ความหลากหลายของสาหร่ายขนาดเล็กในน้ำทิ้งจากโรงงานปาล์มน้ำมัน ในจังหวัดตรังและจังหวัดกระบี่

Microalgal Diversity in Oil Palm Industrial Wastewater Collected from Trang and Krabi Province

สมรักษ์ รอดเจริญ[1*] สุริยะ จันทร์แก้ว[1] อำนวยโชค เวชกุล[1] วรรณชัย พรหมเกิด[1] ฉัตรชัย สังข์ผุด[1] และ กัตตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์[2]

Somrak Rodjaroen[1*] Suriya Chankaew[1] Ammuaychok Wetchakul[1] Wanchai Phromkerd[1] Chatchai Sungpud[1] and Kattinat Sagulsawasdipan[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและความหลากหลายของสาหร่ายในน้ำทิ้งบ่อสุดท้ายของโรงงานปาล์มน้ำมันจำนวน 3 แหล่ง ได้แก่ จังหวัดตรัง 2 แหล่ง (ตรัง 1 และตรัง 2) และจังหวัดกระบี่ 1 แหล่ง (กระบี่ 1) พบสาหร่ายในน้ำทิ้งจากโรงงานปาล์มน้ำมันทั้งหมด 5 ดิวิชั่น 6 อันดับ 9 สกุล 10 ชนิด โดยพบ *Phormidium* sp. และ *Euglena* sp.1 เป็นสาหร่ายชนิดเด่นที่พบในน้ำเสียทั้งสามโรงงาน ค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ (Shannon-Wiener's Index) ของสาหร่ายในน้ำทิ้งโรงงานปาล์มน้ำมันมีความหลากหลายระหว่าง 0.8806 ถึง 1.3091 เมื่อวิเคราะห์ความคล้ายคลึงโดยการจัดกลุ่มพบว่าชนิดของสาหร่ายมีความคล้ายคลึงร้อยละ 35.39 ถึง 75.11 ในขณะที่ปัจจัยสิ่งแวดล้อมของคุณภาพน้ำมีความคล้ายคลึงสูงถึงร้อยละ 86.62 ถึง 90.63 จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสาหร่ายกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมด้วย Canonical Correspondences Analysis พบว่าค่าความโปร่งแสงของน้ำมีความสัมพันธ์ต่อการแพร่กระจายของสาหร่ายมากที่สุด โดย *Oscillatoria* sp. *Cryptomonas* sp. *Pleurosigma* sp. และ *Microcystis* sp. พบได้เฉพาะบริเวณที่มีค่าความโปร่งแสงสูงและค่า BOD ในน้ำต่ำเท่านั้น

คำสำคัญ: คุณภาพน้ำ ความหลากหลายของสาหร่าย น้ำทิ้งโรงงานปาล์มน้ำมัน

[1] สาขาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

[2] สาขาสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

[*] Corresponding author e-mail : Somrak_25@hotmail.co.th

Abstract

The objectives of this research was to study the species and diversity of the microalgae from the final wastewater treatment pond of the palm oil factories. The wastewater samples were collected from Trang 1 and Trang 2; in Trang province and Khabi 1; in Khabi province, respectively. A total of 5 divisions, including 6 orders, 9 genera and 10 species was identified *Phormidium* sp. and *Euglena* sp.1 were dominant species presented in all three oil palm industrial wastewater. The Shannon-Wiener's index of microalgal diversity in the three oil palm industrial wastewater pond was ranging from 0.8806 to 1.3091. The cluster analysis showed low similarity among microalgal species, whereas the water qualities were similar among the three areas. Canonical correspondences analysis revealed that there was an obvious relationship of microalgal species and water transparency. *Oscillatoria* sp., *Cryptomonas* sp., *Pleurosigma* sp. and *Microcystis* sp. were commonly founded in water with high transparency and low BOD.

Keywords: Water quality, Microalgal diversity, Oil palm industrial wastewater

บทนำ

น้ำเสียหากมีการปล่อยลงสู่ธรรมชาติโดยไม่มีการบำบัดจะเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ (Oliveira *et al*., 2007; Yang *et al*., 2008; Senthil *et al*., 2012) เนื่องจากมีสารอินทรีย์สูง (ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) และมีการปนเปื้อนโลหะหนัก รวมทั้งยาปราบศัตรูพืช (Renuka *et al*., 2014) จึงมีความพยายามศึกษาหาเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการป้องกันไม่ให้เกิดน้ำเสียในธรรมชาติ สาหร่ายที่พบในระบบน้ำเสียก็สามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ (Torres *et al*., 2008) สาหร่ายเป็นผู้ผลิตขั้นต้น (primary producers) และมีบทบาทสำคัญในปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิต (biotic) และสิ่งไม่มีชีวิต (abiotic) ในระบบนิเวศแหล่งน้ำ โดยมีความสามารถป้องกันไม่ให้เกิด eutrophication เนื่องจากสาหร่ายมีการนำสารอินทรีย์ไปใช้และสามารถบำบัดสารปนเปื้อนอื่นๆ ในน้ำเสียอีกด้วย การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่ายกับแหล่งน้ำนั้นสามารถใช้เป็นดัชนีทางชีวภาพ (biological indicator) เพื่อช่วยในการประเมินคุณภาพน้ำ (Shanthala *et al*., 2009) จึงเริ่มมีการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่ายในระบบนิเวศแหล่งน้ำมากขึ้น (Bernal *et al*., 2008; Chinnasamy *et al*., 2010) เพื่อหาชนิดของสาหร่ายที่สามารถเจริญเติบโตดีและทนต่อสภาพน้ำเสีย (Renuka *et al*., 2013) จากนั้นนำไปเลี้ยงสำหรับใช้ในการบำบัดน้ำเสียในแหล่งนั้น การบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพโดยใช้สาหร่ายก็เป็นอีกวิธีที่จะเข้ามาแก้ไขปัญหาดังกล่าวและยังมีการศึกษาและวิจัยกันอย่างแพร่หลาย โดยพบว่า สาหร่ายสามารถลดไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ค่า chemical oxygen demand (COD) (Fallowfield and Barret, 1985; Aziz and Ng, 1992 ; Tarlan *et al*., 2002) รวมทั้งโลหะหนัก

