รายงานผลการวิจัย
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายที่มีประโยชน์ทางเศรษฐกิจจากน้ำเสียโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง

CULTIVATION OF ECONOMIC ALGAE IN WASTE WATER FROM VEGETABLE AND FRUIT CANNING INDUSTRY

โดย

ศิราภรณ์ ชื่นบาล

2552

รายงานผลการวิจัย
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง การเพาะเลี้ยงสาหร่ายที่มีประโยชน์ทางเศรษฐกิจจากน้ำเสียโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง

CULTIVATION OF ECONOMIC ALGAE IN WASTE WATER FROM VEGETABLE AND FRUIT CANNING INDUSTRY

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2551

จำนวน 124,500 บาท

หัวหน้าโครงการ ศิราภรณ์ ชื่นบาล

ผู้ร่วมโครงการ ฐปน ชื่นบาล

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

23/03/52

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความร่วมมือและความอนุเคราะห์จากหลายฝ่ายด้วยกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ข้าพเจ้าขอขอบคุณนายขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษาในการจัดจำแนกสาหร่ายและการเพาะเลี้ยงสาหร่าย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ กศึกษาทุกคนในห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะนางสาวชลลดา บัวโค้ง

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และคณะผู้บริหารทุกท่านในบริษัทช้างอวอดส์ (1959) จำกัด ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมการเกษตร ที่สนับสนุนงบประมาณ ประจำปี 2551 สำหรับการวิจัยในครั้งนี้

ศิราภรณ์ ชื่นบาล

สารบัญเรื่อง

หน้า

บทคัดย่อ ก

ABSTRACT ข

กิตติกรรมประกาศ ค

สารบัญเรื่อง ง

สารบัญตาราง จ

สารบัญภาพ ฉ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการศึกษา 1

1.2 วัตถุประสงค์การทดลอง 2

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.4 การตรวจเอกสาร

1.4.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับบริษัทช้างอวอดส์ (1959) จำกัด 3

1.4.2 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตโดยทั่วไปของโรงงานผลิตผักและผลไม้บรรจุกระป๋อง 5

1.4.3 กระบวนการและขั้นตอนการบำบัดน้ำทิ้ง 11

1.4.4 สาหร่ายและความสำคัญ 14

1.4.5 สาหร่ายและการบำบัดน้ำเสีย 23

บทที่ 2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 อุปกรณ์และสารเคมี 29

2.2 ขอบเขตของการทดลอง 30

2.2 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

2.3.1 การเก็บตัวอย่าง 30

2.3.2 คัดเลือกสาหร่ายที่มีประโยชน์ และทำการแยกเชื้อให้บริสุทธิ์ 32

2.3.3. การเพาะเลี้ยงเพื่อเพิ่มปริมาณ 34

2.3.4. การเพาะเลี้ยงในสภาพห้องปฏิบัติการด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ 35

2.3.5. การเพาะเลี้ยงในสภาพห้องปฏิบัติการด้วยน้ำทิ้งจากบ่อพักน้ำทิ้งของโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง 36

สารบัญเรื่อง(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

3.1 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทิ้ง 37

3.2 การจัดจำแนกสาหร่าย 37

3.3 การคัดเลือกสาหร่ายที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจเพื่อทำการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณ 51

3.4 การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Chlorella* sp.ในสภาพห้องปฏิบัติการด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ 52

3.5 การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Chlorella* sp.ในน้ำทิ้งของโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง 54

บทที่ 4 สรุปผลการทดลอง 58

เอกสารอ้างอิง 60

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1.1 กำลังการผลิตโดยประมาณของบริษัทช้างอวอดส์ (1959) ปี พ. ศ. 2551 4
ตาราง 1.2 ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิต 4
ตาราง 1.3 สาหร่ายจีนัสต่างๆที่พบในระบบบำบัดน้ำเสีย 23
ตาราง 1.4 การศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่าย Spiulina sp. และ Chlorella sp. ในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมทางการเกษตรและการเกษตรบางชนิด 24
ตาราง 3.1 สาหร่ายที่พบในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศต่อด้วยระบบสระเติมอากาศของโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง 38
ตาราง 3.2 การเจริญเติบโตของสาหร่าย *Chlorella* sp. ที่เพาะเลี้ยงในสภาพห้องปฏิบัติการด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ Jaworski's Medium (JM) 53
ตาราง 3.3 การเจริญเติบโตของสาหร่าย *Chlorella* sp. ในน้ำทิ้งของโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง 56

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 1.1 แผนผังโรงงานบริษัทช้างอวอดส์ (1959) จำกัด 3
ภาพ 1.2 กระบวนการผลิตข้าวโพดหวาน 6
ภาพ 1.3 กระบวนการผลิตลำไย 7
ภาพ 1.4 กระบวนการผลิตลิ้นจี่ 8
ภาพ 1.5 กระบวนการผลิตข้าวโพดฝักอ่อน 9
ภาพ 1.6 กระบวนการผลิตหน่อไม้ 10
ภาพ 1.7 ขั้นตอนแสดงระบบบำบัดน้ำเสีย 13
ภาพ 1.8 แผนผังระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานช้างอวอดส์ (1959) จำกัด 14
ภาพ 1.9 สาหร่ายขนาดเล็กมองที่ไม่เห็นด้วยตาเปล่า 15
ภาพ 1.10 สาหร่ายขนาดใหญ่มีส่วนที่คล้ายราก ลำต้น และใบรวมเรียกว่า Thallus 15
ภาพ 1.11 สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.) 17
ภาพ 1.12 สาหร่าย *Nostoc* sp.(เห็ดลาบ, ไข่หิน) ใช้ประกอบอาหาร 17
ภาพ 1.13 หอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่าย 18
ภาพ 1.14 การใช้สาหร่ายช่วยการบำบัดน้ำเสียในระบบบำบัดแบบคลองเวียน 19
ภาพ 1.15 ปุ๋ยชีวภาพที่ผลิตจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน 20
ภาพ 1.16 สาหร่ายแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์บำรุงผิวหน้า 20
ภาพ 1.17 สาหร่ายเกลียวทอง(*Spirulina* sp.) แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริม 21
ภาพ 1.18 แสดงสายใยอาหาร (Food web) ในแหล่งน้ำที่มีสาหร่ายเป็นผู้ผลิต 22
ภาพ 2.1 การเก็บตัวอย่างสาหร่ายโดยใช้ตาข่ายแพลงก์ตอน (Plankton net) 31
ภาพ 2.2 ตัวอย่างน้ำทิ้ง 32
ภาพ 2.3 ลักษณะการลากเส้นบนอาหารวุ้น 33
ภาพ 2.4 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายในอาหารแข็ง 34
ภาพ 2.5 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายในอาหารเหลว 34
ภาพ 2.6 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเพื่อเพิ่มปริมาณ ในโหลขนาด 10 ลิตร 35
ภาพ 2.7 สไลด์ Haemacytometer 36
ภาพ 2.8 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายในน้ำทิ้งจากโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง 36

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

ภาพ 3.1 สาหร่ายที่พบในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสีย 39
แบบไร้อากาศต่อด้วยระบบสระเติมอากาศของโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง
.
ภาพ 3.2 ก. สาหร่าย คลอเรลลา (*Chlorella* sp.) 51
ข. สาหร่าย ซีนีเดสมัส (*Scenedesmus* sp.)
ภาพ 3.3 การเจริญเติบโตของสาหร่าย *Chlorella* sp. แสดงด้วยค่า OD 53
ที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ Jaworski's Medium (JM)
ภาพ 3.4 การเจริญเติบโตของสาหร่าย *Chlorella* sp. แสดงด้วยจำนวน 54
เซลล์ของสาหร่าย ที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ Jaworski's Medium (JM)
ภาพ 3.5 การเจริญเติบโตของสาหร่าย *Chlorella* sp. ในน้ำทิ้งจากโรงงาน 56
ผักและผลไม้กระป๋องแสดงด้วยค่า OD
ภาพ 3.6 การเจริญเติบโตของสาหร่าย *Chlorella* sp. ในน้ำทิ้งจากโรงงาน 57
ผักและผลไม้กระป๋องแสดงด้วยค่า จำนวนเซลล์ของสาหร่าย

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายที่มีประโยชน์ทางเศรษฐกิจจากน้ำเสียโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง

CULTIVATION OF ECONOMIC ALGAE IN WASTE WATER FROM VEGETABLE AND FRUIT CANNING INDUSTRY

ศิราภรณ์ ชื่นบาล และ ฐปน ชื่นบาล

SIRAPORN CHEUNBARN AND TAPANA CHEUNBARN

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาชนิดของสาหร่ายและการเพาะเลี้ยงสาหร่ายที่มีประโยชน์เชิงเศรษฐกิจจากน้ำทิ้งโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง ที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศต่อด้วยระบบสระเติมอากาศ พบสาหร่ายทั้งสิ้น 11 วงศ์ 15 สกุล ได้แก่ *Anabaena* sp., *Nitzschia* sp., *Navicula* sp., *Cyclotella* sp., *Trachelomonas* sp., *Phacus* sp., *Euglena* sp., *Tetraedron* sp., *Scenedesmus* sp., *Micractinium* sp., *Closterium* sp., *Chlorella* sp., *Phormidium* sp., *Oscillatoria* sp., และ *Microcystis* sp. ได้ทำการคัดเลือกสาหร่าย *Chlorella* sp. ซึ่งเป็นสาหร่ายที่พบเป็นจำนวนมากและมีประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ มาทำการเพาะเลี้ยง ผลจากการศึกษาพบว่า สาหร่าย *Chlorella* sp. สามารถเจริญได้ในน้ำทิ้งจากโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง โดยสามารถเจริญได้สูงสุด 13.12×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร มีค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตรเท่ากับ 0.162 เมื่อให้แสงตลอด 24 ชั่วโมงด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์และสามารถเจริญได้สูงสุด 9.8×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร มีค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตรเท่ากับ 0.12 เมื่อใช้แสงจากธรรมชาติ

ABSTRACT

The aims of this research project are to study algae diversity and cultivate economic algae from vegetable and fruit canning industry effluent, treated by anaerobic digester followed by aerated lagoon. Eleven families, 15 genera were found: *Anabaena* sp., *Nitzschia* sp., *Navicula* sp., *Cyclotella* sp., *Trachelomonas* sp., *Phacus* sp., *Euglena* sp., *Tetraedron* sp., *Scenedesmus* sp., *Micractinium* sp., *Closterium* sp., *Chlorella* sp., *Phormidium* sp., *Oscillatoria* sp., และ *Microcystis* sp.. *Chlorella* sp., high density with commercial application, was selected and cultivated. The results showed that *Chlorella* sp. could be cultivated in vegetable and fruit canning industry effluent. The maximum growth were 13.12×10^5 cell/ml, OD_{560} 0.162 at 24 hours light by fluorescent lamp and 9.8×10^5 cell/ml, OD_{560} 0.12 by natural light.

บทที่ 1

คำนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการศึกษา

การส่งออกผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ได้แก่ผักและผลไม้กระป๋อง สามารถทำรายได้เข้าประเทศได้ปีละหลายพันล้านบาท ซึ่งมีการส่งออกไปในหลายประเทศ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา สหภาพยุโรป และญี่ปุ่น เป็นต้น และการส่งออกมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นในทุกปี ทำให้มีการขยายกำลังผลิตเพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี ซึ่งนับได้ว่าเป็นนิมิตรหมายอันดี ต่อเกษตรกรและผู้ผลิตในประเทศไทย อย่างไรก็ตามพบว่าขบวนการผลิตนั้นทำให้เกิดปัญหาน้ำเสีย ซึ่งเกิดจากขบวนการล้าง การทำความสะอาดและจากขบวนการผลิต โดยที่น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากขบวนการเหล่านี้มักไม่ได้รับการบำบัดอย่างถูกวิธี ซึ่งจะทำให้เกิดการหมักหมมและเน่าเสีย ส่งกลิ่นเหม็นรบกวนชุมชนที่อยู่ใกล้เคียง นำมาซึ่งปัญหาความขัดแย้งของชุมชนที่อยู่โดยรอบ รวมไปถึงปัญหาเกี่ยวกับสุขภาพของทั้งคนงานและชุมชนอีกด้วย ดังนั้นในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในการบำบัดเสียที่มีประสิทธิภาพจากโรงงานผักและผลไม้ไม้กระป๋อง จึงเป็นปัญหาที่ควรได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาหาเชื้อสาหร่ายที่เหมาะสม ที่สามารถเจริญเติบโตในน้ำเสียจากขบวนการผลิตรวมทั้งมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง โดยได้ศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำน้ำทิ้งจากขบวนการผลิตนั้นมาใช้ประโยชน์ในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย และเป็นแนวทางที่จะนำสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงมาทำให้เกิดมูลค่า ซึ่งแล้วแต่ชนิดของสาหร่าย เช่น ใช้ทำเป็นอาหารสัตว์หรือทำเป็นปุ๋ย เป็นต้น โดยทำการคัดแยกเชื้อสาหร่ายจากที่มีอยู่ในแล้วในบ่อผึ่งของโรงงาน และนำสาหร่ายที่ทำการคัดแยกได้ที่มีประโยชน์ และสามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำทิ้งจากขบวนการผลิตมาทำการเพาะเลี้ยง โดยการศึกษาในครั้งนี้ได้รับความร่วมมือจากโรงงานช้างอวอดส์ (1959) จำกัด ซึ่งเป็นโรงงานผลิตผักและผลไม้กระป๋อง เพื่อการส่งออก ตั้งอยู่ อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อใช้เป็นสถานที่ศึกษา และอนุเคราะห์น้ำตัวอย่าง โดยความรู้ที่ได้นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์และประสิทธิภาพในต่อการบำบัดน้ำทิ้งของโรงงาน โดยการนำน้ำทิ้งเหล่านี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ และยังเป็นการลดความขัดแย้งระหว่างชุมชนและผู้ประกอบการได้อีกทางหนึ่งด้วย อีกทั้งมีผลดีต่อการส่งออก เนื่องจากมาตรฐานของโรงงานที่ดีขึ้น รวมทั้งเป็นการเริ่มต้นที่ดีในการจัดทำระบบ ISO 14000 ต่อไปในอนาคต นอกจากนี้

ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในโรงงานผักและผลไม้กระป๋องอื่นๆ หรือในโรงงานผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร อื่นๆ ที่มีคุณลักษณะของน้ำทิ้งใกล้เคียงกันได้ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1) เพื่อทำการคัดแยกและจัดจำแนกสาหร่ายในน้ำเสียของโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง เพื่อให้ได้สาหร่ายที่มีความบริสุทธิ์

2) ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำสาหร่ายที่คัดแยกได้ ที่มีประโยชน์ มาทำการเพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากขบวนการผลิต

3) เพื่อเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์จากน้ำเสียจากขบวนการผลิตและช่วยในการบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) สามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมการแปรรูปผลิตผลทางเกษตรกรรมประเภทผักและผลไม้กระป๋องให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น โดยสามารถนำไปเพิ่มเติมหรือต่อจากระบบอื่นๆ ที่มีอยู่แล้ว โดยเฉพาะกับบ่อผึ่ง เพื่อทำให้ระบบนั้นมีประสิทธิภาพมากขึ้นและน้ำทิ้งมีความสกปรกน้อยลง

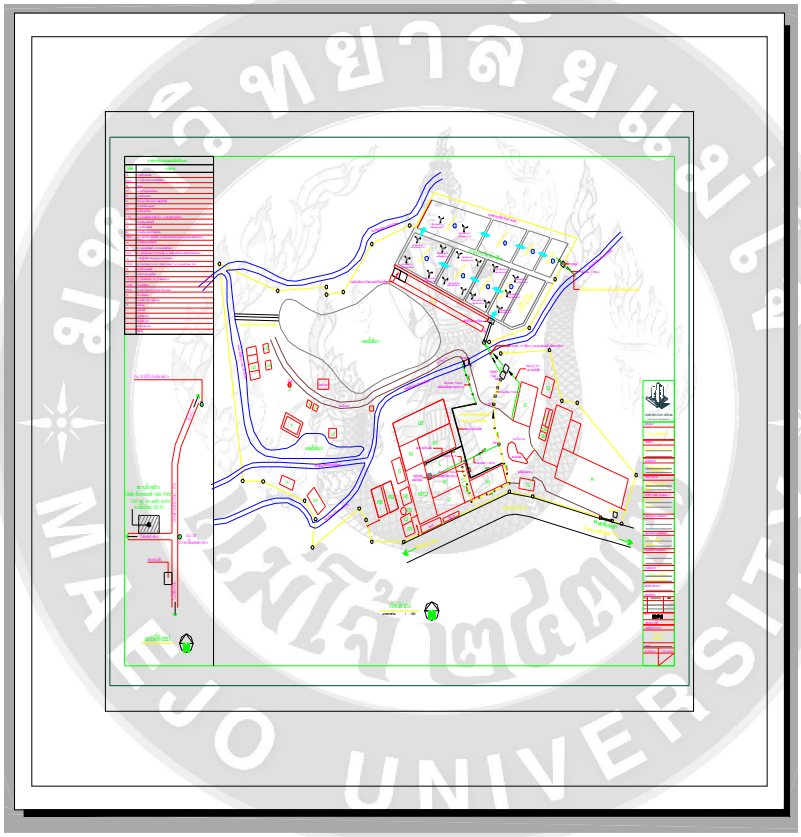
2) สามารถพัฒนาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายที่มีประโยชน์ที่ได้เพื่อเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็กโดยใช้น้ำเสียจากขบวนการผลิตให้เกิดประโยชน์สูงที่สุด

