [*]	.13957	.012	.0884	.6545
	3	.52857 [*]	.13957	.001	.2455	.8116
	5	.10000	.13957	.478	-.1831	.3831
	6	.55714 [*]	.13957	.000	.2741	.8402
5	1	.34286 [*]	.13957	.019	.0598	.6259
	2	.27143	.13957	.060	-.0116	.5545
	3	.42857 [*]	.13957	.004	.1455	.7116
	4	-.10000	.13957	.478	-.3831	.1831
	6	.45714 [*]	.13957	.002	.1741	.7402

6	1	-.11429	.13957	.418	-.3973	.1688
	2	-.18571	.13957	.192	-.4688	.0973
	3	-.02857	.13957	.839	-.3116	.2545
	4	-.55714*	.13957	.000	-.8402	-.2741
	5	-.45714*	.13957	.002	-.7402	-.1741

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ตารางที่ ก.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า DO ของน้ำเสีย:น้ำประปาใน
ระยะเวลาต่างๆ ตามอัตราส่วนโดยใช้สถิติ ANOVA

Descriptives								
do								
					95% Confidence Interval for Mean			
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
1	7	5.2143	.45251	.17103	4.7958	5.6328	4.50	5.90
2	7	6.4857	.79881	.30192	5.7469	7.2245	5.50	7.80
3	7	7.9857	1.42762	.53959	6.6654	9.3060	5.80	9.70
4	7	6.2571	.69248	.26173	5.6167	6.8976	5.50	7.10
5	7	5.8143	.76251	.28820	5.1091	6.5195	4.60	6.70
6	7	4.6286	.50238	.18988	4.1640	5.0932	4.10	5.60
Total	42	6.0643	1.32919	.20510	5.6501	6.4785	4.10	9.70

ANOVA					
do					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	47.271	5	9.454	13.524	.000
Within Groups	25.166	36	.699		
Total	72.436	41			

Multiple Comparisons

do

LSD

(I)	(J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-1.27143 [*]	.44691	.007	-2.1778	-.3651
	3	-2.77143 [*]	.44691	.000	-3.6778	-1.8651
	4	-1.04286 [*]	.44691	.025	-1.9492	-.1365
	5	-.60000	.44691	.188	-1.5064	.3064
	6	.58571	.44691	.198	-.3207	1.4921
2	1	1.27143 [*]	.44691	.007	.3651	2.1778
	3	-1.50000 [*]	.44691	.002	-2.4064	-.5936
	4	.22857	.44691	.612	-.6778	1.1349
	5	.67143	.44691	.142	-.2349	1.5778
	6	1.85714 [*]	.44691	.000	.9508	2.7635
3	1	2.77143 [*]	.44691	.000	1.8651	3.6778
	2	1.50000 [*]	.44691	.002	.5936	2.4064
	4	1.72857 [*]	.44691	.000	.8222	2.6349
	5	2.17143 [*]	.44691	.000	1.2651	3.0778
	6	3.35714 [*]	.44691	.000	2.4508	4.2635
4	1	1.04286 [*]	.44691	.025	.1365	1.9492
	2	-.22857	.44691	.612	-1.1349	.6778
	3	-1.72857 [*]	.44691	.000	-2.6349	-.8222
	5	.44286	.44691	.328	-.4635	1.3492
	6	1.62857 [*]	.44691	.001	.7222	2.5349
5	1	.60000	.44691	.188	-.3064	1.5064
	2	-.67143	.44691	.142	-1.5778	.2349
	3	-2.17143 [*]	.44691	.000	-3.0778	-1.2651
	4	-.44286	.44691	.328	-1.3492	.4635
	6	1.18571 [*]	.44691	.012	.2793	2.0921

6	1	-.58571	.44691	.198	-1.4921	.3207
	2	-1.85714*	.44691	.000	-2.7635	-.9508
	3	-3.35714*	.44691	.000	-4.2635	-2.4508
	4	-1.62857*	.44691	.001	-2.5349	-.7222
	5	-1.18571*	.44691	.012	-2.0921	-.2793