(Bender *et al*., 1994; El-Sheekh *et al*., 2005) สาหร่ายสามารถนำน้ำเสียที่มีสารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสใช้เพื่อการเจริญเติบโตและผลิตชีวมวล (Martinez *et al*., 2000; Pizarro *et al*., 2002) ซึ่งการบำบัดน้ำเสียวิธีทางชีวภาพด้วยสาหร่ายจะเป็นวิธีที่มีต้นทุนต่ำ ประหยัดพลังงาน ใช้แสงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและไม่ปล่อยสารตกค้างในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย (Tam and Wong, 1989) ชนิดของสาหร่ายขนาดเล็กที่มีรายงานนำมาใช้บำบัดน้ำเสียจากบ้านเรือน การเกษตร ปศุสัตว์ และอุตสาหกรรม เช่น สกุล *Chlorella* (de-Bashan *et al*., 2008; Bhatnagar *et al*., 2010; Kim *et al*., 2010; Wang *et al*., 2010) *Ulothrix, Oedogonium* และ *Rhizoclonium* (Pizarro *et al*., 2002) *Dunaliella* (Shirai *et al*., 1998) *Scenedesmus* (Hodaifa *et al*., 2009; Voltolina *et al*., 1999; Gantar *et al*., 1991) *Spirulina* sp. (Olguín *et al*., 2003) และ *Phormidium* sp. (Cañizares-Villanueva *et al*., 1994)

การวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและความหลากหลายของสาหร่ายขนาดเล็กที่พบในน้ำทิ้งจากโรงงานปาล์มน้ำมัน นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการคัดเลือกชนิดของสาหร่ายสำหรับใช้ในการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียโรงงานปาล์มน้ำมันต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเก็บตัวอย่างสาหร่ายจากน้ำเสียจากโรงงานปาล์มน้ำมัน

เก็บตัวอย่างชนิดและปริมาณสาหร่ายจากบ่อน้ำทิ้งบ่อสุดท้ายเพียงครั้งเดียวในเดือนมีนาคม 2558 จากโรงงานปาล์มน้ำมัน 3 แหล่ง คือ บริษัทล่ำสูง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) (ตรัง 1) บริษัทตรังน้ำมันปาล์ม จำกัด (ตรัง 2) และบริษัทสหอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม จำกัด (มหาชน) (กระบี่ 1) โดยใช้ถุงลากแพลงก์ตอนขนาดช่องตาข่าย 45 ไมโครเมตร ใส่ในขวดพลาสติกขนาด 250 มิลลิลิตร เติมฟอร์มาลินให้มีความเข้มข้นสุดท้ายร้อยละ 4 วิเคราะห์ชนิดและความหนาแน่นของสาหร่าย โดยสุ่มนับจำนวนโดยใช้ Sedgewick-Raftet counting slide ความจุ 1 มิลลิลิตร 3 ซ้ำ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดเลนส์ประกอบ (compound microscope) ชนิดของสาหร่ายจัดจำแนกตามลัดดา (2544); ยุวดี (2549); Desikachary (1959) และ Prescott (1962)

2. คุณภาพน้ำเสียจากโรงงานปาล์มน้ำมัน

เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งโรงงานปาล์มน้ำมันจำนวน 3 จุด เพื่อเป็นตัวแทนในน้ำทิ้งในแต่ละโรงงาน โดยเก็บน้ำทิ้งในบ่อสุดท้าย ตรวจวัดปัจจัยทางกายภาพและทางเคมีบางประการของน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ วัดด้วย Thermometer ความโปร่งแสง วัดด้วย Secchi disk ความเป็นกรด-ด่าง วัดด้วย pH meter ออกซิเจนละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) โดยวิธี Azide modification (Strickland and Parsons, 1972) ตะกอนแขวนลอย (Total Suspended Solids; TSS) โดยวิธี Gravimetric method ค่า Chemical Oxygen Demand (COD) โดยวิธี Close Reflux, Titration method ค่า Biological Oxygen Demand (BOD) โดยวิธี 5-Day BOD test ปริมาณอนินทรีย์ฟอสเฟตละลายน้ำ ตามวิธีของ Strickland and Parsons (1972) ปริมาณไขมันและน้ำมัน โดยวิธี Soxhlet method แอมโมเนียรวมวิเคราะห์โดยวิธี modified idophenol (Sasaki and Sawada, 1980) วิเคราะห์ไนไตรท์โดยวิธี Diazotization 5 (Bendschneider and Robinson, 1952) และ