1.4 การตรวจเอกสาร

1.4.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับบริษัทช้างอวอดส์ (1959) จำกัด

บริษัทช้างอวอดส์ (1959) จำกัด เป็นโรงงานผลิตผักและผลไม้กระป๋องชั้นนำ ที่ส่งสินค้าออกไปยังประเทศต่างๆ เช่นสหรัฐอเมริกา และในประเทศแถบภูมิภาคเอเชียได้แก่ สิงคโปร์ มาเลเซีย และญี่ปุ่น เป็นต้น โดยมีข้อมูลพื้นฐานของโรงงานดังต่อไปนี้

เนื้อที่โรงงาน (ไร่) พื้นที่โรงงาน 69 ไร่และประกอบด้วยอาคารต่างๆตามแผนผังโรงงานด้านล่างนี้



ภาพ 1.1 แผนผังโรงงานบริษัทช้างอวอดส์ (1959) จำกัด

พื้นที่โดยรอบโรงงาน

ทิศเหนือ	มีพื้นที่ติดกับ คลองชลประทานห่างจากพื้นที่วัดประมาณ 50 เมตร
ทิศตะวันออก	มีพื้นที่ติดกับ พื้นที่ทำการเกษตรของชุมชน บางส่วนเป็นติดกับพื้นที่ป่ารกร้าง
ทิศใต้	มีพื้นที่ติดกับ ถนนสาธารณะขึ้นดอยอ่างขาง
ทิศตะวันตก	มีพื้นที่ติดกับ สวนของชาวบ้าน และหมู่บ้าน

ประวัติการก่อตั้งโรงงาน

ก่อตั้งกิจการเมื่อ 13 พ.ค. 2534 โดยใช้ชื่อบริษัท เอราวัณฟู้ด จำกัด และเปลี่ยนเป็นชื่อเป็นบริษัทช้างอวอดส์ (1959) จำกัด เมื่อปี 2547

ข้อมูลวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์ สารเคมี และการใช้ทรัพยากร

บริษัทช้างอวอดส์ (1959) จำกัด มีกระบวนการผลิตที่ใช้วัตถุดิบ 5 ประเภทด้วยกัน ซึ่งผลิตภัณฑ์หลักคือข้าวโพดหวาน โดยจะมีการผลิตตลอดทั้งปี ส่วนผลิตภัณฑ์รองที่เหลืออีก 4 ประเภทนั้นจะมีการผลิตตามฤดูกาลของวัตถุดิบ คือ ลำไย ลิ้นจี่ ข้าวโพดฝักอ่อน และหน่อไม้ ผลิตภัณฑ์แต่ละประเภทนั้นมีกำลังการผลิตโดยประมาณของปี 2551 ดังตาราง 1.1 มีการใช้สารเคมีในขบวนการผลิตดังตาราง 1.2

ตาราง 1.1 กำลังการผลิตโดยประมาณของบริษัทช้างอวอดส์ (1959) ปี พ. ศ. 2551

ประเภทผลิตภัณฑ์	กำลังการผลิตเฉลี่ยต่อเดือน (กก.)	กำลังการผลิตสูงสุดต่อเดือน (กก.)
ผลิตภัณฑ์หลัก ข้าวโพดหวาน	900,000	1,051,000
ผลิตภัณฑ์รอง ลำไย	600,000	697,000
ผลิตภัณฑ์รอง ลิ้นจี่	500,000	511,000
ผลิตภัณฑ์รอง ข้าวโพดฝักอ่อน	60,000	64,300
ผลิตภัณฑ์รอง หน่อไม้	20,000	20,300

ตาราง 1.2 ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิต

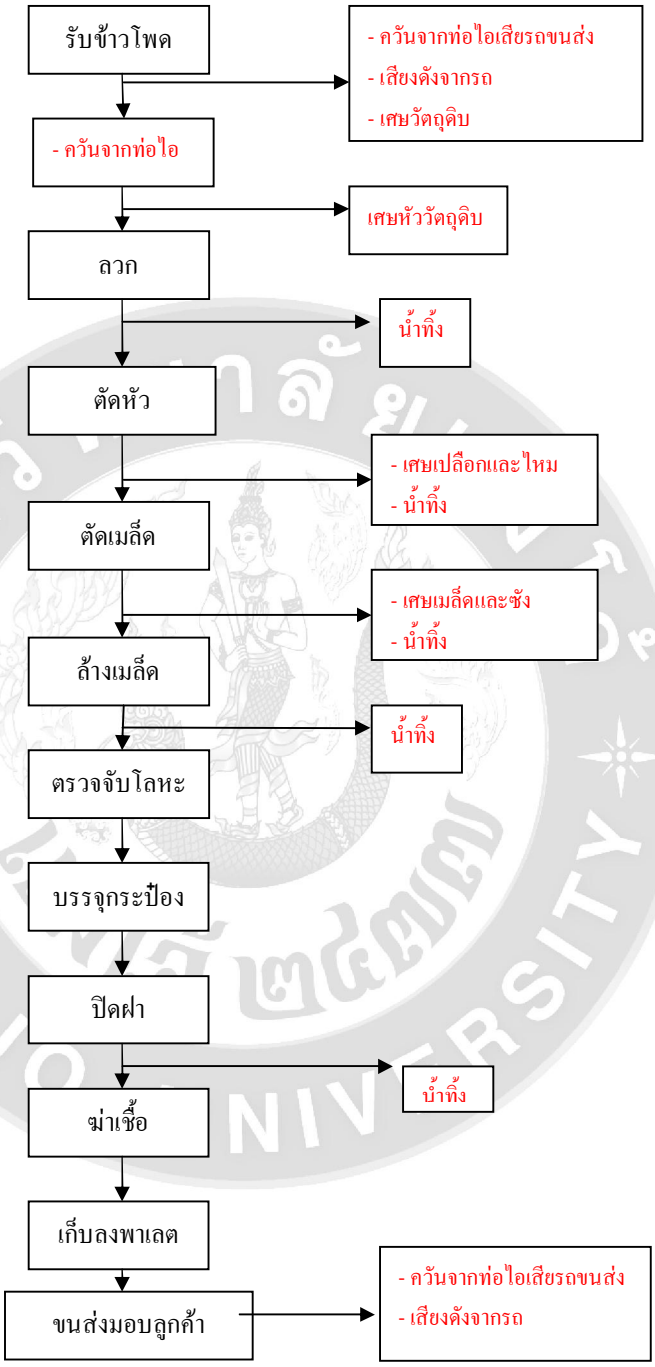
วัตถุดิบ/สารเคมี	ปริมาณต่อเดือน	หน่วย
น้ำตาล	52600	กก.
เกลือป่น	2223	กก.
กรดซิตริก	130	กก.
แคลเซียม	840	กก.

1.4.2 ขั้นตอนและกระบวนการผลิตโดยทั่วไป ของโรงงานผลิตผักและผลไม้บรรจุกระป๋อง

การแปรรูปผักและผลไม้บรรจุกระป๋องมีหลักการสำคัญคือ การบรรจุผักและผลไม้ที่สะอาดลงในกระป๋องที่สะอาด ปิดฝาสนิทจนไม่สามารถมีสิ่งแปลกปลอมเข้าไปภายในได้ แล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงทำให้ไม่สารพิษจากจุลินทรีย์ และจุลินทรีย์ใดปนเปื้อนอยู่เลย ผลสุดท้ายได้มาซึ่งผักและผลไม้ที่บรรจุอยู่ในกระป๋องมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนาน

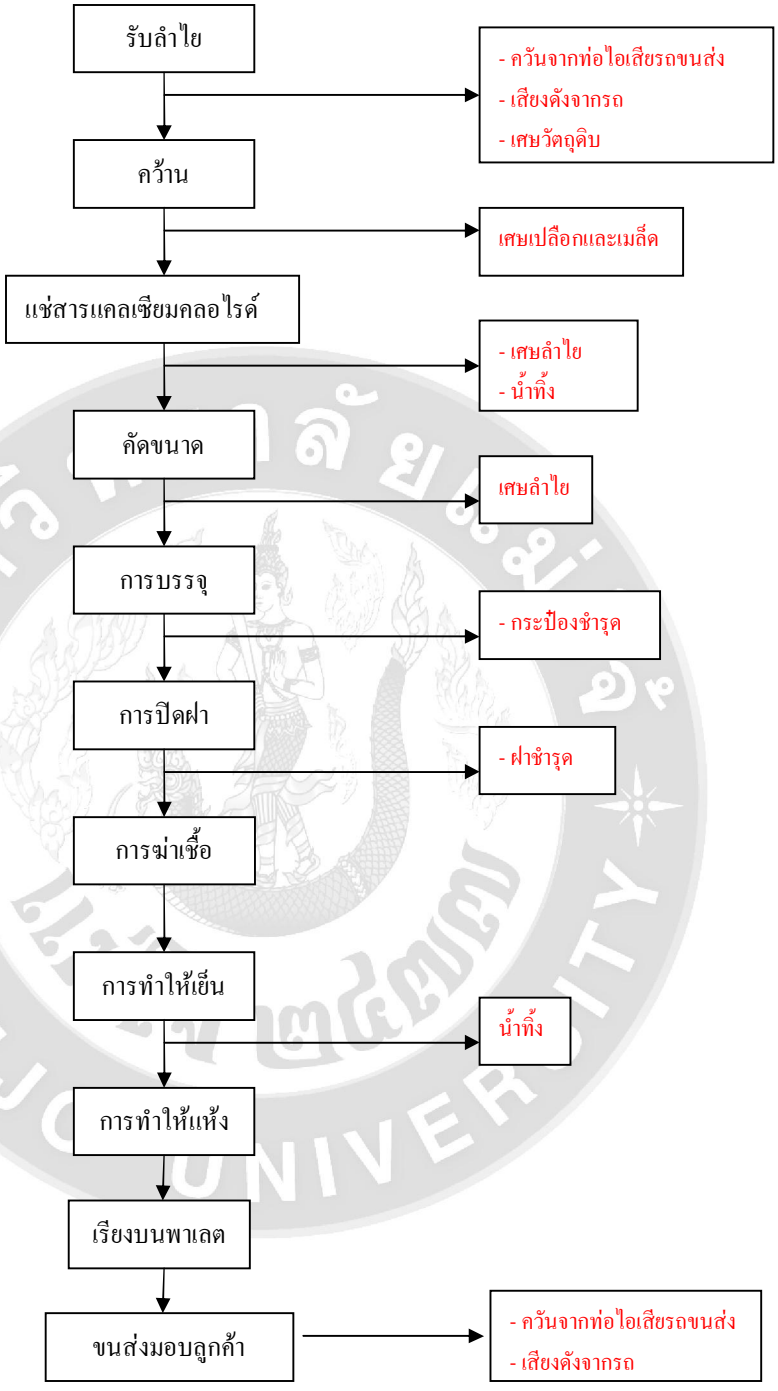
ขั้นตอนในการแปรรูปผักและผลไม้กระป๋องมีหลายขั้นตอนคือ เมื่อรับและตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบแล้วจะเป็นการล้าง การปลอกเปลือก และการตัดแต่งวัตถุดิบให้มีรูปร่างและขนาดตามที่ต้องการ ติดตามด้วยการลวก การบรรจุลงในกระป๋อง การเติมน้ำเชื่อมและน้ำเกลือ การไล่อากาศ การปิดผนึกกระป๋อง การฆ่าเชื้อด้วยความร้อน การทำให้เย็น การติดฉลาก และการเก็บรักษาเพื่อรอการจำหน่ายต่อไป ซึ่งแต่ละผลิตภัณฑ์จะมีขบวนการผลิตที่แตกต่างกันดังนี้