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ตารางที่ ก.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า COD ของน้ำเสีย น้ำประปา ใน
ระยะเวลาต่างๆ ตามอัตราส่วนโดยใช้สถิติ ANOVA

Descriptives								
cod								
			Std.		95% Confidence Interval for Mean			
	N	Mean	Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
1	7	51.5714	6.15487	2.32632	45.8791	57.2637	45.50	60.50
2	7	1.0414E2	24.91886	9.41844	81.0968	127.1890	72.60	140.20
3	7	1.2927E2	20.93496	7.91267	109.9098	148.6330	100.60	156.50
4	7	1.5621E2	64.16979	24.25390	96.8671	215.5614	89.50	250.20
5	7	1.2790E2	23.90230	9.03422	105.7941	150.0059	98.50	165.40
6	7	1.4026E2	23.96072	9.05630	118.0972	162.4171	110.80	178.10
Total	42	1.1823E2	45.70810	7.05291	103.9825	132.4698	45.50	250.20

ANOVA					
cod					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	47496.650	5	9499.330	8.961	.000
Within Groups	38161.811	36	1060.050		
Total	85658.461	41			

Multiple Comparisons

cod

LSD

(I)	(J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-52.57143 [*]	17.40320	.005	-87.8668	-17.2761
	3	-77.70000 [*]	17.40320	.000	-112.9953	-42.4047
	4	-104.64286 [*]	17.40320	.000	-139.9382	-69.3475
	5	-76.32857 [*]	17.40320	.000	-111.6239	-41.0332
	6	-88.68571 [*]	17.40320	.000	-123.9810	-53.3904
2	1	52.57143 [*]	17.40320	.005	17.2761	87.8668
	3	-25.12857	17.40320	.157	-60.4239	10.1668
	4	-52.07143 [*]	17.40320	.005	-87.3668	-16.7761
	5	-23.75714	17.40320	.181	-59.0525	11.5382
	6	-36.11429 [*]	17.40320	.045	-71.4096	-8.190
3	1	77.70000 [*]	17.40320	.000	42.4047	112.9953
	2	25.12857	17.40320	.157	-10.1668	60.4239
	4	-26.94286	17.40320	.130	-62.2382	8.3525
	5	1.37143	17.40320	.938	-33.9239	36.6668
	6	-10.98571	17.40320	.532	-46.2810	24.3096
4	1	104.64286 [*]	17.40320	.000	69.3475	139.9382
	2	52.07143 [*]	17.40320	.005	16.7761	87.3668
	3	26.94286	17.40320	.130	-8.3525	62.2382
	5	28.31429	17.40320	.112	-6.9810	63.6096
	6	15.95714	17.40320	.365	-19.3382	51.2525
5	1	76.32857 [*]	17.40320	.000	41.0332	111.6239
	2	23.75714	17.40320	.181	-11.5382	59.0525
	3	-1.37143	17.40320	.938	-36.6668	33.9239
	4	-28.31429	17.40320	.112	-63.6096	6.9810
	6	-12.35714	17.40320	.482	-47.6525	22.9382

6	1	88.68571 [*]	17.40320	.000	53.3904	123.9810
	2	36.11429 [*]	17.40320	.045	.8190	71.4096
	3	10.98571	17.40320	.532	-24.3096	46.2810
	4	-15.95714	17.40320	.365	-51.2525	19.3382
	5	12.35714	17.40320	.482	-22.9382	47.6525

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ ชื่อสกุล

สาวิตรี ไทรทับทิม

ประวัติการศึกษา

บัญชีบัณฑิต

สาขาการบัญชี

วิทยาลัยเทคโนโลยีธนบุรี

ปีสำเร็จการศึกษา พ.ศ. 2549

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

พ.ศ. 2546 – 2553

ตัวแทนฝ่ายบริหาร QMR&EMR

ห้างหุ้นส่วนจำกัด. ถ. โลหะการธุรกิจ

พ.ศ. 2554 – ปัจจุบัน

ผู้จัดการฝ่ายบัญชีการเงิน

บริษัท ส. กนกการจัดการสิ่งแวดล้อม จำกัด