วิเคราะห์ไนเตรท โดยนำตัวอย่างน้ำผ่าน Cadmium reduction column วิเคราะห์ตามมาตรฐานของ APHA (2005)

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.1 คำนวนความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่ายตามวิธี Shannon-Wiener diversity index (Shanthala *et al*., 2009) ดังนี้

$$H' = -\sum_{i=1}^{k} pi\ (\ln pi)$$

โดย H' คือ ค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิด

pi คือ สัดส่วนความหนาแน่นของชนิดที่ *i* ในโรงงานนั้น โดยคำนวนได้จากสูตร

$$pi = \frac{ni}{N}$$

N คือ ผลรวมจำนวนเซลล์ทั้งหมดของทุกชนิดที่พบในโรงงานนั้น คำนวณได้จากสูตร

$$N = \sum_{i=1}^{k} ni \qquad i=1,.....,k$$

ni คือ จำนวนเซลล์ของชนิดที่ *i*

k คือ จำนวนชนิดที่พบในแต่ละโรงงาน

3.2 ค่าดัชนีความสม่ำเสมอในการกระจายตัว (Evenness Index) ใช้บ่งชี้การกระจายตัวของชนิด และปริมาณสาหร่ายในโรงงานต่างๆ กัน เมื่อคำนวณแล้วได้ค่าสูง แสดงว่าที่โรงงานนั้นๆ ประกอบด้วยสาหร่ายชนิดต่างๆ ที่มีปริมาณใกล้เคียงกัน และมีการกระจายที่เหมือนๆ กัน ใช้วิธีของ Pielou's evenness index (Shanthala *et al*., 2009) ดังนี้

$$J' = H' / \ln S \text{ หรือ } H' / H'_{max}$$

J' คือ ดัชนีความเท่าเทียม

H' คือ ค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิด

S คือ จำนวนของสัตว์หน้าดินที่พบในจุดสำรวจนั้น

H'_{max} คือ ค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิดที่มีค่ามากที่สุดจะเป็นไปได้เมื่อสาหร่ายทุกชนิดมีความชุกชุมเท่ากันหมด

3.3 วิเคราะห์ร้อยละความคล้ายคลึงของสาหร่าย (ชนิดและความชุกชุม) และคุณภาพน้ำ (ความโปร่งแสง อุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง DO TSS COD BOD ไขมันและน้ำมัน แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรทและฟอสเฟต ระหว่างโรงงานที่เก็บตัวอย่าง ด้วยการวิเคราะห์ Cluster Analysis (CA) โดยใช้โปรแกรม MVSP version 3.12d ด้วยวิธีการจัดกลุ่มแบบ UPGMA (Unweight Pair Group Average Method with Arithmetic Mean) และดัดแปลงข้อมูล (Data transformation) เป็น log (x+1)

3.4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสาหร่ายกับคุณภาพน้ำในแต่ละโรงงานที่เก็บตัวอย่าง ด้วยการวิเคราะห์ Canonical Correspondence Analysis (CCA) โดยใช้โปรแกรม MVSP version 3.12d และใช้ข้อมูลเดียวกับการวิเคราะห์ร้อยละความคล้ายคลึง

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. องค์ประกอบของสาหร่ายในน้ำทิ้งโรงงานปาล์มน้ำมัน

ชนิดสาหร่ายในน้ำทิ้งของโรงงานปาล์มน้ำมัน 3 โรงงาน พบสาหร่ายทั้งหมด 5 ดิวิชั่น 6 อันดับ 9 สกุล 10 ชนิดได้แก่ *Lyngbya* sp. *Oscillatoria* sp. *Phormidium* sp. *Microcystis* sp. *Chlorella* sp. *Cryptomonas* sp. *Euglena* sp.1 *Euglena* sp.2 *Pleurosigma* sp. และ *Cymbella* sp. โดยชนิดของสาหร่ายที่พบในแต่ละโรงงานแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การจำแนกชนิดของสาหร่ายในน้ำทิ้งโรงงานปาล์มน้ำมัน

Division (ดิวิชั่น)	Order (อันดับ)	Genus (สกุล)	Species (ชนิด)	ชนิดสาหร่ายที่พบ		
				ตรัง 1	ตรัง 2	กระบี่ 1
Cyanophyta	Nostocales	*Lyngbya*	*Lyngbya* sp.		X	
		Oscillatoria	*Oscillatoria* sp.	X		
		Phormidium	*Phormidium* sp.	X	X	X
		Microcystis	*Microcystis* sp.	X		
Chlorophyta	Chroococcales	*Chlorella*	*Chlorella* sp.			X
Cryptophyta	Cryptomonadales	*Cryptomonas*	*Cryptomonas* sp.	X		
Euglenophyta	Euglenales	*Euglena*	*Euglena* sp.1	X	X	X
			Euglena sp.2		X	X
Bacillariophyta	Naviculales	*Pleurosigma*	*Pleurosigma* sp.	X		
	Bacillariales	*Cymbetla*	*Cymbetla* sp.		X	X