ข้าวโพดหวาน กระบวนการผลิตข้าวโพดหวานมีขั้นตอนดังต่อไปนี้



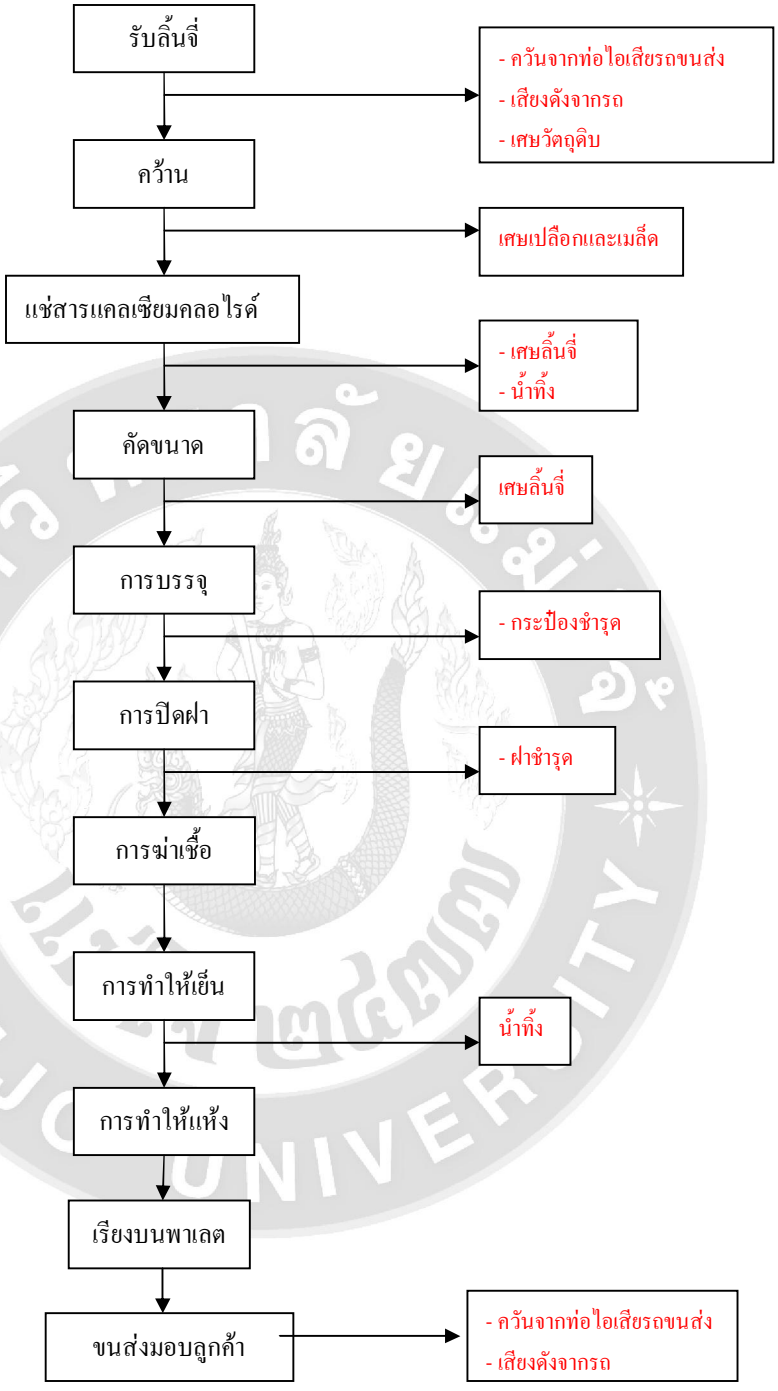
ภาพ 1.2 กระบวนการผลิตข้าวโพดหวาน

กระบวนการผลิตลำไยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้



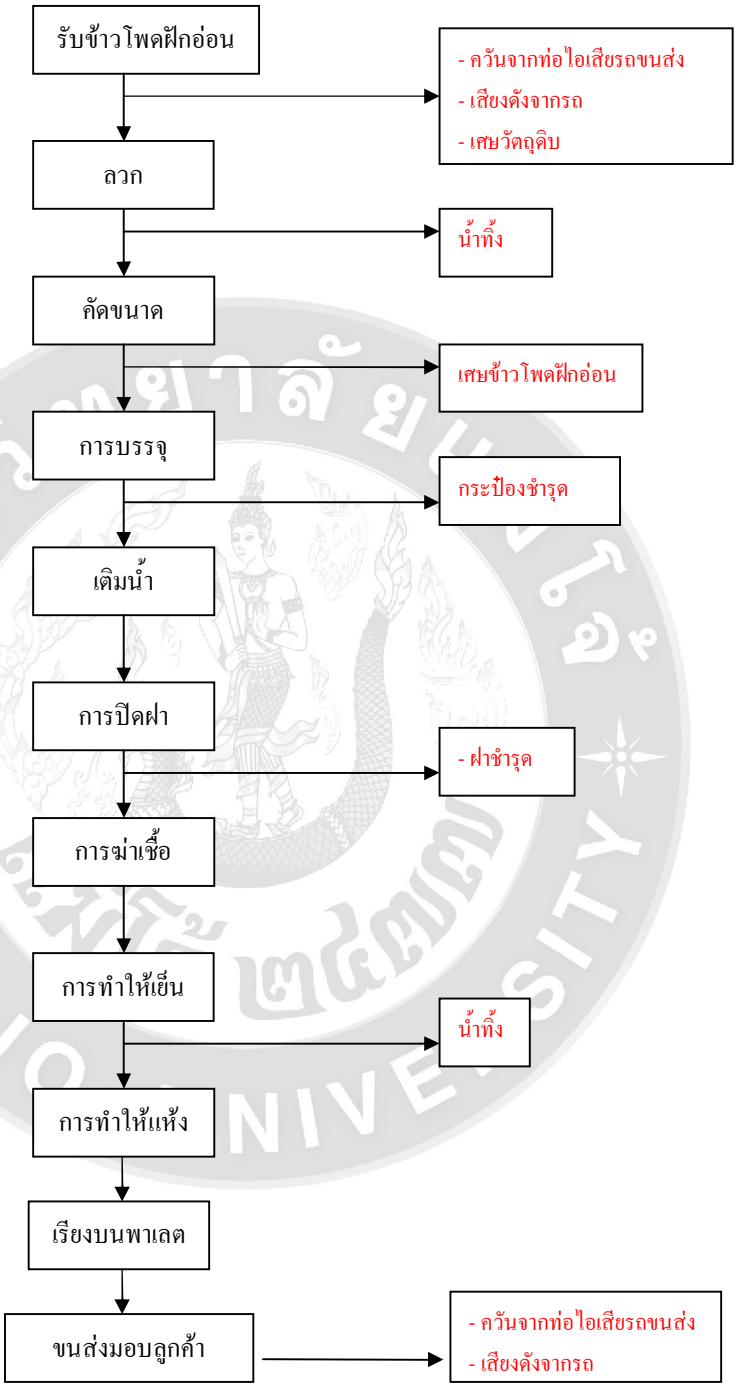
ภาพ 1.3 กระบวนการผลิตลำไย

กระบวนการผลิตลิ้นจี่มีขั้นตอนดังต่อไปนี้



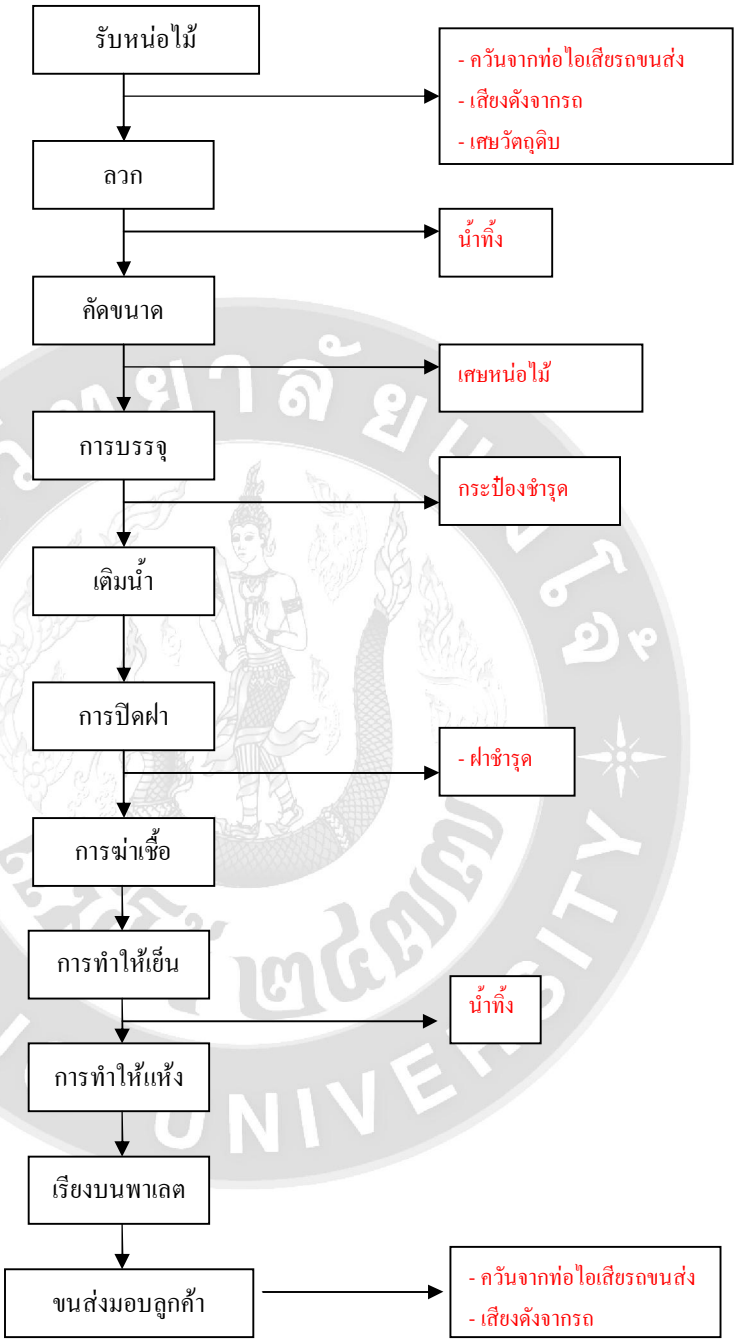
ภาพ 1.4 กระบวนการผลิตลิ้นจี่

กระบวนการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนมีขั้นตอนดังต่อไปนี้



ภาพ 1.5 กระบวนการผลิตข้าวโพดฝักอ่อน

กระบวนการผลิตหน่อไม้มีขั้นตอนดังต่อไปนี้



ภาพ 1.6 กระบวนการผลิตหน่อไม้

1.4.3 กระบวนการและขั้นตอนการบำบัดน้ำทิ้ง

น้ำเสียจากโรงงานมีขั้นตอนการบำบัด ดังนี้

1. น้ำเสียในอาคารผลิต จะมีตะแกรงดักเศษอาหารก่อนที่จะไหลลงท่อน้ำเสีย

2. น้ำที่ไหลลงในท่อน้ำเสียจะไหลไปยังบ่อกรองเศษอาหาร

3. บ่อกรองเศษอาหารมีหน้าที่กรองเศษอาหารที่มีอยู่ก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด โดยจะมีปั๊มสูบน้ำขึ้นไปกรองบนตะแกรงซึ่ง เป็นระบบอัตโนมัติปั๊มน้ำจะทำงาน เมื่อระดับน้ำสูงถึงจุดที่กำหนดไว้ สำหรับเศษอาหารที่ติดอยู่บนตะแกรงจะมีพนักงานมาล้างทำความสะอาดและรวบรวมใส่ถุงพลาสติกนำไปไว้ที่จุดรวมขยะ

4. น้ำที่กรองเศษอาหารออกแล้วจะเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียบ่อที่ 1 (น้ำที่มีสภาพที่ไม่สามารถเข้าระบบบำบัดได้ เช่น น้ำที่อุณหภูมิสูง , pH ต่ำ หรือสูงเกิน จะต้องผ่านการปรับสภาพในบ่อปรับสภาพก่อนที่จะเข้าสู่ระบบ) กำหนดอุณหภูมิจะต้องไม่สูงเกิน 40° C pH อยู่ระหว่าง 5.5 – 8.0

บ่อที่ 1 บ่อBio gas สำหรับลดค่า BOD ของน้ำเสียโดยอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจน

บ่อที่ 2 บ่อ Bio gas สำหรับลดค่า BOD ของน้ำเสียโดยอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจน

บ่อที่ 3 บ่อเติมอากาศ มีเครื่องเติมอากาศผิวน้ำสำหรับเพิ่มปริมาณออกซิเจนเพื่อให้จุลินทรีย์ในบ่อบำบัดทำหน้าที่ในการย่อยสลายสิ่งสกปรกอินทรีย์ในน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนเพื่อลดค่า BOD ของน้ำเสียต่อจากบ่อบำบัด 2 ลงอีกขั้นหนึ่ง

บ่อที่ 4 บ่อเติมอากาศ มีเครื่องเติมอากาศผิวน้ำสำหรับเพิ่มปริมาณออกซิเจนเพื่อให้จุลินทรีย์ในบ่อบำบัดทำหน้าที่ในการย่อยสลายสิ่งสกปรกอินทรีย์ในน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนเพื่อลดค่า BOD ของน้ำเสียต่อจากบ่อบำบัด 3 ลงอีกขั้นหนึ่ง

บ่อที่ 5 บ่อพักน้ำใส เพื่อกำจัดตะกอนจุลินทรีย์แขวนลอยที่มากับน้ำเสียที่ออกมาจากบ่อเติมอากาศ

บ่อที่ 6 บ่อบึงประดิษฐ์ เพื่อปรับสภาพน้ำที่ผ่านระบบบำบัดก่อนหน้าด้วยพืชลอยน้ำ (ผักตบชวา) และเพาะเลี้ยงสัตว์

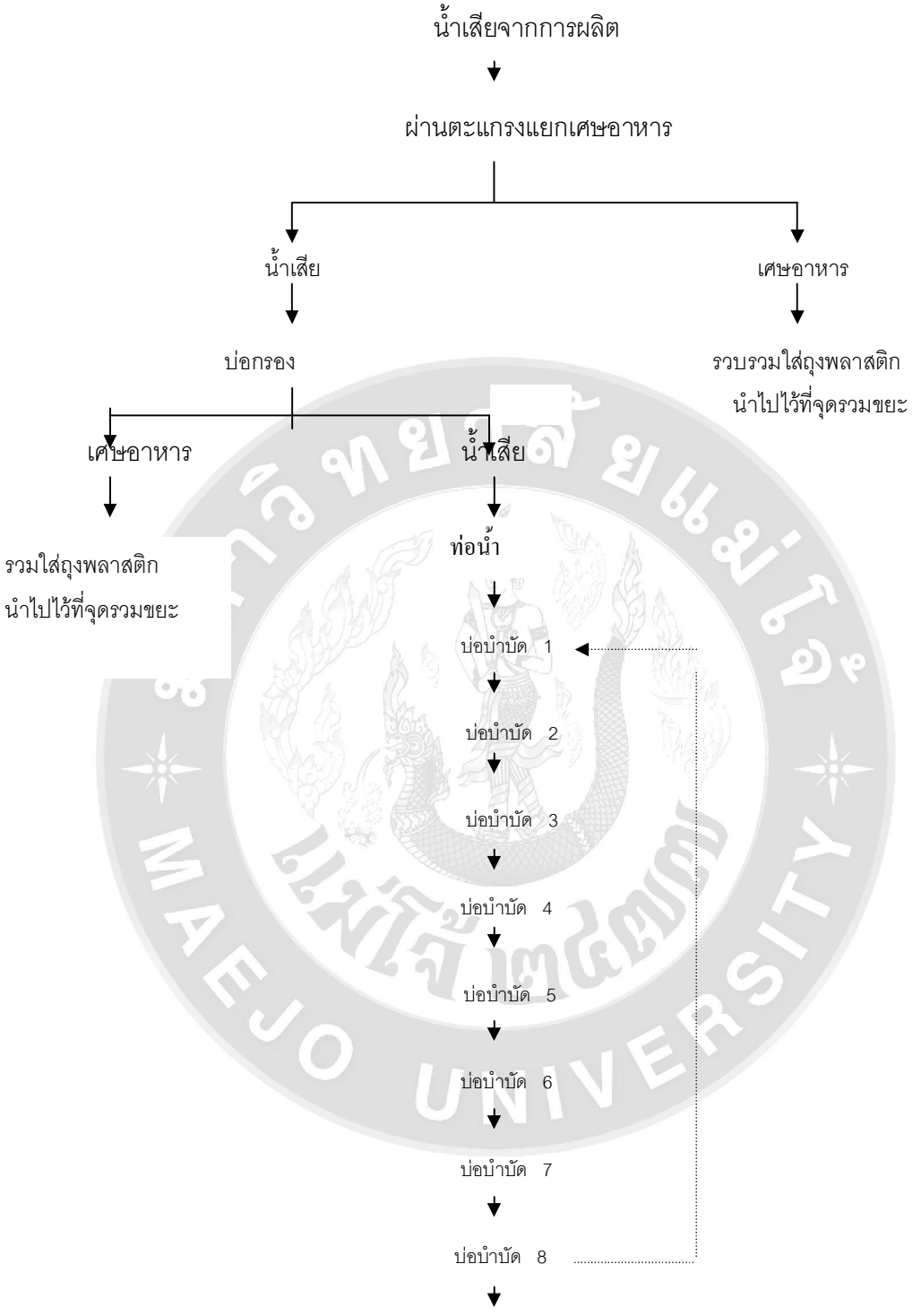
บ่อที่ 7 บ่อบึงประดิษฐ์ เพื่อปรับสภาพน้ำที่ผ่านระบบบำบัดก่อนหน้าด้วยพืชลอยน้ำ (ผักตบชวา) และเพาะเลี้ยงสัตว์

บ่อที่ 8 บ่อบึงประดิษฐ์ เพื่อปรับสภาพน้ำที่ผ่านระบบบำบัดจากบ่อบำบัดที่ 6 และ 7 ก่อนปล่อยทิ้ง

5. ในการบำบัดน้ำเสียจะมีพนักงานทำการตรวจสอบน้ำเสีย ก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด มีการเติมสารเคมีเพื่อปรับสภาพของน้ำให้ เหมาะสม เช่น ปูนขาว , NaOH , ยูเรีย , จุลินทรีย์ EM

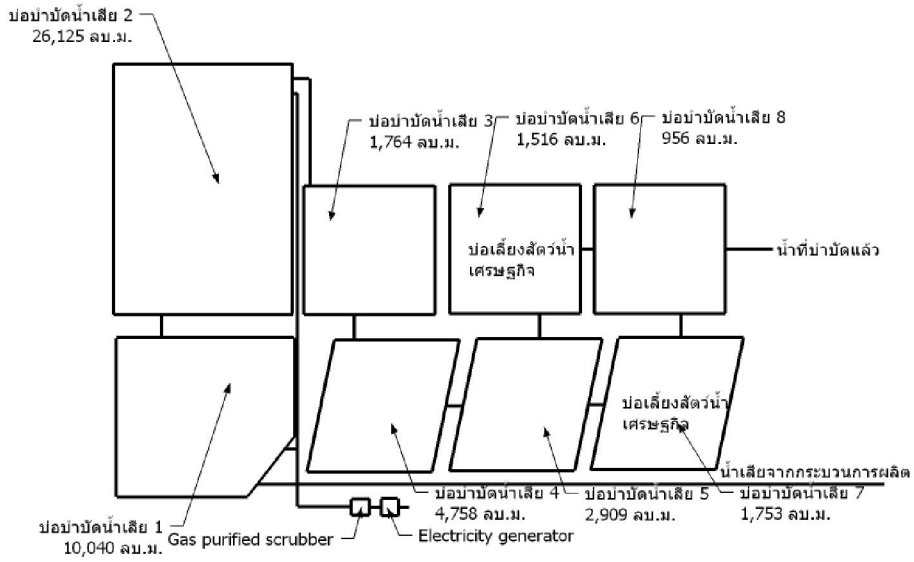
6. น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะต้องตรวจสอบก่อนปล่อยทิ้ง หากตรวจแล้วไม่ผ่านเกณฑ์กำหนด จะต้องหมุนเวียนกลับมาเข้าระบบบำบัดใหม่ (หมุนเวียนเข้าบ่อที่ 1)กำหนดมาตรฐานน้ำก่อนปล่อยทิ้ง pH อยู่ระหว่าง 5.5 - 9.0 และBODไม่เกิน 60 ppm.

7. น้ำเสียที่ผ่านการตรวจสอบแล้ว สามารถปล่อยลงลำลงสู่ลำธารสาธารณะหรือการจัดการเพื่อประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ได้



หมายเหตุ : หมายถึง นำน้ำกลับไปเข้าระบบบำบัดบ่อที่ 1 หากคุณภาพน้ำทิ้งไม่ได้ตามกำหนด

ภาพ 1.7 ขั้นตอนแสดงระบบบำบัดน้ำเสีย

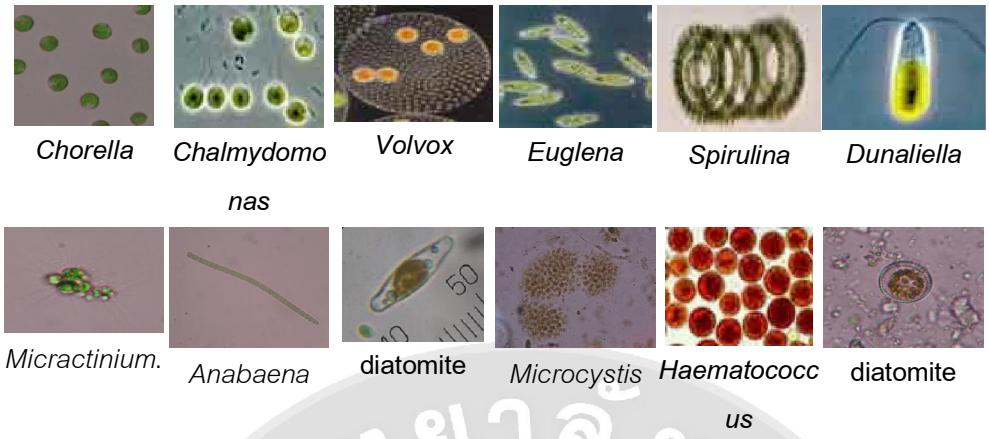


ภาพ 1.8 แผนผังระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานช้างอวอดส์ (1959) จำกัด

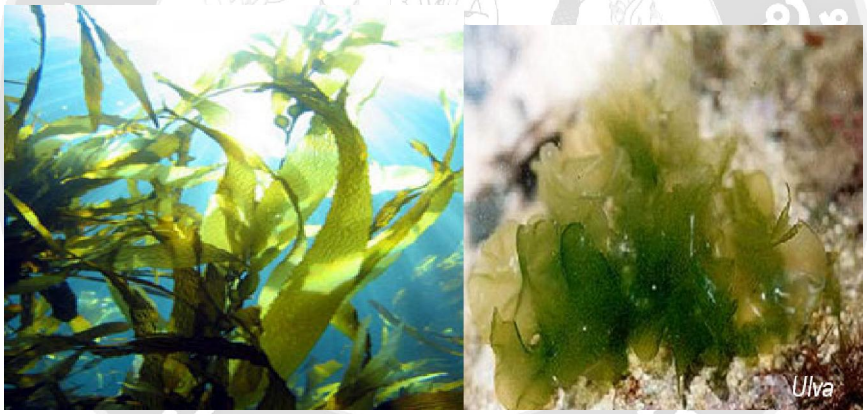
1.4.4 สาหร่ายและความสำคัญ

สาหร่ายเป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อสภาพแวดล้อมของโลกและความเป็นอยู่ของมนุษย์ เป็นส่วนหนึ่งของต้นทางห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศน์ เป็นตัวการในการรักษาสมดุลทางธรรมชาติ สามารถสร้างสารพิเศษบางชนิดที่มีประโยชน์และโทษต่อมนุษย์ ฉะนั้นจึงมีการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่าย เพื่อที่จะรวบรวมและจัดจำแนกให้เป็นระบบสามารถนำมาใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคต