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่า จำนวนชนิดของส่าหร่ายที่พบมากที่สุดในกลุ่ม Cyanophyta คือกลุ่ม *Phormidium* และ *Euglena* sp.1 สามารถพบได้ในน้ำเสียทั้งสามโรงงาน สอดคล้องกับ Bernal *et al*. (2008) พบว่าสาหร่ายในกลุ่ม Cyanophyta มีชนิดสาหร่ายมากที่สุดในน้ำเสียจาก Municipal wastewater treatment รองลงมาคือ Euglenophyta เช่นเดียวกับ Renuka *et al.* (2014) ศึกษาชนิดของสาหร่ายในน้ำโสโครก พบ ส่าหร่าย 5 ดิวิชั่น คือ Cyanophyta Chlorophyta Bacillariophyta Xanthophyta และ Euglenophyta โดย *Phormidium Oscillatoria Lyngbya Chlorella* และ *Phormidium* เป็นสกุลเด่น (Dominant genera) เช่นกัน น้ำเสียที่มีสารอินทรีย์สูงจะพบสาหร่ายในกลุ่ม Cyanophyta เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสามารถใช้ *Phormidium* เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำในสภาพมลภาวะ (ยุวดี, 2549)

2. ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่ายในน้ำทิ้งโรงงานปาล์มน้ำมัน

ค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ (Shannon-Wiener's Index) พบว่า ตรัง 2 มีค่าสูงที่สุด รองลงมาตรัง 1 และกระบี่ 1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.3091 1.2621 และ 0.8806 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) เช่นเดียวกันกับค่าการกระจาย Evenness พบว่า ตรัง 2 มีค่าสูงที่สุด รองลงมาตรัง 1 และกระบี่ 1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.8134 0.7044 และ 0.5472 ตามลำดับ ดังตารางที่ 2 สอดคล้องกับ

เสถียรพงษ์ และคณะ (2558) พบว่า ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดและค่าดัชนีความสม่ำเสมอของแพลงก์ตอนพืชบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ย : โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี โดยทำการเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง คือฤดูฝน เดือนกันยายน พ.ศ. 2555 และฤดูร้อน เดือนมีนาคม พ.ศ. 2556 มีค่าเท่ากับ 3.61 และ 0.80 ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับ เบ็ญจมาศ และคณะ (2558) พบว่าดัชนีความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชบริเวณป่าชายเลนหมู่บ้านบางสระเก้า อำเภอบางสระเก้า จังหวัดจันทบุรี โดยทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างระหว่างเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2551 ถึง เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2552 อยู่ในช่วง 2.12 ถึง 1.20

ตารางที่ 2 ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพและค่าความสม่ำเสมอของสาหร่ายในน้ำทิ้งโรงงานปาล์มน้ำมัน

โรงงาน	ค่าดัชนีความหลากหลาย (Shannon-Wiener's Index)	ค่าความสม่ำเสมอ (Evenness)
ตรัง 1	1.2621	0.7044
ตรัง 2	1.3091	0.8134
กระบี่ 3	0.8806	0.5472

3. คุณภาพน้ำบางประการของน้ำทิ้งจากโรงงานปาล์มน้ำมัน

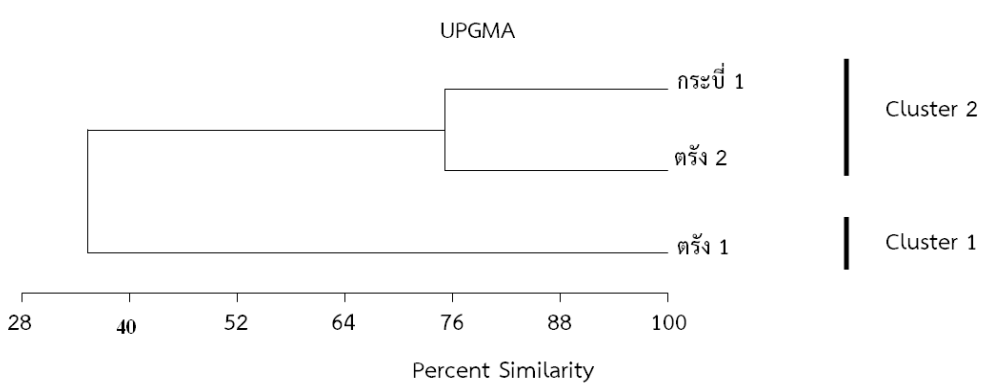
ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ ได้แก่ ความโปร่งแสง อุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง (pH) ออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) ตะกอนแขวนลอย (TSS) COD BOD ไขมันและน้ำมัน แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสเฟต ดังแสดงในตารางที่ 3 จากรายงานของณัฐวุฒิ และคณะ (2549) พบว่าคุณภาพน้ำจากจุดปล่อยน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มบ่อแรกมีค่าบีโอดี (BOD) ซีโอดี (COD) ของแข็งแขวนลอย (SS) ของแข็งแขวนลอยระเหย (VSS) กรดไขมันระเหย (VFA) และไขมัน (G&O) ประมาณ 53,400 112,500 55,175 49,092 1502.34 และ 2,568 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีค่าสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษานี้ เนื่องจากการศึกษานี้ใช้น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วและเป็นน้ำทิ้งบ่อสุดท้ายก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติหรือนำน้ำไปใช้ในการเกษตร

ตารางที่ 3 คุณลักษณะของน้ำทิ้งจากโรงงานปาล์มน้ำมัน

พารามิเตอร์น้ำ	ตรัง 1	ตรัง 2	กระบี่ 1
ความโปร่งแสง (เซนติเมตร)	1.25±2.35	0.40±0.20	0.45±0.15
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	30.90±0.20	32.10±0.20	30.20±0.30
pH	9.10±2.05	8.30±1.98	7.60±1.52
DO (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.89±0.08	2.07±0.81	0.76±0.25
TSS (มิลลิกรัมต่อลิตร)	98.66±8.25	193.67±12.68	496.67±15.45
COD (มิลลิกรัมต่อลิตร)	165.74±18.24	151.68±16.94	168.59±13.45
BOD (มิลลิกรัมต่อลิตร)	34.01±3.85	71.01±6.94	47.05±5.31
ไขมันและน้ำมัน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.40±0.05	0.20±0.01	0.80±0.02
แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	27.25±3.56	163.06±16.53	255.76±12.37
ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	2.24±0.54	1.55±0.05	2.01±0.08
ไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)	6.281±1.35	7.99±0.89	6.66±1.09
ฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร)	42.92±2.58	110.65±3.91	58.40±5.64

4. ความคล้ายคลึงของสาหร่าย

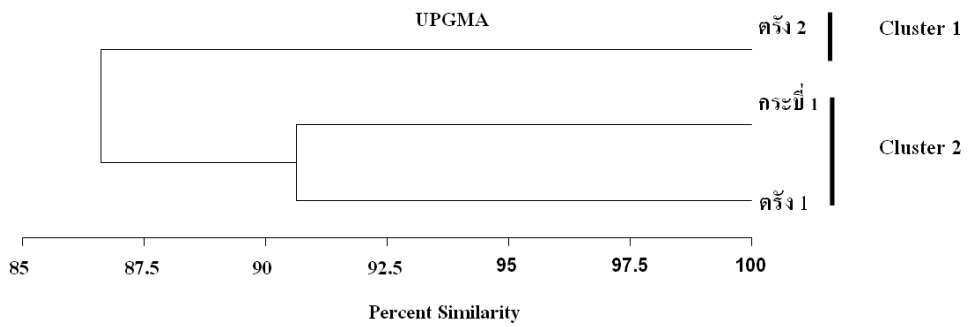
จากการวิเคราะห์ร้อยละความคล้ายคลึงของสาหร่ายที่พบทั้ง 3 โรงงาน พบว่ามีความแตกต่างกัน โดยสามารถแบ่งความคล้ายคลึงของสาหร่ายได้เป็น 2 กลุ่มที่ระดับความคล้ายคลึงร้อยละ 35.39 โดยกลุ่มที่ 1 (Cluster 1) คือ ตรัง 1 ส่วนกลุ่มที่ 2 (Cluster 2) ประกอบด้วย ตรัง 2 กับ กระบี่ 1 ซึ่งมีความคล้ายคลึงกันที่ร้อยละ 75.11 ซึ่งพบว่ามีสาหร่าย 4 ชนิด ที่พบในน้ำทิ้งจากโรงงานปาล์มน้ำมันจากตรัง 2 และ กระบี่ 1 คือ *Phormidium* sp. *Euglena* sp.1 *Euglena* sp.2 และ *Cymbetla* sp. (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ร้อยละความคล้ายคลึงของสาหร่ายในน้ำทิ้งโรงงานปาล์มน้ำมันในแต่ละโรงงาน (Cluster 1 ความคล้ายคลึงของสาหร่ายกลุ่มที่ 1; Cluster 2 ความคล้ายคลึงของสาหร่ายกลุ่มที่ 2)