สาหร่ายมีความแตกต่างกันในเรื่องของที่อยู่อาศัย ขนาดสรีระ ชีวเคมี การสืบพันธุ์ และการจัดระเบียบขึ้นมา อย่างไรก็ตามได้มีผู้ให้คำจำกัดความที่ครอบคลุมความหมายของคำว่าสาหร่ายได้ดีพอสมควร โดยคำว่า "สาหร่าย" หมายถึง พืชชั้นต่ำที่มีคลอโรฟิลล์ สามารถสังเคราะห์แสงได้ ไม่มีส่วนที่เป็นราก ลำต้น ใบ ที่แท้จริง มีขนาดตั้งแต่เล็กมากประกอบด้วยเซลล์เดียว ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าต้องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ (ภาพ 2.9) จนถึงขนาดใหญ่ยาวเป็นเมตรประกอบด้วยเซลล์จำนวนมาก อาจมีลักษณะเป็นเส้นสายหรือมีลักษณะคล้ายพืชชั้นสูง โดยมีส่วนที่คล้ายราก ลำต้น และใบรวมเรียกว่า Thallus (ภาพ 2.10)



ภาพ 1.9 สาหร่ายขนาดเล็กมองที่ไม่เห็นด้วยตาเปล่า



ภาพ 1.10 สาหร่ายขนาดใหญ่มีส่วนที่คล้ายราก ลำต้น และใบรวมเรียกว่า Thallus

1) เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสาหร่าย

สายพันธุ์สาหร่ายที่จะนำมาเพาะเลี้ยงในทางการค้าควรเป็นสายพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตได้รวดเร็ว มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ไม่มีสารพิษ ทนทานต่ออุณหภูมิสูง ถ้าเป็นเซลล์ขนาดใหญ่ก็จะง่ายต่อการเก็บเกี่ยว เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายมี 3 ขั้นตอนที่สำคัญ คือ

1. การเพาะเลี้ยง (Algal cultivation) ตั้งแต่การเพาะเลี้ยงหัวเชื้อสาหร่ายในห้องควบคุมการเพาะเลี้ยงในอ่างขนาดใหญ่ การกวน การให้อากาศ และการใส่สารอาหาร

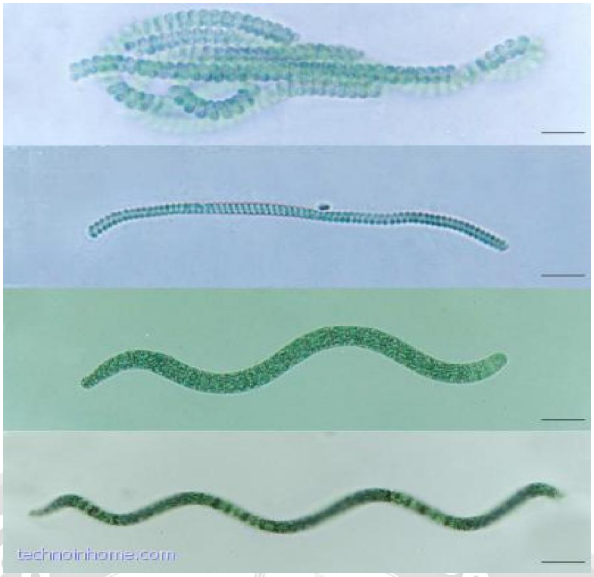
2. การเก็บเกี่ยว (Harvesting) โดยจะใช้เครื่องมือและวิธีการต่าง ๆ ตามแต่ชนิดของสาหร่าย เช่น เครื่องเหวี่ยง การตกตะกอน การกรอง

3. การทำแห้ง (Drying) โดยวิธีต่าง ๆ เช่น การตากแดด (Sun-drying) ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar-drying) การอบแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum-drying) การอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray-drying) การอบแห้งแบบระเหิด (Freeze-drying)

2) การใช้ประโยชน์จากสาหร่าย

1. ใช้เป็นอาหารมนุษย์ มนุษย์รู้จักนำสาหร่ายมาใช้เป็นอาหารนานนับพันปีแล้ว เช่น ชาวจีน ญี่ปุ่น ใช้สาหร่ายสีน้ำตาล (Laminaria) และสาหร่ายสีแดง (Porphyra) หรือที่เรียกว่า จีฉ่าย มาทำอาหารพวกแกงจืด ญี่ปุ่นผสม *Chlorella* sp. ลงในชา ซุป น้ำผลไม้ บะหมี่ และไอศครีม สำหรับห้องปฏิบัติการสาหร่ายตามธรรมชาติ คัดแยกสายพันธุ์บริสุทธิ์ วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน 40-50% ศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายในห้องควบคุมเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเลี้ยงในอ่างขนาดใหญ่เพื่อเข้าสู่อุตสาหกรรม ซึ่งผลงานวิจัยมีมากมาย เช่น การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีโซเดียมไบคาร์บอเนตระดับต่าง ๆ กัน การคัดเลือกหาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Spirulina* sp. เพื่อใช้เป็นอาหารมนุษย์ การเพาะเลี้ยงสาหร่ายพันธุ์พื้นบ้านเพื่อหาปริมาณโปรตีนเปรียบเทียบกับพันธุ์ *Scenedesmus acutus* (Selection of Local Algal Strains Related to Protein Content Compared with *Scenedesmus acutus*) เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของสาหร่ายจากการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ชนิด (Growth Comparison of Green Algec Cultivated in Two Different Media.)

สำหรับสาหร่ายเกลียวทอง เป็นที่รู้จักกันอย่างกว้างขวางในปัจจุบันในรูปของอาหารเสริมสุขภาพ เนื่องจากมีคุณสมบัติเด่นคือ มีปริมาณโปรตีนสูงถึง 60% และเป็นโปรตีนที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นกระจัดกระจายอยู่ในเซลล์อย่างได้สัดส่วน มีวิตามิน เกลือแร่ และสารให้สีธรรมชาติจำนวนมาก นอกจากนี้สาหร่ายเกลียวทองยังมีเซลล์ขนาดใหญ่ สามารถเก็บเกี่ยวได้ง่าย ผนังเซลล์บาง จึงถูกย่อยและดูดซึมได้เร็วกว่าสาหร่ายสีเขียวซึ่งมีผนังเซลล์หนา

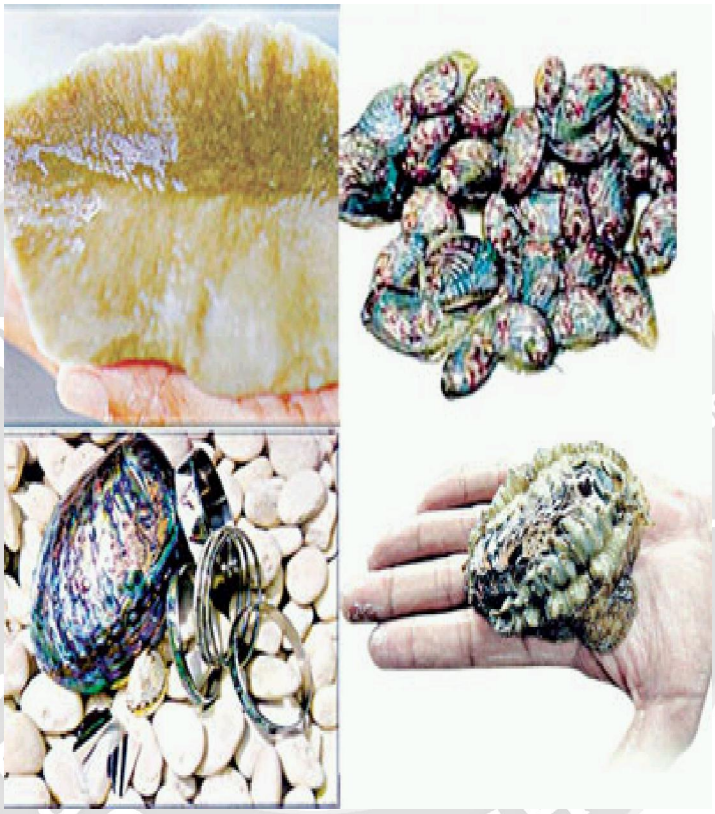


ภาพ 1.11 สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.)

ภาพ 1.12 สาหร่าย *Nostoc* sp.(เห็ดลาบ, ไข่หิน) ใช้ประกอบอาหาร

2. ใช้เป็นอาหารสัตว์ สาหร่ายสามารถนำไปเลี้ยงสัตว์กระเพาะเดี่ยว เช่น หมู และสัตว์ปีกได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้สาหร่ายยังเป็นอาหารที่จำเป็นอย่างยิ่งต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำวัยอ่อนที่กินพืชเป็นอาหาร เช่น ปลา กุ้งและแพลงตอนสัตว์ เช่น ไรแดง ไรน้ำเค็ม ในประเทศญี่ปุ่นใช้สาหร่ายเกลียวทองเลี้ยงปลาไหล ปลาเทร้า กุ้ง ปลาคาร์พสี เป็นต้น ทำให้เศรษฐกิจของอุตสาหกรรมการเลี้ยงปลาสวยงามได้พัฒนาก้าวไกลออกไปมาก ผลงานวิจัย เช่น การเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp.

จากน้ำทิ้งแหล่งชุมชนเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ การศึกษาปริมาณความเข้มข้นที่เหมาะสมของสาหร่าย *Chlorella* sp. (K3) สำหรับนำไปเลี้ยงพวกไดอะตอม แพลงก์ตอนสัตว์ (Lapadella benjamini) ที่ระดับความหนาแน่นแตกต่างกัน การนำ *Chlorella* sp. ที่ได้จากการเลี้ยงในน้ำทิ้งโรงงานผลิตน้ำนมถั่วเหลืองมาเลี้ยงไรแดง ความเป็นไปได้ในการเลี้ยงหอยมุกน้ำจืด Chamberlai hainesiana ด้วยสาหร่ายชนิดต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ เป็นต้น



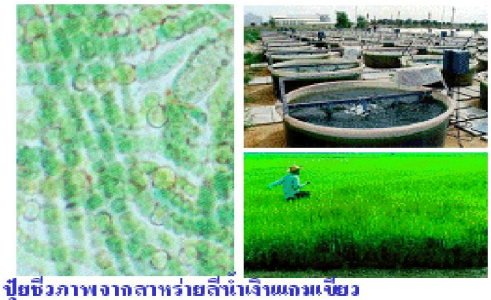
ภาพ 1.13 หอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่าย

3. ใช้ในการกำจัดน้ำเสีย การใช้สาหร่ายในการกำจัดน้ำเสียร่วมกับแบคทีเรีย โดยแบคทีเรียจะทำการย่อยสารประกอบอินทรีย์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน ให้เป็นสารประกอบอนินทรีย์ เช่น แอมโมเนียม ไนเตรต คาร์บอนไดออกไซด์ และเกลือแร่ต่าง ๆ ในสภาพการเกิดที่มีอากาศ (Aerobic) หรือไม่มีอากาศ (Anaerobic) จากนั้นสาหร่ายจะใช้สารประกอบเหล่านี้ในกระบวนการเมตาบอลิสมต่าง ๆ สำหรับสาหร่ายที่ได้จากระบบกำจัดน้ำเสีย

นี้ อาจนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ ปุ๋ยพืชสด หรือใช้ในการทำแก๊สชีวภาพได้ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ การศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Spirulina platensis* ที่เพาะเลี้ยงในมูลหมูผสมมูลไก่ที่มีการหมุนเวียนของสารอาหารแตกต่างกัน การผลิตสาหร่ายเกลียวทอง จากน้ำทิ้งโรงงานแป้งมันสำปะหลัง การเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองจากน้ำทิ้งโรงงานน้ำอัดลม เป็นต้น

ภาพ 1.14 การใช้สาหร่ายช่วยการบำบัดน้ำเสียในระบบบำบัดแบบคลองเวียน

4. ใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพ สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว (Blue green algae) รู้จักกันแพร่หลายในแง่ของการใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพ จากการวิจัยของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย พบว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในนาข้าวบางชนิดสามารถตรึงไนโตรเจนในอากาศให้เป็นสารประกอบไนโตรเจน เช่น แอมโมเนียม ทำให้ข้าวเจริญเติบโต ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ *Anabaena* sp. และ *Nostoc* sp. พันธุ์ที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย พบในประเทศและให้ผลผลิตดี มีชื่อว่า *Anabaena siamensis*



ภาพ 1.15 ปุ๋ยชีวภาพที่ผลิตจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

5. ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง สาหร่ายประกอบด้วยสารเคมีบางชนิดที่ช่วยในการรักษาผิวหนัง ชนเผ่า Kanembu ที่อยู่รอบทะเลสาบชาด ได้ใช้สาหร่ายเกลียวทองรักษาโรคผิวหนังบางชนิด การศึกษาในประเทศญี่ปุ่นพบว่า เครื่องสำอางที่ผสมสาหร่ายและสารสกัดจากสาหร่ายเกลียวทองช่วยให้ผิวพรรณดีขึ้นและลดริ้วรอย ส่วนในประเทศไทยก็ได้มีบริษัทหลายแห่งที่ใช้สาหร่ายเกลียวทองเป็นเครื่องสำอางในรูปครีมบำรุงผิว

ภาพ 1.16 สาหร่ายแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์บำรุงผิวหน้า

6. ใช้ในอุตสาหกรรมยา นักวิทยาศาสตร์และนายแพทย์หลายท่านได้ทดลองใช้สาหร่ายเกลียวทองในการป้องกันและรักษาโรคต่าง ๆ เช่น โรคเบาหวาน โรคกระเพาะ อีกทั้งยังช่วยลดความเครียดและความไม่สมดุลในร่างกาย ในประเทศฝรั่งเศส ได้ทดลองใช้ยาที่ผสมสาหร่ายเกลียวทองทาแผล ทำให้แผลแห้งเร็วขึ้น ธาตุแมกนีเซียมในคลอโรฟิลล์ยังมีบทบาทอย่างสำคัญในการรักษาบาดแผล มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อป้องกันการเกิดของแบคทีเรียและช่วยสร้างเซลล์ขึ้นมาใหม่ด้วย คลอโรฟิลล์ในสาหร่ายมีโครงสร้างเหมือนสารสีแดงในเลือด (Hemo-globin) นักวิทยาศาสตร์จึงแนะนำให้ใช้คลอโรฟิลล์รักษาโรคโลหิตจาง นอกจากนี้สาหร่ายบางชนิดสารปฏิชีวนะซึ่งเป็นประโยชน์ต่อวงการแพทย์ ได้แก่ Cyanophycin หรือ Marinamycin ซึ่งสารเหล่านี้มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรคต่าง ๆ ได้ สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว Scytonema No.11 เป็นสาหร่ายที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย แยกได้จากดินนาจังหวัดพิษณุโลก พบว่า สามารถผลิตสารปฏิชีวนะ Cyanobacterin ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นทั้ง Algicide และ Bacteriocide ที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่ายและแบคทีเรียบางชนิดได้

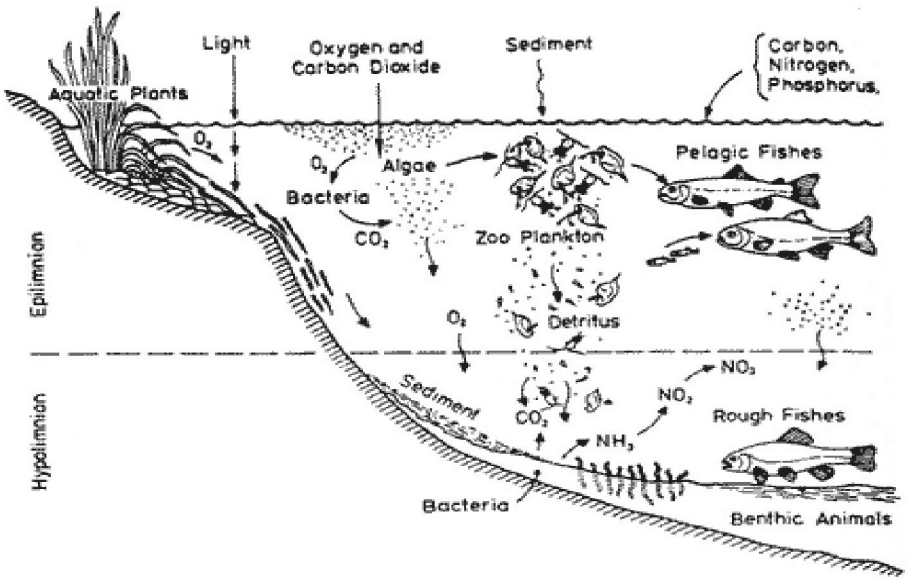
ภาพ 1.17 สาหร่ายเกลียวทอง(*Spirulina* sp.) แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริม

7. ใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ สาหร่ายสีแดงพวก Gelidium, Gracilaria สามารถนำไปสกัดทำเป็นวุ้น เพื่อนำไปใช้ในการประกอบอาหาร และเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ สาหร่ายสีน้ำตาลพวก Laminaria, Ascophyllum, Macrocystis นำไปสกัดเป็น แอลจินหรือแอลจิเนต ซึ่งนำไปใช้ในการทำนม ขนมปัง ไอศครีม ขนมหวาน ลูกกวาด สบู่ แชมพูสระผม เป็นต้น