5. ความคล้ายคลึงของคุณภาพน้ำ

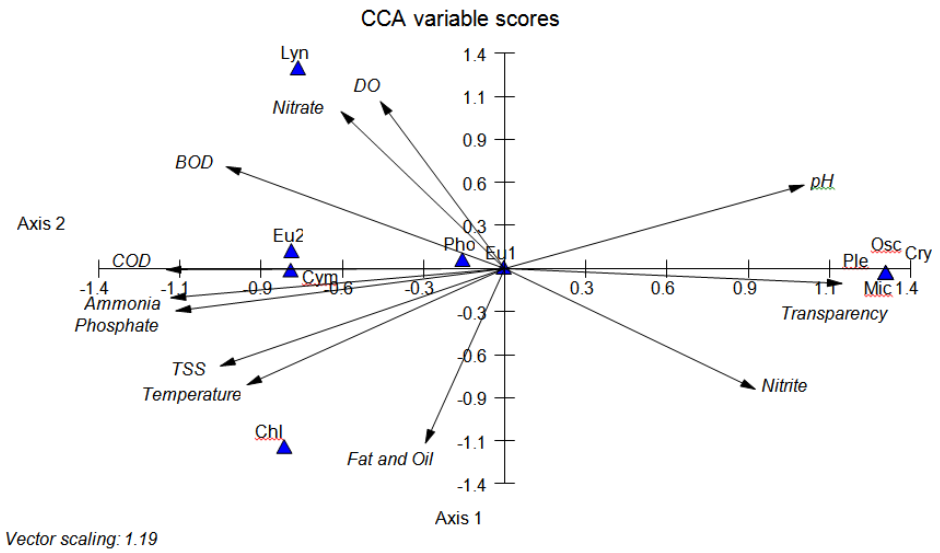
จากการวิเคราะห์ร้อยละความคล้ายคลึงของคุณภาพน้ำที่พบทั้ง 3 โรงงาน พบว่าค่อนข้างมีความคล้ายคลึงกันมาก โดยสามารถแบ่งความคล้ายคลึงของคุณภาพน้ำ ได้เป็น 2 กลุ่ม ที่ระดับความคล้ายคลึงร้อยละ 86.62 โดยกลุ่มที่ 1 (Cluster 1) คือ ตรัง 2 ส่วนกลุ่มที่ 2 (Cluster 2) ประกอบด้วยตรัง 1 กับกระบี่ 1 ซึ่งมีความคล้ายคลึงกันมากที่ร้อยละ 90.63 ซึ่งพบว่า อุณหภูมิ DO COD BOD ไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสเฟต มีค่าใกล้เคียงกันในตรัง 1 กับ กระบี่ 1 (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ร้อยละความคล้ายคลึงของคุณภาพน้ำในน้ำทิ้งโรงงานปาล์มน้ำมันในแต่ละโรงงาน (Cluster 1 ความคล้ายคลึงของสาหร่ายกลุ่มที่ 1; Cluster 2 ความคล้ายคลึงของสาหร่ายกลุ่มที่ 2)

6. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับชนิดของสาหร่าย

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสาหร่ายกับคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานปาล์มน้ำมันทั้ง 3 โรงงาน พบว่า ค่าความโปร่งแสงของน้ำ (transparency) มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับสาหร่ายบางชนิดได้แก่ *Oscillatoria* sp. *Cryptomonas* sp. *Pleurosigma* sp. และ *Microcystis* sp. โดยสาหร่ายชนิดดังกล่าวพบได้เพียงบริเวณที่มีค่าความโปร่งแสงสูงและค่า BOD ในน้ำต่ำเท่านั้น โดยบริเวณดังกล่าว ได้แก่ น้ำทิ้งจากโรงงานปาล์มน้ำมันตรัง 1 ซึ่งพบว่ามีค่าความโปร่งแสงของน้ำมากที่สุด (1.25 เซนติเมตร) และมีค่า BOD (34.01 มิลลิกรัมต่อลิตร) น้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับโรงงานอื่นๆ (ความโปร่งแสง=0.4 เซนติเมตร และ 0.45 เซนติเมตร BOD = 71.01 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 47.05 มิลลิกรัมต่อลิตร) และเป็นน้ำทิ้งจากโรงงานเดียวเท่านั้นที่พบแพลงค์ตอนพืชทั้งสี่ชนิดนี้ (ภาพที่ 3) ผลจากการศึกษาในครั้งจะเห็นได้ว่ามีสาหร่ายอยู่หลายชนิดที่มีศักยภาพนำไปบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานปาล์มน้ำมัน เช่น *Chlorella* (de-Bashan *et al*., 2008; Bhatnagar *et al*., 2010; Kim *et al*., 2010; Wang *et al*., 2010) *Spirulina* sp. (Olguín *et al*., 2003) และ *Phormidium* sp. (Cañizares-Villanueva *et al*., 1994)



ภาพที่ 3 CCA แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับสาหร่ายจากน้ำทิ้งโรงงานปาล์มน้ำมัน (Lyn=*Lyngbya* sp., Osc=*Oscillatoria* sp., Pho=*Phormidium* sp., Mic=*Microcystis* sp., Chl=*Chlorella* sp., Cry=*Cryptomonas* sp., Eu=*Euglena* sp.1, Eu2=*Euglena* sp.2, Ple=*Pleurosigma* sp. and Cym=*Cymbetla* sp.)

สรุปผลการวิจัย

ชนิดของสาหร่ายในน้ำทิ้งบ่อสุดท้ายของโรงงานปาล์มน้ำมันจำนวน 3 แหล่ง ได้แก่ จังหวัดตรัง 2 แหล่ง (ตรัง 1 และตรัง 2) และจังหวัดกระบี่ 1 แหล่ง (กระบี่ 1) พบสาหร่ายทั้งหมด 5 ดิวิชั่น 6 อันดับ 9 สกุล 10 ชนิด โรงงานปาล์มน้ำมันจังหวัดตรัง 1 พบชนิดของสาหร่ายมากที่สุด รองลงมาคือ จังหวัดตรัง 2 และ จังหวัดกระบี่ 1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5 และ 5 ชนิด ตามลำดับ โดย *Phormidium* sp. และ *Euglena* sp.1 เป็นชนิดเด่น พารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำมีค่าความโปร่งแสง อุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง ออกซิเจนละลายในน้ำ ตะกอนแขวนลอย COD BOD ไขมันและน้ำมัน แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสเฟต เท่ากับ 0.45-1.25 เซนติเมตร 30.90-35.20 องศาเซลเซียส 7.60-9.10 0.76-2.07 มิลลิกรัมต่อลิตร 98.66-496.67 มิลลิกรัมต่อลิตร 151.68-168.59 มิลลิกรัมต่อลิตร 34.01-71.01 มิลลิกรัมต่อลิตร 0.20-0.80 มิลลิกรัมต่อลิตร 27.25-255.76 มิลลิกรัมต่อลิตร 1.55-2.24 มิลลิกรัมต่อลิตร 6.281-7.99 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 42.92-158.40 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ พบว่าสาหร่ายมีความหลากหลายสูงที่สุดในน้ำทิ้งโรงงานปาล์มน้ำมันตรัง 2 เมื่อวิเคราะห์ความคล้ายคลึงพบว่าความคล้ายคลึงของชนิดสาหร่าย (ร้อยละ 35.39-75.11) มีค่าน้อยกว่าความคล้ายคลึงของคุณภาพน้ำ (ร้อยละ 86.62-90.63) ซึ่งสาหร่ายที่มีศักยภาพนำไปบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานปาล์มน้ำมัน ได้แก่ *Chlorella* sp. *Spirulina* sp. และ *Phormidium* sp.

เอกสารอ้างอิง

ณัฐวุฒิ บุญเลี่ยม สมชาย ดารารัตน์ ชาญวิทย โฆษิตานนท์ ทวีศักดิ์ หอมดอกไม้ และจิรวรรณ ออตยะกุล. (2549). การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มด้วยกระบวนการไร้ออกซิเจนสองขั้นตอน. ใน *การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 5* (1-9). กรุงเทพฯ: สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

เบ็ญจมาศ จันทะภา ไพบูลย์กิจกุล ลภัสลดา ไกรสินธุ์ ศศิฬา ฉิมพลี และชลี ไพบูลย์กิจกุล. (2558). ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชบริเวณบ้านบางสระเก้า อ.แหลมสิงห์ จ.จันทบุรี. *แก่นเกษตร*, 43(ฉบับพิเศษ 1), 568-573.

ยุวดี พีรพรพิศาล. (2549). *สาหร่ายวิทยา*. เชียงใหม่: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ลัดดา วงศ์รัต. (2544). *แพลงก์ตอนพืช*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาชีววิทยา. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เสถียรพงษ์ ขาวหิต เกษม จันทร์แก้ว วศิน อิงคพัฒนากุล อรอนงค์ ผิวนิล อนุกรณ์ บุตรสันติ์ และเอกชัย บุดดา. (2558). ความหลากหลายชนิดของแพลงก์ตอนพืชและความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ย: โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ.*, 38(2), 167-179.

APHA. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.* Washington DC: Port City Press.

Aziz, M.A. and Ng, W.J. (1992). Feasibility of wastewater treatment using the activated-algae process. *Bioresource Technology*, 40(3), 205-208.

Bender, J., Gould, J.P., Vatcharapijarn, Y., Young, J.S. and Phillips, P. (1994). Removal of zinc and manganese from contaminated water with cyanobacteria mats. *Water Environment Research*, 66(5), 679-683.

Bendschneider, K. and Robinson, J.R. (1952). A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in seawater. *Journal of Marine Research*, 11, 87-96.

Bernal, C.B., Vazquez, G., Quintal, I.B. and Bussy, A.N. (2008). Microalgal dynamics in batch reactors for municipal wastewater treatment containing dairy sewage water. *Water Air and Soil Pollution*, 190(1), 259-270.

Bhatnagar, A., Bhatnagar, M., Chinnasamy, S. and Das, K.C. (2010). *Chlorella minutissima*-A promising fuel alga for cultivation in municipal wastewaters. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 161(1-8), 523-536.

Cañizares-Villanueva, R.O., Ramos, A., Corona, A.I., Monroy, O., de la Torre, M., Gomez-Lojero, C. and Travieso, L. (1994). *Phormidium* treatment of anaerobically treated swine wastewater. *Water Research*, 28(9), 1891-1895.

Chinnasamy, S., Bhatnagar, A., Hunt, R.W. and Das, K.C. (2010). Microalgae cultivation in a wastewater dominated by carpet mill effluents for biofuel applications. *Bioresource Technology*, 101(9), 3097-3105.

de-Bashan, L.E., Trejo, A., Huss, V.A.R., Hernandez, J.P. and Bashan, Y. (2008). *Chlorella sorokiniana* UTEX 2805, a heat and intense, sunlight-tolerant microalga with potential for removing ammonium from wastewater. *Bioresource Technology*, 99(11), 4980-4989.

Desikachary, T.V**.** (1959). *Cyanophyta.* New Delhi: Botany Department, University of Madras., Published. Indian Council of Agricultural.