ปัจจุบันมีห้องปฏิบัติการสาหร่ายนอกจากจะพัฒนากรรมวิธีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเป็นแหล่งอาหารโปรตีนแล้ว ยังได้นำสายพันธุ์สาหร่ายที่มีศักยภาพที่สามารถผลิตในทางการค้า เช่น

Chlorella, *Scenedesmus*, *Spirulina*, *Dunaliella*, *Haematococcus* มาศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงเพื่อผลิตสารอาหารหรือสารเคมีที่มีมูลค่าสูง รวมทั้งวิธีการสกัด การนำไปใช้ประโยชน์และการแปรรูปในด้านต่าง ๆ นอกจากนี้ห้องปฏิบัติการสาหร่ายยังให้บริการสายพันธุ์สาหร่าย ให้คำปรึกษา แนะนำด้านการเพาะเลี้ยงและการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายแก่นิสิตนักศึกษาและประชาชนที่สนใจทั่วไปด้วย

8. สาหร่ายดำรงชีวิตด้วยการสังเคราะห์แสงหรือสังเคราะห์อาหารได้ด้วยตัวเอง ในขบวนการดังกล่าวจะได้ออกซิเจน ซึ่งถือว่ามีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำมากที่สุด สาหร่ายจึงมีอิทธิพลต่อการเลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำอย่างสูงยิ่ง นอกจากนี้ยังเป็นผู้ผลิตเบื่องต้นในแหล่งน้ำ จึงจัดเป็นอาหารของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ในแหล่งน้ำ ซึ่งเท่ากับเป็นสิ่งมีชีวิตลำดับแรกของห่วงโซ่อาหารในน้ำ โดยเป็นอาหารของแพลงก์ตอนสัตว์ ลูกกุ้ง ลูกปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ เป็นต้น



ภาพ 1.18 แสดงสายใยอาหาร (Food web) ในแหล่งน้ำที่มีสาหร่ายเป็นผู้ผลิต

1.4.5 สาหร่ายและการบำบัดน้ำเสีย

สาหร่ายนั้นนอกจากจะพบในแหล่งน้ำตามธรรมชาติแล้ว ยังสามารถพบได้ในน้ำที่ค่อนข้างเสียหรือแม้แต่ในระบบบำบัดน้ำเสียอีกด้วย เนื่องจากในระบบบ่อบำบัดน้ำเสียโดยทั่วไปเกือบทุกระบบมักจะพบว่ามีสาหร่ายขึ้นอยู่ปะปนอยู่เสมอ ๆ เช่น บ่อบำบัดน้ำเสียของนิคมอุตสาหกรรมลำพูน บ่อบำบัดน้ำเสียของเทศบาลเมืองสกลนคร และนครราชสีมาพบสาหร่ายสไปรูลินา (ยุวดี, 2542) ซึ่ง Horan (1990 อ้างโดยสมทิพย์ (2541)) ได้ทำการรวบรวมสาหร่ายจีนัสต่างๆในระบบบำบัดน้ำเสียหลายชนิดด้วยกันดังตารางที่ 1.3

ตาราง 1.3 สาหร่ายจีนัสต่างๆ ที่พบในระบบบำบัดน้ำเสีย

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

- = present + = absent ที่มา: Horan, N.J., 1990 อ้างโดยสมทิพย์ (2541)

ในงานบำบัดน้ำเสีย เช่นระบบ Algae pond เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีการเลี้ยงสาหร่ายโดยอาศัยหลักการอยู่ร่วมกันของสาหร่ายและแบคทีเรีย โดยปฏิกิริยาทางชีววิทยาในระบบเกิดจากแบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์และสารอาหารในน้ำเสีย และกลับเข้าสู่สาหร่ายโดยขบวนการสังเคราะห์แสง ดังนั้นน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์สูงๆ จะถูกบำบัดโดยสาหร่ายด้วยกระบวนการดังกล่าว และได้ปริมาณที่เพิ่มขึ้นของสาหร่ายเป็นการตอบแทน ดังสมการ

$$CO2 + NO\text{-}3 + PO3\text{-}4 + H2O \longrightarrow [CH2ONP] + \text{Algae biomass}$$

ซึ่งถ้าสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงเป็นสาหร่ายที่มีประโยชน์ มีสารอาหารที่เป็นประโยชน์และโปรตีนจะถูกแยกออกมาใช้สำหรับเป็นอาหารสัตว์ได้

ลักษณะการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขึ้นอยู่กับการนำผลผลิตที่ได้มาใช้ประโยชน์ เช่น การเลี้ยง
เพื่อเป็นอาหารเสริมของมนุษย์ ซึ่งผลผลิตที่ได้จะสะอาด บริสุทธิ์ไม่มีสิ่งเจือปน แต่วิธีนี้จะใช้ต้นทุนในการเพาะเลี้ยงสูง เนื่องจากสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบในอาหารมีราคาแพง และการนำเซลล์ที่ได้ไปใช้สกัดสารที่มีประโยชน์ เช่น รงควัตถุพวก แคโรทีนอยด์ โดยเฉพาะเบต้า-แคโรทีน และรงวัตถุพวกไฟโค”ไซยานิน หรือกรดไขมัน GLA เป็นวิธีที่จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีระดับสูง ดังนั้นจึงทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงตามไปด้วย แต่ในการนำสาหร่ายสไปรูลินามาใช้เพื่อเป็นอาหารสัตจว์นั้นไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงความสะอาดมากนัก จึงสามารถใช้มูลสัตว์ น้ำหมักผักต่างๆ หรือของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภทมาใช้ในการเพาะเลี้ยงได้ ซึ่งผลผลิตที่ได้มีคุณค่าทางโภชนาการที่ครบถ้วน และยังสามารถลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำลงด้วย

ดังนั้นในปัจจุบันจึงได้มีการศึกษาและทำการเพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำทิ้งจากขบวนการอุตสาหกรรมทางการเกษตรและ การเกษตร มาใช้ในการเพาะเลี้ยง เนื่องจากน้ำทิ้งเหล่านี้มีสารอินทรีย์อยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งมีสารอาหารที่อุดมสมบูรณ์ เกือบครบถ้วนเท่าที่สาหร่ายต้องการ ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งเป็นการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp และ *Chlorella* sp.

ตารางที่ 1.4 การศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp และ *Chlorella* sp. ในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมทางการเกษตร และการเกษตรบางชนิด

ลักษณะน้ำทิ้ง	ผู้วิจัย
Spirulina sp	
น้ำทิ้งโรงงานแป้งมันสำปะหลัง	นฤมล และคณะ (2528), เพ็ญจันทร์และคณะ (2534)
น้ำทิ้งจากกองปลาสด	สุชาติ และคณะ (2531)
น้ำกากส่าเหล้า	วิลาสิณี (2532) นิคม (2533) ยุวดีและคณะ (2535)
น้ำทิ้งจาโรงงานวุ้นเส้น	สุขใจและคณะ(2535)
น้ำทิ้งจากโรงงานขนมจีน	สุวิมล (2536), จีระพรรณและคณะ (2540)
น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตเส้นหมี่ก๋วยเตี๋ยว	จีระพรรณ (2536)
Chlorella sp	
น้ำเสียจากฟาร์มสุกร	วิพุธวรรธก์ (2544),Benitez (2006)
น้ำเสียจากฟาร์มสุกร	Rodulfo et al. (1983),
น้ำเสียจากมูลสัตว์	ทวีศักดิ์ (2526)

ดัดแปลงจาก สรวิศ (2543)

ผลพลอยได้อีกประการหนึ่งจากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายคือ การบำบัดน้ำทิ้งให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น เนื่องจากสารอาหารต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำทิ้งได้ถูกไปในการสร้างเซลล์ใหม่ โดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสเฟต โดย ทศพร (2529) ได้ศึกษาการบำบัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชนโดยใช้สาหร่าย พบว่า สาหร่าย *Ulothrix sp. 81* ซึ่งเป็นสาหร่ายที่สามารถเจริญได้ดีในน้ำทิ้งที่มี pH 7.0 – 8.0 และเจริญได้ในอาหารที่มีไนเตรทเป็นแหล่งไนโตรเจนได้ดีกว่าอาหารที่มีแอมโมเนียและยูเรียเป็นแหล่งไนโตรเจน สาหร่ายชนิดนี้มีความสามารถในการตกตะกอนได้ดีตั้งแต่เวลา 15 นาทีขึ้นไป จากการเลี้ยง *Ulothrix sp. 81* เพื่อใช้บำบัดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำทิ้ง ชุมชนที่ผ่านการบำบัดขั้นที่สอง โดยการเลี้ยงเซลล์แบบเบ็ดเสร็จ (Batch system) พบว่า สามารถบำบัดไนโตรเจนได้สูงสุดร้อยละ 72.17 ในเวลา 10 วัน โดยมีการบำบัด

แอมโมเนียไนโตรเจน ไนไตรท์ไนโตรเจน และไนเตรทไนโตรเจน ได้ร้อยละ 68.21, 54.54 และ 59.73 ตามลำดับ สามารถบำบัดฟอสฟอรัสได้สูงสุดร้อยละ 34.24 ในเวลา 12 วัน และทำการเลี้ยงแบบระบบต่อเนื่อง (Continuous system) ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสนั้น น้ำทิ้งที่ไหลเข้าสู่ระบบบำบัดที่อัตราการไหลของน้ำต่ำ จะถูกบำบัดได้มากกว่าน้ำทิ้งที่มีอัตราการไหลของน้ำทิ้งสูง (2>4>8 ลิตรต่อวัน)โดยสามารถลดแอมโมเนียไนโตรเจน ไนไตรท์ไนโตรเจน และไนเตรทไนโตรเจนร้อยละ 52.74, 26.59 และ 5.79 ตามลำดับ ปริมาณฟอสฟอรัสของน้ำทิ้งถูกบำบัดร้อยละ 41.20, 21.49 และ 4.77 ตามลำดับ ซึ่ง ภรณี และคณะ (2543) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของสาหร่ายสีเขียว *Chlorella spp.* ในการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียจากฟาร์มสุกร ผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพของสาหร่ายในการลดปริมาณสารอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจะมีประสิทธิภาพสูงสุดในวันที่ 8 และน้ำเสียที่ถูกเจือจาง 5 เท่า ที่ความหนาแน่นสาหร่ายเริ่มต้น 3 x 107 และ 6 x 107 หน่วย/มิลลิลิตรมีปริมาณ COD ลดลงร้อยละ 58.81 และ 67.47 ที่ระยะเวลาการกักเก็บ 4 วัน และ มีปริมาณ COD ลดลงร้อยละ 63.55 และ 70.87 ที่ระยะเวลาการกักเก็บ 8 วัน ตามลำดับ และเมื่อมีการเพาะเลี้ยง *Chlorella spp* ร่วมกับแบคทีเรียโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตนมถั่วเหลือง พบว่าสาหร่ายและแบคทีเรียเจริญร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัยกัน (Symbiosis) สามารถบำบัดน้ำเสียร่วมกันให้มีคุณภาพดีขึ้นภายใน 2 วัน ลดค่า BOD ได้ถึงร้อยละ 95 จาก BOD เริ่มต้น 4,144 มิลลิกรัมต่อลิตร สาหร่ายสามารถใช้ไนไตรเจนในน้ำทิ้งได้ดี ในวันที่ 3 ซึ่งเป็นวันที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวสาหร่าย พบว่า ลดปริมาณ BOD ได้ร้อยละ 97 และเพิ่มปริมาณโปรตีนของสาหร่ายร้อยละ 48 Przytocka, et al. (1984) ศึกษาการบำบัดน้ำทิ้ง ที่มีไนโตรเจนปริมาณสูงในรูปของไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนีย โดยอาศัยระบบร่วมกันระหว่างดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) และการเลี้ยงสาหร่าย พบว่า ในขบวนการดีไนตริฟิเคชันซึ่งเป็นแบบ Anaerobic Packed Bed Reactor สามารถบำบัดไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของไนไตรท์และไนเตรทจากน้ำทิ้งซึ่งมีเมทานอลและฟอสฟอรัสอยู่ด้วยในปริมาณสูง ในขบวนการใช้สาหร่ายนั้นพบว่า *Chlorella sp.* สามารถบำบัดแอมโมเนียได้ วิธีทั้งสองขั้นตอนสามารถลดปริมาณไนโตรเจนได้ร้อยละ 94.0-99.9 แต่วิธีการบำบัดนี้จะถูกจำกัดในเรื่องของความเข้มข้นแอมโมเนีย ซึ่งไม่ควรมีระดับเกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

สาหร่ายอีกชนิดหนึ่งที่นิยมเพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งที่มีสารอินทรีย์สูงได้แก่ สาหร่าย *Spirulina* sp. สุชาติ (2531) ได้ศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในน้ำทิ้งจากกองปลาสดจากโรงงานผลิตปลาป่น ผลการทดลองเบื้องต้นโดยใช้สูตรอาหาร Zarrouk เป็นหลักพบว่าสามารถใช้น้ำจากกองปลาสดทดแทนไนโตรเจนทั้งหมดและทดแทนธาตุคาร์บอนบางส่วน ทั้งยังสามารถลดค่า COD ของน้ำจากกองปลาสดลดลงถึงร้อยละ 81.50 ลดแอมโมเนียร้อยละ 42-96 ซึ่งก็ได้

ประโยชน์ 2 ทาง คือ ลดต้นทุนการผลิตลงและช่วยบำบัดน้ำเสียจากโรงงานปลาป่นให้มีคุณภาพดีก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ Lyon and Elkins (1981) นำสาหร่ายสไปรูลินา มาทดลองบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัดขั้นที่สามจากระบบบำบัด มาเพาะเลี้ยงในบ่อกลางแจ้ง ขนาด 5,600 ลิตร ติดตั้งเครื่องกวนขนาด 0.5 แรงม้า วิเคราะห์ค่าความขุ่น ของแข็งแขวนลอย บีโอดี ทีเคเอ็น ออร์โธฟอสเฟต และฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ 79.00, 186.00, 159.00, 33.18, 7.27 และ 8.76 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าสาหร่ายสไปรูลินามีประสิทธิภาพการบำบัดค่าความขุ่น ของแข็งแขวนลอย บีโอดี ทีเคเอ็น ออโธฟอสเฟต และฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 82.00, 85.00, 82.00, 46.00, 98.00 และ 89.00 ตามลำดับ

นอกจากสาหร่าย *Spirulina* sp และ *Chlorella* sp. ที่เป็นที่นิยมในการเพาะเลี้ยงแล้ว ยังมีสาหร่ายชนิดอื่นๆ ที่ได้มีการศึกษาและทำการเพาะเลี้ยงอีก เช่น Lavoie and De La Noue (1985) ใช้สาหร่าย *Scenedesmus obliquus*. ในการบำบัดขั้นที่สามของการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้ความหนาแน่นเริ่มต้นของสาหร่ายต่างกัน (0.10 – 0.20 กรัมในรูปน้ำหนักแห้ง) เก็บตัวอย่างทุกครึ่งชั่วโมง เป็นเวลา 5 ชั่วโมง โดยการกรองสาหร่ายผ่านกระดาษกรอง Whatman GF/C (ขนาดประมาณ 1.2 ไมครอน) พบว่าประสิทธิภาพการลดปริมาณฟอสเฟตมีค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุดเท่ากับร้อยละ 75.00 และ 90.00 ตามลำดับ สำหรับประสิทธิภาพการลดแอมโมเนียไนโตรเจนพบว่ามีค่าเท่ากับร้อยละ 85.00 สามารถสรุปความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการบำบัดกับความหนาแน่นของสาหร่ายได้ว่า ถ้าความหนาแน่นของสาหร่ายเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพการลดค่าแอมโมเนียไนโตรเจนเพิ่มขึ้นด้วยแต่ประสิทธิภาพการลดฟอสเฟตลดลง เนื่องจากเกิดภาวะการขาดแคลนไนโตรเจน และการบังแสงซึ่งกันและกันของเซลล์สาหร่าย ทำให้สาหร่ายตายลงและปล่อยฟอสเฟตออกมา ดังนั้นการใช้ความหนาแน่นเริ่มต้นของสาหร่ายที่ต่ำกว่าจะมี ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสเฟตที่ดีกว่า นอกจากความสามารถในการบำบัดสารอินทรีย์แล้วสาหร่ายยังสามารถนำไปใช้เป็นตัวดูดซับโลหะต่าง ๆ Bioabsorbent ได้อีกด้วย Prerna, et al. (1998) รายงานว่า สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว สายพันธ์ *Oscillatoria auguistissima* มีศักยภาพสูงในการดูดซับ Zn^{2+} ถึง 641 mg ต่อกรัมน้ำหนักเซลล์แห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับ Ion – Exchange Resin IRA – 400 C ที่มีขายอยู่ และมีการดูดซับที่รวดเร็วซึ่งขึ้นอยู่กับค่าของ pH เริ่มต้นแต่ไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ชาญเดช และ คณะ(2542)และชาญเดช (2543) ทำการศึกษาใช้ *Chlorella* sp. ควบคุมคุณภาพน้ำในบ่ออนุบาลลูกกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยไข่ผสมนมผงพบว่า การเติม *Chlorella* sp.ลงในบ่ออนุบาลลูกกุ้งที่เลี้ยงด้วยไข่ตุ๋นสามารถลดปริมาณแอมโมเนีย และ ไนไตรท์ลงอย่างได้ผลโดยที่บ่อที่ไม่มีการเติม *Chlorella* sp. มีปริมาณแอมโมเนีย และ ไนไตรท์เพิ่มขึ้นทุกวัน โดยที่บ่อที่มีการเติม *Chlorella* sp.แทบที่จะไม่มีปริมาณ

แอมโมเนีย และ ไนไตรท์เพิ่มขึ้นเลย ผลจากการที่น้ำในบ่อมีคุณภาพดีทำให้กุ้งเจริญเติบโตดี ทนต่อการแช่ฟอร์มาลีนแตกต่างจากกุ้งที่เลี้ยงในบ่อที่ไม่มีการเติม*Chlorella* sp.ถึงร้อยละ 95 Masil Khan และ Naoto Yoshida (2008) ได้ทดลองเลี้ยง *Chlorella vulgaris* NTM06 โดยตรึงในตัวกลาง และ เติมกรดแอลกลูตามิคที่ความเข้มข้นต่างกัน 3 ระดับคือร้อยละ 0.0, 1.0,และ1.5 ลงไปในอาหารเพาะเลี้ยง พบว่าการเติมกรดแอลกลูตามิคลงในอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของ *Chlorella vulgaris* NTM06 จากนั้นนำ *Chlorella vulgaris* NTM06 ที่เพาะเลี้ยงได้ไปทำการทดลองเพื่อดูประสิทธิภาพในการลดปริมาณแอมโมเนียม ในน้ำเสียปกติ และ ในสารละลายแอมโมเนียม พบว่าเมื่อทำการเพาะเลี้ยง *Chlorella vulgaris* NTM06 ในตู้ควบคุมอุณหภูมิเป็นเวลา 24 ชั่วโมง *Chlorella vulgaris* NTM06 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารเติมกรดกลูตามิคความเข้มข้นร้อยละ 0.0 และ1.5 สามรถลดปริมาณแอมโมเนียมในสารสารละลายแอมโมเนียมได้คิดเป็นร้อยละ 70 และ 90 ของแอมโมเนียม 169.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และเมื่อทำการเพาะเลี้ยง *Chlorella vulgaris* NTM06 ต่อจนครบ 48 ชั่วโมงในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ pH 4.0-8.0 สามารถลดปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนียมในน้ำเสียปกติได้จากความเข้มขันเริ่มต้น 1550, 775, 310 และ155 มิลลิกรัมต่อลิตร ลดลงร้อยละ 60,88,61, และ 55 ตามลำดับ Palmer (1977ได้ศึกษาพบว่าการกำจัดน้ำเสียโดยใช้สาหร่ายนั้นนิยมใช้สาหร่ายขนาดเล็ก เช่น *Chlorella* sp. ในการดูดธาตุอาหารจากน้ำเสียก่อนที่จะปล่อยน้ำนั้นสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งจะปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยการลดปริมาณสารประกอบไนโตรเจน ฟอสฟอรัส บีโอดี(BOD:Biological Oxygen Demand) ซีโอดี(COD:Chemical Oxygen Demand) และเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DOหรือ Dissolved Oxygen de-Bashan (2002) สนับสนุนว่า *Chlorella vulgaris* และ *Chlorella sorokiniana* ร่วมกับ *Azospirillum brasilense* ส่งเสริมให้แบคทีเรียเจริญเติบโตดีขึ้น ทำให้สามารถลดปริมาณแอมโมเนียม และ ฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์ ได้ และต่อมา de-Bashan (2004) รายงานว่า*Chlorella vulgaris* และ*Chlorella sorokiniana* ร่วมกับ *Azospirillum brasilense* เลี้ยงโดยตรึงในเม็ดวุ้น สามารถลดปริมาณธาตุอาหารในน้ำเสียได้ภายใน 3-5วัน

Martin *at el*. (1985) ปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียจากมูลหมักของสุกรโดยใช้สาหร่ายสีเขียว *Scenedesmas* sp. สามารถเพาะเลี้ยงในสภาพที่มีแบคทีเรียได้สำเร็จ ผลผลิตสาหร่ายที่ได้นำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ต่อไป และต่อมา La-Noue และ Basseres (1989) ได้ศึกษาเพาะเลี้ยง *Scenedesmas opliguus, Chlorella* sp. และ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Phormidium bohnerii* ในน้ำเสียจากฟร์ามสุกรพบว่าสามารถลดค่า COD และปริมาณธาตุอาหาร ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสได้เช่นกัน

บทที่ 2

อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 อุปกรณ์และสารเคมี

1) อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างสาหร่าย

1.1 ตาข่ายแพลงก์ตอน (Plankton net)

1.2 กระชอนช้อนลูกน้ำ

1.3 หลอดหยด (Dropper)

1.4 ขวดเก็บตัวอย่างสาหร่าย

2) อุปกรณ์ในการตรวจสอบชนิดของสาหร่าย

2.1 กล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบ (Microscope compound)

2.2 กระจกสไลด์

2.3 กระจกปิดสไลด์

2.4 หลอดหยด

3) อุปกรณ์ในการวัดการเจริญของสาหร่าย

3.1 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)

3.2 สไลด์ Haemacytometer

4) อุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย

4.1 จานเพาะเชื้อ (Plate)

4.2 ปิเปตขนาดต่างๆ

4.3 ปากคีบ

4.4 ตะเกียงแอลกอฮอล์

4.5 ห่วงลวด (Loop)

4.6 บีกเกอร์ขนาดต่างๆ

4.7 ขวดลูกชมพู่ขนาดต่างๆ

4.8 หลอดทดลอง

4.9 ชุดเติมอากาศ (Air pump)

4.10 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

4.11 กระบอกตรวจขนาดต่างๆ

4.12 กระบอกน้ำกลั่น

4.13 สำลี

5) อุปกรณ์ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ

5.1 ขวด BOD ขนาด 250-300 พร้อมจุกปิด

5.2 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ

5.3 ปิเปต

5.4 อุปกรณ์สำหรับการไตรเตรท

5.5 ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flasks)

5.6 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

5.7 ขวดลูกชมพู่

5.8 หลอด COD

5.9 กระดาษกรอง

6) สารเคมีในการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงสาหร่าย Jaworski's Medium (JM) และ Blue Green Medium11(BG11)

7) สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

2.2 ขอบเขตของการวิจัย

การทดลองในครั้งนี้ใช้ตัวอย่างสาหร่ายและตัวอย่างน้ำทิ้งจากบริษัท ช้างอวอดส์ (1959) จำกัด ซึ่งเป็นโรงงานผลิตผักและผลไม้บรรจุกระป๋อง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ โดยน้ำทิ้งเก็บจากบ่อพักน้ำซึ่งเป็นน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศต่อด้วยระบบสระเติมอากาศ โดยนำสาหร่ายที่ได้มาตรวจสอบสายพันธุ์ของสาหร่าย และทำการคัดเลือกสาหร่ายที่มีประโยชน์ทางเศรษฐกิจและเพาะเลี้ยงได้ง่าย มาทำการเพาะเลี้ยงและเพิ่มปริมาณ

2.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

2.3.1 การเก็บตัวอย่าง

1) การเก็บตัวอย่างสาหร่าย เก็บตัวอย่างสาหร่ายจากโรงงานผลิตผักและผลไม้บรรจุกระป๋องบริเวณบ่อพักน้ำเสียโดยใช้ตาข่ายแพลงก์ตอน (Plankton net) เก็บตัวอย่างสาหร่ายที่ได้ไว้ในขวดปิดฝาให้สนิทและนำกลับมาทำการคัดแยกสาหร่ายภายในห้องปฏิบัติการ (ยุวดี: 2546,2548)

ภาพ 2.1 การเก็บตัวอย่างสาหร่ายโดยใช้ตาข่ายแพลงก์ตอน (Plankton net)

2) การเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากบ่อพักน้ำและนำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีในห้องปฏิบัติการ โดยทำการวิเคราะห์ค่าต่อไปนี้

1. ซี โอ ดี (COD) โดยวิธีรีฟลักซ์แบบปิด
2. บี โอ ดี (BOD) โดยวิธี azide modification
3. ค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH) โดยใช้เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH)
4. Orthophosphate-phospohorus (PO_4^{3-}- P) โดยใช้ Spectrophotometer
5. Ammonia-N (NH_3-N) โดยใช้ Spectrophotometer
6. Nitrate-N (NO^{3-}) โดยใช้ Spectrophotometer
7. สารที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Solids , TS) โดยวิธีการระเหยแห้งระหว่างอุณหภูมิ 103 - 105 องศาเซลเซียส ในเวลา 1 ชั่วโมง

ภาพ 2.2 ตัวอย่างน้ำทิ้ง

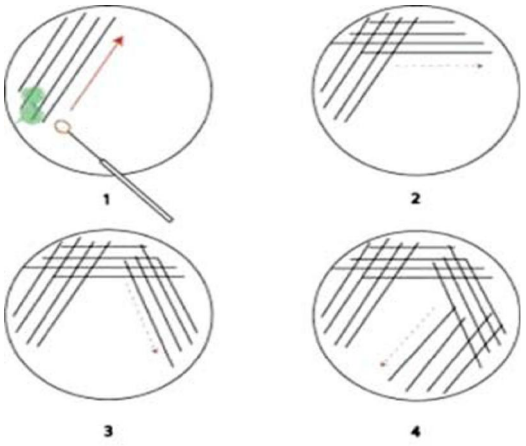
2.3.2 คัดเลือกสาหร่ายที่มีประโยชน์ และทำการแยกเชื้อให้บริสุทธิ์

1) นำตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานผลิตผักและผลไม้บรรจุกระป๋อง ตรวจสอบว่ามีสาหร่ายสายพันธุ์ใดเจริญเติบโตอยู่บ้าง โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบ เมื่อพบเซลล์สาหร่ายชนิดต่างๆ ถ่ายภาพเก็บไว้นำไปจัดจำแนกให้ได้ถึง จีนัส โดยใช้เอกสารอ้างอิงของ (สาหร่ายวิทยา. ยุวดี (2546), ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสาหร่าย, สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน, สาหร่ายสีเขียว. ยุวดี (2542),

2) เตรียมอาหารแข็งสำหรับเลี้ยงสาหร่าย โดยใช้อาหารสูตร Jaworski's Medium (JM) และ Blue Green Medium11(BG11) เทอาหารลงในจานแก้ว(plate) ที่อบฆ่าเชื้อแล้วประมาณ 1/2-2/3 ของจานเพาะเลี้ยง ปล่อยให้อาหารแข็งและผิวหน้าอาหารแห้ง

3) หยดน้ำตัวอย่างที่มีสาหร่ายที่ต้องการแยกในจานเพาะเชื้อที่มีอาหารวุ้น 1 – 2 หยด บริเวณใกล้ขอบจานเพาะเชื้อ

4) นำปลายห่วงเขี่ยเชื้อลนเปลวไฟ แล้วแตะที่หยดน้ำ ลากเส้นขนานออกไปสัก 3 – 4 เส้น โดยลากเส้นบนอาหารวุ้นเป็นรูปห้าเหลี่ยม เมื่อลากห่วงเขี่ยเชื้อมาสุดแต่ละมุมของรูปห้าเหลี่ยมนี้ ต้องเผาห่วงเขี่ยเชื้อซ้ำทุกครั้งเพื่อฆ่าเชื้อและให้ใช้เซลล์ที่ปลายสุดของการลากครั้งสุดท้ายเป็นเชื้อสำหรับการลากเส้นต่อไป



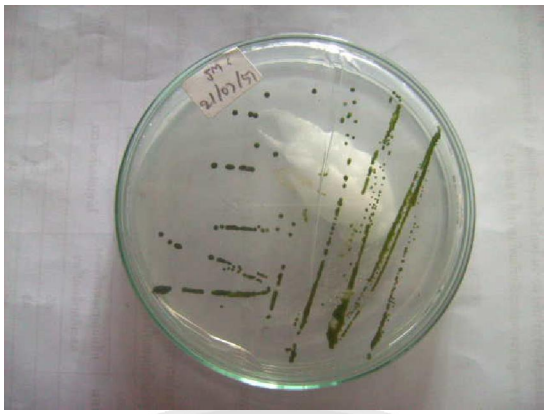
ภาพ 2.3 ลักษณะการลากเส้นบนอาหารวุ้น

5) ปิดฝาจานเพาะเชื้อ พลิกเอาก้นจานเพาะเชื้ออยู่ข้างบน รินน้ำกลั่นที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วลงไปในจานเล็กน้อย เพื่อป้องกันไม่ให้อาหารวุ้นแห้ง จากนั้นนำไปวางที่มีแสงสว่างและอุณหภูมิที่เหมาะสม ประมาณ 1 – 2 สัปดาห์ วิธีนี้จำนวนเซลล์สาหร่ายที่อยู่บนเส้นที่ลากจะลดน้อยลงทุกที ฉะนั้นเมื่อทำการเลี้ยงสาหร่ายประมาณ 1 – 2 สัปดาห์ มีกลุ่มเซลล์สาหร่าย (colony) ขึ้นมา โดยจะมีช่องว่างห่างกันมาก ในบริเวณเส้นที่ลากท้ายๆ จนสามารถเก็บเซลล์เพียงเซลล์เดียวจากจานเพาะเชื้อได้

6) เขี่ยเซลล์สาหร่ายเดียวๆ มาตรวจภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยใช้ห่วงเขี่ยเชื้อเผาไฟแล้วเขี่ยเซลล์สาหร่ายบางส่วนของโคโลนี ไปทำ wet mount

7) เมื่อได้เซลล์สาหร่ายที่เขี่ยมาตรวจเป็นชนิดเดียวกัน (บริสุทธิ์) ให้ถ่ายเชื้อสาหร่าย (subculture) ลงในอาหารวุ้นชุดใหม่ โดยให้ทำ ข้อ 2 อีกครั้งในอาหารวุ้นจานใหม่ การถ่ายเชื้อสาหร่ายในครั้งที่ 2 นี้ จะช่วยให้ได้สาหร่ายที่บริสุทธิ์ขึ้น จนอยู่ในสภาพ axenic culture แต่ถ้าเชื้อไม่บริสุทธิ์ให้ทำข้อ 2 - 4 ซ้ำ อีกครั้ง หรือจนกว่าจะได้เชื้อบริสุทธิ์

8) ให้ถ่ายเชื้อสาหร่ายที่บริสุทธิ์ลงในหลอดแก้วที่มีอาหารวุ้นเอียง (slant) และหลอดแก้วที่มีอาหารเหลว (broth) สำหรับเก็บไว้เป็น stock culture ต่อไป



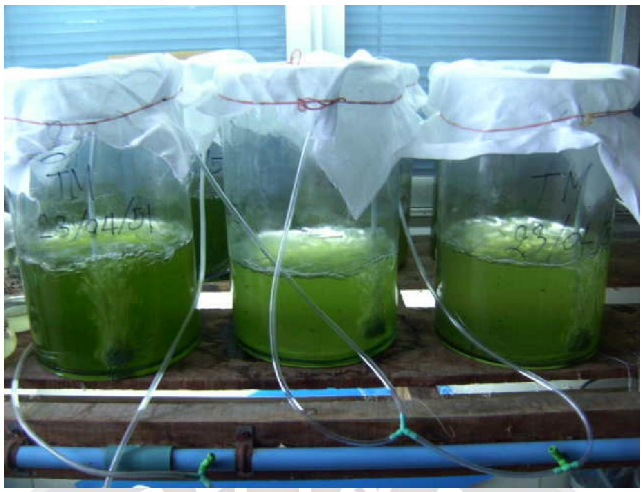
ภาพ 2.4 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายในอาหารแข็ง

2.3.3. การเพาะเลี้ยงเพื่อเพิ่มปริมาณ

1) เมื่อได้เชื้อสาหร่ายที่บริสุทธิ์แล้ว ทำการเพาะเลี้ยงเพื่อเพิ่มปริมาณต่อในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร โดยเติมอาหารเหลวสูตรเดียวกับอาหารแข็งที่ใช้เพาะเลี้ยงปริมาตร 100 มิลลิลิตร เลี้ยงในขวดรูปชมพู่ 2 สัปดาห์ โดยใช้สูตรอาหารและสภาวะการเลี้ยงแบบเดิม เก็บไว้เป็น Stock Culture ต่อไป

ภาพ 2.5 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายในอาหารเหลว

2) ทำการเพาะเลี้ยงต่อในโหลขนาด 10 ลิตรโดยใช้อาหารสูตรเดียวกับอาหารแข็งเตรียมอาหารอัตราส่วน 2 : 1 ลิตร เติมอากาศและให้แสงตลอดเวลา



ภาพ 2.6 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเพื่อเพิ่มปริมาณ ในโหลขนาด 10 ลิตร

2.3.4. การเพาะเลี้ยงในสภาพห้องปฏิบัติการด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ

1) นำเชื้อเริ่มต้นสาหร่ายที่บริสุทธ์ที่ได้จากข้อ 2.3.3 ถ่ายเชื้อลงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมไว้ โดยแต่ละขวดใส่สาหร่ายตั้งต้นเท่า ๆ กันโดยมีค่า OD_{560} เริ่มต้นขวดละ 0.02 ทั้งหมด 60 ขวด แบ่งการทดลองเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 30 ขวด โดยให้มีสภาวะการเลี้ยงที่แตกต่างกัน ดังนี้

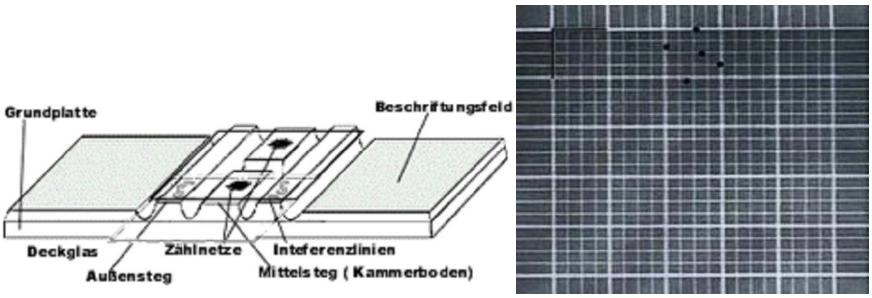
- เลี้ยงสาหร่ายโดยการใช้แสงจากธรรมชาติ
- เลี้ยงสาหร่ายโดยการใช้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ตลอด 24 ชั่วโมง