El-Sheekh, M.M., El-Shouny, W.A., Osman, M.E.H. and El-Gammal, E.W.E. (2005). Growth and heavy metals removal efficiency of *Nostoc muscorum* and *Anabaena subcylindrica* in sewage and industrial wastewater effluents. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 19(2), 357-365.

Fallowfield, H.D. and Barret, M.K. (1985). The photosynthetic treatment of pig slurry in temperate climatic conditions: A pilot plant study. *Agricultural Wastes*, 12(2), 111-136.

Gantar, M., Obreht, Z. and Dalmacija, B. (1991). Nutrient removal and algal succession during the growth of *Spirulina platensis* and *Scenedesmus quadricauda* on swine wastewater. *Bioresource Technology*, 36(2), 167-171.

Hodaifa, G., Martínez, M.E. and Sánchez, S. (2009). Influence of pH on the culture of *Scenedesmus obliquus* in olive-mill wastewater. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 14(6), 854-860.

Kim, J., Lingaraju, B.P., Rheaume, R., Lee, J.Y. and Siddiqui, K.F. (2010). Removal of ammonia from wastewater effluent by *Chlorella Vulgaris*. *Tsinghua Science Technology*, 15(4), 391-396.

Martinez, M.E., Sanchez, S., Jimenez, J.M., Yousfi, F.E. and Munoz, L. (2000). Nitrogen and phosphorus removal from urban wastewater by the microalga *Scenedesmus obliquus*. *Bioresource Technology*, 73(3), 263-272.

Olguín, E.J., Galicia, S., Mercado, G. and Pérez, T. (2003). Annual productivity of *Spirulina* (*Arthrospira*) and nutrient removal in a pig wastewater recycling process under tropical conditions. *Journal of Applied Phycology*, 15(2-3), 249-257.

Oliveira, A.S., Bocio, A., Trevilato, T.M., Takayanagui, A.M., Domingo, J.L. and Segura-Munoz, S.I. (2007). Heavy metals in untreated/treated urban effluent and sludge from a biological wastewater treatment plant. *Environmental Science and Pollution Research International*, 14(7), 483-489.

Prescott, G.W. (1962). *Algae of the Western Great Lakes Area: With an illustrated key to the genera of desmids and freshwater diatoms.* Iowa: Wm. C. Brown Co. Inc.

Pizarro, C., Kebede-Westhead, E. and Mulbry, W. (2002). Nitrogen and phosphorus removal rates using small algal turfs grown with dairy manure. *Journal Applied Phycology*, 14(6), 469-473.

Renuka, N., Sood, A., Ratha, S.K., Prasanna, R. and Ahluwalia, A.S. (2013). Nutrient sequestration, biomass production by microalgae and phytoremediation of sewage water. *International Journal of Phytoremediation*, 15(8), 789-800.

Renuka, N., Sood, A., Prasanna, R. and Ahluwalia, A.S. (2014). Influence of seasonal variation in water quality on the microalgal diversity of sewage wastewater. *South African Journal of Botany*, 90, 137-145.

Sasaki, K. and Sawada, Y. (1980). Determination of ammonia in estuary. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 46(3), 319-321.

Senthil, P., Jeyachandran, S., Manoharan, C. and Vijayakumar, S. (2012). Microbial diversity in rubber industry effluent. *International Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 2(1), 123-131.

Shanthala, M., Hosmani, S.P. and Hosetti, B.B. (2009). Diversity of phytoplankton in a waste stabilization pond at Shimoga town, Karnataka State, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 151(1-4), 437-443.

Shirai, F., Kunii, K., Sato, C., Teramoto, Y., Mizuki, E., Murao, S. and Nakayama, S. (1998). Cultivation of microalgae in the solution from the desaltion process of soy sauce waste treatment and utilization of the algal biomass for ethanol fermentation. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 14(6), 839-842.

Strickland, J.D.H. and Parsons, T.R. (1972). *A Practical Handbook of Seawater Analysis.* Ottawa: Fisheries Research Board of Canada Bulletin.

Tam, N.F.Y. and Wong, Y.S. (1989). Wastewater nutrient removal by *Chlorella pyrenoidosa* and *Scenedesmus* sp. *Environmental Pollution*, 58(1), 19-34.

Tarlan, E., Dilek, F.B. and Yetis, U. (2002). Effectiveness of algae in the treatment of a wood-based pulp and paper industry wastewater. *Bioresource Technology*, 84(1), 1-5.

Torres, M.A., Borros, M.P., Campos, S.C.G., Pinto, E., Rajamani, S., Sayre, R.T. and Colepicolo, P. (2008). Biochemical biomarkers in algae and marine pollution: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 71(1), 1-15.

Voltolina, D., Cordero, B., Nieves, M. and Soto, L.P. (1999). Growth of *Scenedesmus* sp. in artificial wastewater. *Bioresource Technology*, 68(3), 265-268.

Wang, L., Min, M., Li, Y., Chen, P., Chen, Y., Liu, Y., Wang, Y. and Ruan, R. (2010). Cultivation of green algae *Chlorella* sp. in different wastewaters from municipal wastewater treatment plant. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 162(4), 1174-1186.

Yang, X., Wu, X., Hao, H. and He, Z. (2008). Mechanisms and assessment of water eutrophication. *Journal of Zhejiang University Science*, 9(3), 197-209.