2) โดยแต่ละชุดการทดลองทำการเก็บตัวอย่างทุก 2 วันที่เวลาเดียวกันทุกครั้ง ด้วยศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายดังนี้

-วัดค่าการดูดกลืนแสง (OD) โดยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 560 nm ทุก 2 วัน จนเพาะเลี้ยงได้ครบ 16 วัน

-ตรวจวัดอัตราการเจริญเติบโตและนับจำนวนเซลล์สาหร่าย *Chlorella* sp. โดยใช้ สไลด์ Haemacytometer ทุก 2 วัน จนเพาะเลี้ยงได้ครบ 16 วัน

นำข้อมูลที่ได้ไปสร้างกราฟการเจริญของสาหร่าย



ภาพ 2.7 สไลด์ Haemacytometer

2.3.5. การเพาะเลี้ยงในสภาพห้องปฏิบัติการด้วยน้ำทิ้งจากบ่อพักน้ำทิ้งของโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง

ทำการศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายในน้ำทิ้งจากบ่อพักน้ำทิ้งจากขบวนการผลิตผักและผลไม้กระป๋อง โดยทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 2.3.4

ภาพ 2.8 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายในน้ำทิ้งจากโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง

บทที่ 3

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

3.1 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทิ้ง

จากการตรวจสอบคุณภาพน้ำตัวอย่างจากบ่อบำบัดน้ำเสีย(บ่อ 8) บริษัทช้างอวอดส์ (1959) จำกัด ได้ผลออกมาดังต่อไปนี้

1.1) ค่า COD : 280 มิลลิกรัม/ลิตร

1.2) ค่า BOD : 129 มิลลิกรัม/ลิตร

1.3) ปริมาณของแข็งรวม(TS) : 580 มิลลิกรัม/ลิตร

1.4) ค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH) : 7.16

1.5) ปริมาณฟอสเฟต(PO_4^{3-}) : 3.9 มิลลิกรัม/ลิตร

1.6) แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH_3-N) : 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร

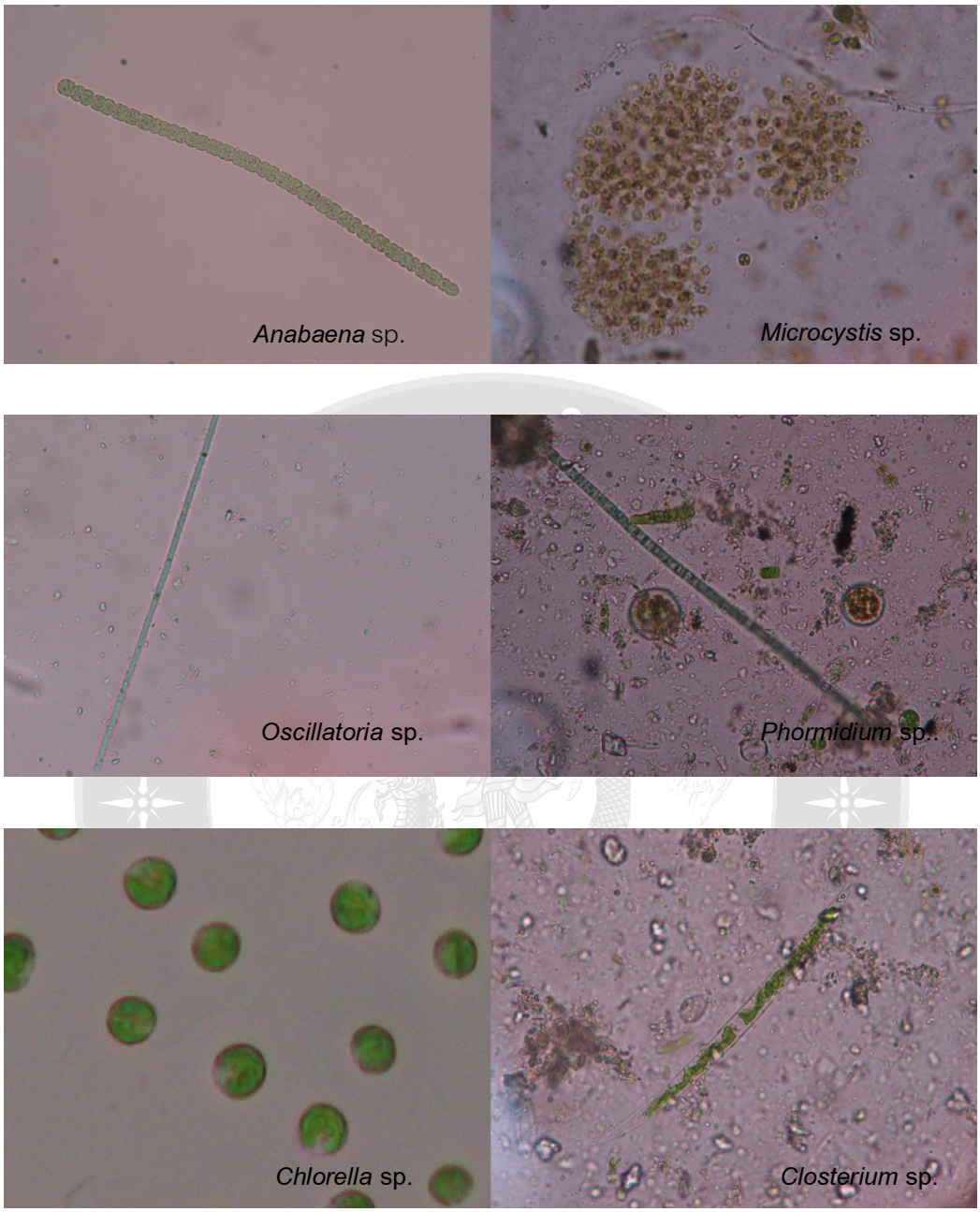
1.7) ไนเตรท(NO^{3-}) : 72 มิลลิกรัม/ลิตร

3.2 การจัดจำแนกสาหร่าย

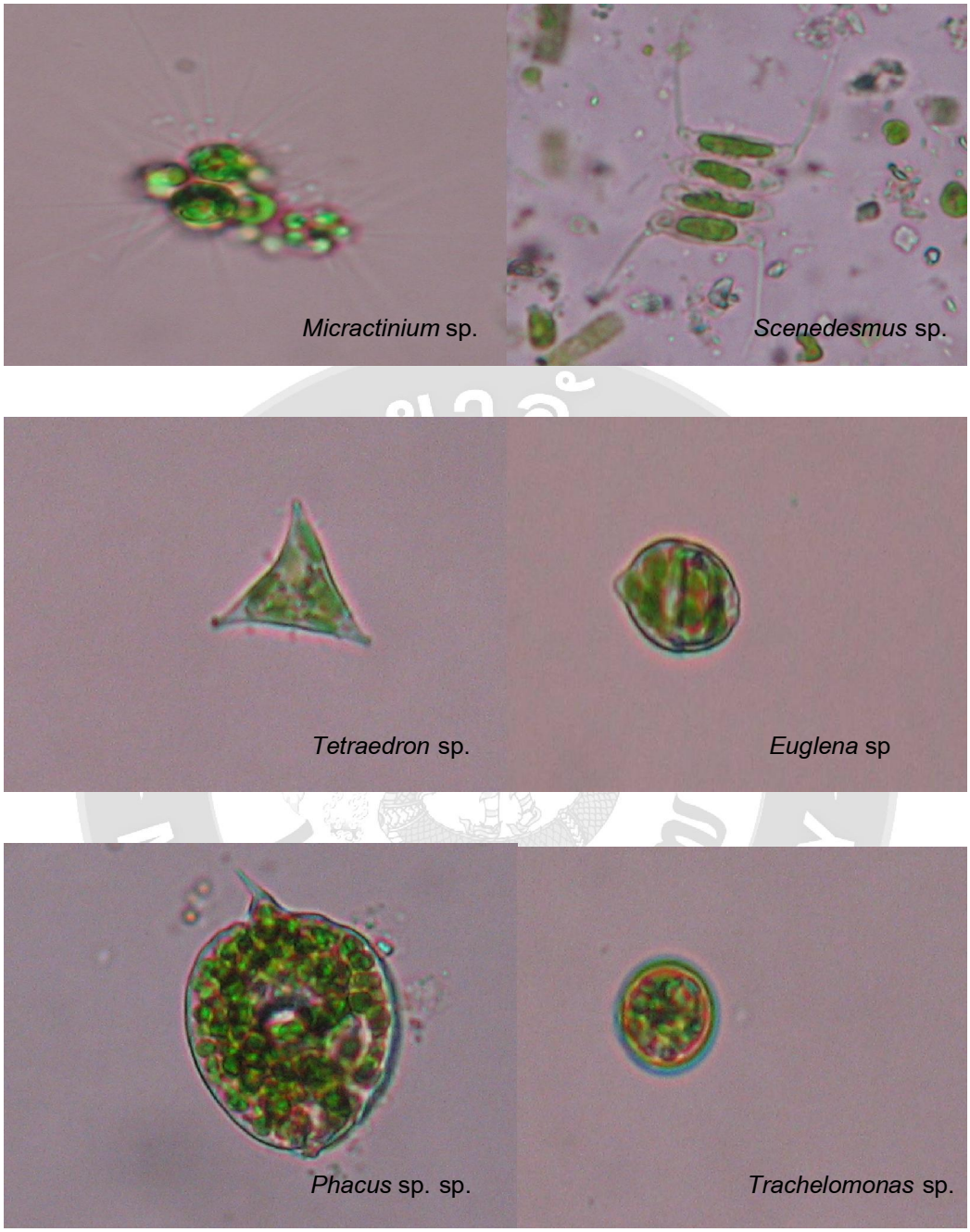
จากการเก็บตัวอย่างในน้ำทิ้งจากน้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศต่อด้วยระบบสระเติมอากาศของ โรงงานผลิตผัก และ ผลไม้กระป๋อง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ นำมาตรวจสอบชนิดของสาหร่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบที่กำลังขยาย 400 เท่า สังเกตุว่ามีสาหร่ายหลายชนิดสามารถเจริญเติบโตอยู่ในน้ำเสียจากโรงงานได้ ทำการจัดจำแนกออกเป็นหมวดหมู่ โดยใช้เอกสารอ้างอิงของ (สาหร่ายวิทยา. ยุวดี (2546), ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสาหร่าย, สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน, สาหร่ายสีเขียว. ยุวดี (2542,2548) พบสาหร่ายทั้งสิ้น 11 วงศ์ 15 สกุล รายละเอียดของสาหร่ายที่พบแสดงในตาราง 3.1 และภาพ 3.1-3.15 โดยพบว่าทั้งหมดของสาหร่ายที่พบเป็นสาหร่ายที่พบในแหล่งน้ำนิ่งหรือน้ำไหลเอื่อยๆ และพบในสภาพแหล่งน้ำที่มีสารอินทรีย์อยู่ในระดับปานกลาง

ตาราง 3.1 สาหร่ายที่พบในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศต่อด้วยระบบสระเติมอากาศของโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง

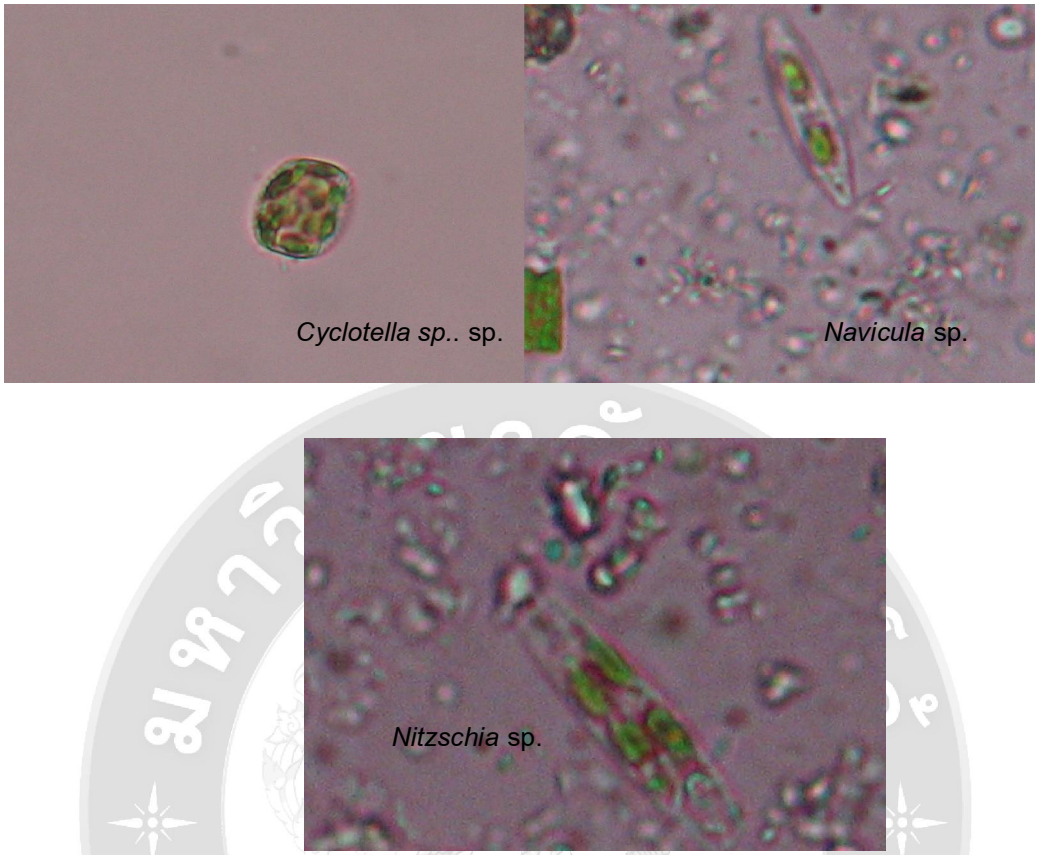
Families(วงศ์)	(Genera)สกุล
Nostocaceae	*Anabaena*
Chroococcaceae	*Microcystis*
Oscillatoriaceae	*Oscillatoria* *Phormidium*
Oocystaceae	*Chlorella* *Tetraedron*
Desmidiaceae	*Closterium*
Micractiniaceae	*Micractinium*
Scenedesmaceae	*Scenedesmus*
Euglenaceae	*Euglena* *Phacus* *Trachelomonas*
Thalassiosiraceae	*Cyclotella*
Naviculaceae	*Navicula*
Bacillariaceae	*Nitzschia*



ภาพ 3.1 สาหร่ายที่พบในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศต่อด้วยระบบสระเติมอากาศของโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง



ภาพ 3.1 สาหร่ายที่พบในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศต่อด้วยระบบสระเติมอากาศของโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง (ต่อ)



ภาพ 3.1 สาหร่ายที่พบในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศต่อด้วยระบบสระเติมอากาศของโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง (ต่อ)

Anabaena sp.

ที่อยู่ : พบในแหล่งน้ำนิ่งและน้ำไหลเอื่อย

สี: สีของเซลล์ เทาจนถึงเขียวแกมน้ำเงิน เขียวเข้ม

การดำรงชีวิต: ล่องลอยเป็นอิสระ บางชนิดอยู่แบบพึ่งพาอาศัยในพืชอื่น เช่นแหนแดง

ลักษณะสำคัญ: เป็นเส้นสายไม่แตกแขนง มักอยู่เดี่ยวๆ ส่วนมากมักจะมีลักษณะตรงหรือโค้งงอ เซลล์แต่ละเซลล์มีลักษณะกลมคล้ายลูกปัด บางชนิดมีลักษณะคล้ายถังเบียร์ หรือรูปเหลี่ยม สร้างเฮเทอโรซิสต์/ หรืออะคินีรูปกลมหรือรีที่บริเวณตำแหน่งปลายหรือภายในเส้นสาย

การจัดจำแนก: ดิวิชัน Cyanophyta แฟมิลี่ Nostocaceae

จำนวนชนิด: 25

จำนวนชนิดที่พบในประเทศไทย: 16

จำนวนชนิดที่พบในภาคเหนือ: 12

ประโยชน์: ใช้ทำเป็นปุ๋ยพืชสดช่วยตรึงไนโตรเจนในนาข้าว ช่วยบำบัดน้ำเสีย ,เพิ่มธาตุอาหารไนโตรเจนให้แก่ดินและพืชทำให้ลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนลงได้บางส่วน ,ช่วยทำให้สิ่งมีชีวิตที่มีประโยชน์ต่อดินสามารถเจริญเติบโตได้ดี และช่วยให้ดินอุดมสมบูรณ์ ,ทำให้ดินมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

Microcystis sp.

ที่อยู่ : พบในแหล่งน้ำนิ่งและน้ำไหลเอื่อย

สี : สีที่พบในธรรมชาติ เขียว เขียวแกมน้ำเงิน สีของเซลล์เขียวแกมน้ำเงิน

การดำรงชีวิต : ล่องลอยเป็นอิสระ

ลักษณะสำคัญ : กลุ่มเซลล์มีรูปร่างไม่แน่นอน อาจเป็นรูปกึ่งทรงกลม ภายในกลุ่มเซลล์ประกอบไปด้วยเซลล์จำนวนมากอัดกันอยู่ภายใต้เมือกหุ้ม กลุ่มเซลล์เมขึ้นได้โดยอาศัยการแตกหักและการแบ่งเซลล์ เซลล์มีลักษณะวงกลมหรือครึ่งวงกลมหลังจากแบ่งเซลล์ มีก๊าซแวคิวโอลในเซลล์ที่อยู่ในกลุ่มเซลล์ที่ล่องลอยอยู่ในน้ำ แต่จะมีน้อยลงหรือไม่ปรากกภายในเซลล์ที่อยู่ในกลุ่มเซลล์ที่จมอยู่พื้นท้องน้ำ เป็นสาหร่ายประเภทสร้างสารพิษที่เจริญรวดเร็ว ที่พบมากที่สุด

การจัดจำแนก : Cyanophyta แฟมิลี่ Chroococcaceae

จำนวนชนิด : 10

จำนวนชนิดที่พบในประเทศไทย : 2

จำนวนชนิดที่พบในภาคเหนือ : 5

หมายเหตุ เป็นสาหร่ายที่สร้างสารพิษชื่อ ไมโครซิสติน เร่งการเจริญของมะเร็งตับ

Oscillatoria sp.

ที่อยู่ : พบในแหล่งน้ำนิ่ง น้ำไหลเอื่อย บนผิวดินที่ชื้นและน้ำพุร้อน

สี : สีที่พบในธรรมชาติ เขียว เขียวแกมน้ำเงิน เทาเขียว ดำ สีของเซลล์ เขียว เขียวแกมน้ำเงิน เทา เขียว น้ำตาล

การดำรงชีวิต: ล่องลอยเป็นอิสระ หรือ ดำรงชีวิตแบบยึดเกาะ

ลักษณะสำคัญ: เส้นสายซึ่งประกอบด้วยเซลล์มารวมตัวกันเรียกว่าตรัยโคม รูปร่างทรงกระบอก เหยียดตรงหรือเป็นเกรียวเล็กน้อย โดยปกติแล้วตรัยโคมไม่มีเมือกหุ้ม เส้นสายจะสร้างโฮโมโกเนีย ในการสืบพันธุ์ ไม่มีการสร้างเฮเทอโรซิสต์และอะคินีท เซลล์มีรูปร่างคล้ายเหรียญ เส้นสายมีการแบ่งเซลล์อย่างรวดเร็ว

การจัดจำแนก : ดิวิชัน Cyanophyta แฟมิลี่ Oscillatoriaceae

จำนวนชนิด : 40

จำนวนชนิดที่พบในประเทศไทย : 35

จำนวนชนิดที่พบในภาคเหนือ :29

ประโยชน์ : เป็นปุ๋ยพืชสด ช่วยในการบำบัดน้ำเสีย

Phormidium sp.

ที่อยู่ : พบในแหล่งน้ำนิ่ง น้ำไหลเอื่อย ผิวดินที่ชื้นและในน้ำพุร้อน

สี : สีที่พบในธรรมชาติ เขียวเข้ม เขียวแกมน้ำเงิน สีของเซลล์ เขียวคล้ำ เขียวแกมน้ำเงิน

การดำรงชีวิต : ล่องลอยเป็นอิสระ หรือดำรงชีวิตแบบยึดเกาะ

ลักษณะสำคัญ : ตรัยโคมรูปทรงกระบอก เหยียดตรงหรือเป็นเกรียวเล็กน้อย โดยปกติแล้วตรัยโคมไม่มีชีทหุ้ม บางชนิดอาจมีเมือกนุ่มหุ้ม เส้นสายจะสร้สงโฮโมโกเนียในการสืบพันธุ์ ไม่มีการสร้างเฮเทอโรซิสต์ และ อะคินีท เส้นสายสามารถเคลื่อนที่ได้

การจัดจำแนก : ดิวิชัน Cyanophyta แฟมิลี่ Oscillatoriaceae

จำนวนชนิด :45

จำนวนชนิดที่พบในประเทศไทย : 9

จำนวนชนิดที่พบในภาคเหนือ : 14

ประโยชน์ : เป็นปุ๋ยพืชสด ช่วยในการบำบัดน้ำเสีย

Chlorella sp.

ที่อยู่ : พบในแหล่งน้ำนิ่งและดินชื้น

สี : สีเขียว

การดำรงชีวิต : ล่องลอยเป็นอิสระ

ลักษณะสำคัญ : เซลล์มีขนาดเล็กอาจเป็นทรงกลมหรือรูปไข่ อาจแบนหรืออาจอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม เซลล์เล็กๆซึ่งอาจมีรูปทรงไม่แน่นอน คลอโรพลาสต์ทีอันเดียวอาจอยู่ด้านข้างหรือเป็นรูปถ้วยหรือเป็นแผ่นแบน มีเป็นแบบตาข่ายบ้าง และมักมีไพรีนอยด์ 1 อัน

การจัดจำแนก : ดิวิชัน Chlorophyta แฟมิลี่ Oocystaceae

จำนวนชนิด : 12

จำนวนชนิดที่พบในประเทศไทย : -

จำนวนชนิดที่พบในภาคเหนือ : 3

ประโยชน์ : สาหร่ายคลอเรลลา (Chlorella) เป็นพืชน้ำที่มีคลอโรฟิลสูงสุด ช่วยในกระบวนการสร้างเม็ดเลือดแดง ช่วยให้ระบบภูมิคุ้มกันทำงานดีขึ้น และเป็นแหล่งโปรตีน วิตามิน เกลือแร่ ,อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ เบต้าแคโรทีน และวิตามินบีคอมเพล็กซ์, เสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้ร่างกาย ต่อต้านมะเร็งชนิดต่าง ๆ ไวรัส เนื้องอก , ขจัดโลหะหนักออกจากร่างกาย ได้แก่ สารปรอท ตะกั่ว ดีดีที ,ลดกรดในร่างกาย ช่วยบำบัดกรดไหลย้อยกลับ , ช่วยระบบการย่อยอาหาร,บำรุงผิวพรรณ สดใส ชะลอความชรา , ใช้เป็นยารักษาโรค ใช้ผลิตเป็นอาหารมนุษย์และอาหารสัตว์ ใช้ทำปุ๋ย ช่วยในการบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น

Closterium sp.

ที่อยู่ : พบในแหล่งน้ำนิ่ง

สี : สีของเซลล์ สีเขียว

การดำรงชีวิต : ล่องลอยเป็นอิสระ หรือดำรงชีวิตแบบยึดเกาะ

ลักษณะสำคัญ : เซลล์เดี่ยว แต่ละเซลล์ประกอบไปด้วยสองเซมิเซลล์ ไม่มีรอยคอด เซลล์ยาวโค้งงอปลายเรียว ยาว2-15 เท่าของความกว้างผนังเซลล์ส่วนมากไม่มีสี เรียบหรืออาจพบลวดลายบ้าง ในแต่ละเซมิเซลล์มีคลอโรพลาสต์เป็นแนวยาวตามความยาวของเซลล์ มีไพรีนอยด์หลายเม็ดเรียงเป็นแถวเดี่ยวบนแผ่นคลอโรพลาสต์ บริเวณปลายยอดมีถุงแวคิวโอลที่ภายในบรรจุผลึกแคลเซียมซัลเฟต เรียกว่าผลึกไฮยาลีน

การจัดจำแนก : ดิวิชัน Chlorophyta แฟมิลี่ Desmidiaceae

จำนวนชนิด : 72

จำนวนชนิดที่พบในประเทศไทย : 46

จำนวนชนิดที่พบในภาคเหนือ : 36

ประโยชน์ : ใช้ทำปุ๋ย บำบัดน้ำเสีย ใช้บ่งชี้คุณภาพน้ำ

Micractinium sp.

ที่อยู่ : พบในแหล่งน้ำนิ่ง หรือ น้ำไหลเอื่อย

สี : สีของเซลล์ สีเขียว

ลักษณะสำคัญ : กลุ่มเซลล์เป็นแบบมีช่องว่างภายใน อาจมีลักษณะคล้ายลูกบาศก์หลายเหลี่ยม หรืออื่นๆประกอบกันด้วยเซลล์จำนวน 4-64 เซลล์ เซลล์มีลักษณะกลมหรือรูปไข่ ผนังบางและเรียบ มีหนามจำนวน1-8 หรืออาจมีถึง18 อัน ซึ่งมีลักษณะบางคล้ายเข็ม คลอโรพลาสต์มีลักษณะคล้ายถ้วย 1 อันอยู่ด้านข้างเซลล์

การจัดจำแนก :ดิวิชัน Chlorophyta แฟมิลี่ Micractiniaceae

จำนวนชนิด : 6

จำนวนชนิดที่พบในประเทศไทย : -

จำนวนชนิดที่พบในภาคเหนือ : 2

ประโยชน์ : ใช้ทำปุ๋ย และช่วยในการบำบัดน้ำเสีย สามารถบ่งชี้คุณภาพน้ำได้

Scenedesmus sp.

ที่อยู่ : พบในแหล่งน้ำนิ่งและน้ำไหลเอื่อย

สี : สีของเซลล์เขียว

การดำรงชีวิต : ล่องลอยเป็นอิสระ และดำรงชีวิตแบบยึดเกาะ

ลักษณะสำคัญ : กลุ่มเซลล์แบนอาจพบมีลักษณะบิดเบี้ยวบ้าง เซลล์อยู่รวมกัน 2-32 เซลล์ ส่วนมากมักพบเป็นทวีคูณของ 2 เซลล์ มีลักษณะโค้ง รูปไข่แบนหรือรูปไข่ หรือ ทรงกระบอก การเรียงตัวอาจเป็น 1 หรือ 2 แถว โดยใช้ด้านข้างของเซลล์เชื่อมกัน ผนังเซลล์เรียบหรือมีลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆติดอยู่ ด้านข้างอาจพบหรือไม่พบลักษณะที่เป็นสัน เป็นฟัน หรือ หนามเล็กๆ

การจัดจำแนก :ดิวิชัน Chlorophyta แฟมิลี่ Scenedesmaceae

จำนวนชนิด : 80

จำนวนชนิดที่พบในประเทศไทย :17

จำนวนชนิดที่พบในภาคเหนือ : 32

ประโยชน์ : มีคุณค่าทางอาหารสูง ใช้ผลิตอาหารสัตว์ ใช้ผลิตเป็นอาหารเสริมของมนุษย์ ใช้ทำปุ๋ย ช่วยในการบำบัดน้ำเสีย

Tetraedron sp.

ที่อยู่ : พบในแหล่งน้ำนิ่ง

สี : สีของเซลล์ สีเขียว

การดำรงชีวิต : ล่องลอยเป็นอิสระ

ลักษณะที่สำคัญ : เซลล์จะอยู่เดี่ยวๆ มีรูปร่างคล้ายสามเหลี่ยม หรือหลายเหลี่ยมก็ได้ และมีรูปร่างแบน เซลล์มีมุมที่อาจไม่มีหรือมีหนาม ผนังเซลล์เรียบ มีคลอโรพลาสต์หนึ่งหรือมากกว่า และส่วนใหญ่จะมีไพรีนอยด์

การจัดจำแนก : ดิวิชัน Chlorophyta แฟมิลี่ Oocystaceae

จำนวนชนิด : 24

จำนวนชนิดที่พบในประเทศไทย : 11

จำนวนชนิดที่พบในภาคเหนือ : 10

ประโยชน์ : ใช้ทำปุ๋ย และช่วยในการบำบัดน้ำเสีย

Euglena sp.

ที่อยู่ : พบในแหล่งน้ำนิ่งและน้ำไหลเอื่อย พบในแหล่งน้ำที่มีคุณภาพไม่ดี

สี : สีของเซลล์ เขียว แดง

การดำรงชีวิต : ล่องลอยเป็นอิสระ

ลักษณะสำคัญ : เซลล์เป็นสีเขียว รูปร่างยาวเรียว มีอายสปอตสีแดง บางชนิดเซลล์มีสีแดง เนื่องจากมีรงควัตถุพวกฮีมาโตโครมเคลื่อนมาปกคลุมคลอโรฟิลล์ มีแฟลเจลลัม 2 เส้น ยาวไม่เท่ากันเส้นที่หนึ่ง เป็นเส้นสั้นอยู่ใกล้กัลเลท อีกเส้นยาวกว่ายื่นออกนอกเซลล์ คลอโรพลาสต์รูปไข่มีหลายอัน มีพาราไมลัมเซนเตอร์ ลักษณะคล้ายจานแบนอยู่ในเซลล์

การจดจำแนก : ดิวิชัน Euglenophyta แฟมิลี่ Euglenaceae

จำนวนชนิด : 59

จำนวนชนิดที่พบในประเทศไทย : 19

จำนวนชนิดที่พบในภาคเหนือ : 15

ประโยชน์ : ใช้ทำปุ๋ย ช่วยบำบัดน้ำเสีย ใช้บ่งชี้สภาพน้ำ

Phacus sp.

ที่อยู่ : พบในแหล่งน้ำนิ่ง และ น้ำไหลเอื่อย

สี : สีของเซลล์ เขียวอ่อน

การดำรงชีวิต : ล่องลอยเป็นอิสระ

ลักษณะสำคัญ : เซลล์รูปร่างเกือบกลม โดยจะกว้างด้านบนแต่ท้ายเรียว เมื่อมองด่านข้างเซลล์แบน คล้ายใบโพธิ์ ภายในเซลล์มีเพลลิเคิลเป็นเส้น เซลล์บิดเป็นเกลียวบรเวณด้านท้าย มีพาราไมลัมเซนเตอร์รูปโดนัทหรือคล้ายจาน มีแฟลเจลลัม 1 เส้น

การจัดจำแนก : ดิวิชัน Euglenophyta แฟมิลี่ Euglenaceae

จำนวนชนิด : 43

จำนวนชนิดที่พบในประเทศไทย : 17

จำนวนชนิดที่พบในภาคเหนือ : 12

ประโยชน์ : ใช้ทำปุ๋ย ช่วยบำบัดน้ำเสีย ใช้บ่งชี้สภาพน้ำ

Trachelomonas sp.

สี : สีของเซลล์ เขียว น้ำตาลแดง

การดำรงชีวิต : ล่องลอยเป็นอิสระ

ลักษณะสำคัญ : เซลล์รูปร่างกลมหรือรูปไข่ อยู่ภายในลอริกา ซึ่งมีรูปร่างต่างๆกันสีน้ำตาลหรือสีแทน เซลล์มีอายสปอตสีแดง มีแฟลเจลลัม 1 เส้น ลอริกาอาจเรียบ หรือมีหนามหรือปุ่มเล็กๆหรือหนามเป็นซี่ๆ รอบๆลอริกา ลวดลายแตกต่างกัน

การจัดจำแนก : ดิวิชัน Euglenophyta แฟมิลี่ Euglenaceae

จำนวนชนิด : 50

จำนวนชนิดที่พบในประเทศไทย : 13

จำนวนชนิดที่พบในภาคเหนือ : 30

ประโยชน์ : ใช้ทำปุ๋ย ช่วยบำบัดน้ำเสีย ใช้บ่งชี้สภาพน้ำ

Cyclotella sp.

ที่อยู่ : พบในแหล่งน้ำนิ่ง

สี : สีของเซลล์ สีน้ำตาล

การดำรงชีวิต : ล่องลอยเป็นอิสระ และดำรงชีวิตแบบยึดเกาะ

ลักษณะสำคัญ : เซลล์รูปร่างเป็นวงกลมหรือโค้ง อาจต่อกันเป็นสายโซ่หรือเส้นสายสั้นๆ บริเวณขอบของฝาจะไม่มีหนามผิวหน้าของฝาจะมีลวดลายในบริเวณรอบนอก ส่วนกลางฝาอาจไม่มีลวดลายหรือเป็นรูเล็กๆ

การจัดจำแนก : ดิวิชัน Bacillariophyta แฟมิลี่ Thalassiosiraceae

จำนวนชนิด :38

จำนวนชนิดที่พบในประเทศไทย : -

จำนวนชนิดที่พบในภาคเหนือ : 2

ประโยชน์ : ใช้ทำปุ๋ย ใช้ทำเป็นตัวกรองในเครื่องกรองน้ำ

Navicula sp.

ที่อยู่ : พบในแหล่งน้ำนิ่ง และน้ำไหลเอื่อย

สี : สีของเซลล์ สีน้ำตาล

การดำรงชีวิต : ล่องลอยเป็นอิสระ และดำรงชีวิตแบบยึดเกาะ

ลักษณะสำคัญ : เซลล์รูปร่างเป็นวงกลม รูปเรือหรือทรงซิการ์ โดยมีปลายมนหรือแหลมบางครั้งจะอยู่รวมกันในเยื่อเมือกหรือท่อเมือก ฝาทั้งสองด้านจะพบราฟีที่เป็นเส้นตรงและบางคล้ายเส้นด้าย ลวดลายบนฝาจะเป็นลายขนาดเล็กรูปร่างกลมหรือยาวและไม่มีพื้นที่ว่างกลางเซลล์

การจัดจำแนก : ดิวิชัน Bacillariophyta แฟมิลี่ Naviculaceae

จำนวนชนิด : 247

จำนวนชนิดที่พบในประเทศไทย : 107

จำนวนชนิดที่พบในภาคเหนือ : 69

ประโยชน์ : ใช้ผสมผลิตเป็นอาหารสัตว์น้ำ

Nitzschia sp.

ที่อยู่: พบในแหล่งน้ำนิ่ง และน้ำไหลเอื่อย

สี : สีของเซลล์ สีน้ำตาล

การดำรงชีวิต : ล่องลอยเป็นอิสระ และดำรงชีวิตแบบยึดเกาะ

ลักษณะสำคัญ : ฝาของเซลล์มีลักษณะตรงหรือโค้ง ส่วนปลายเซลล์มนหรือโป่งเป็นกระเปาะ มีราฟีอยู่ที่ขอบฝาด้านใดด้านหนึ่ง มีลักษณะเป็นซี่ขนาดใหญ่ เรียกว่าฟีบูเล มีลวดลายบนฝาเซลล์ตามขวางขนาดใหญ่จนถึงขนาดเล็ก และไม่มีพื้นที่ว่างกลางเซลล์

การจัดจำแนก : ดิวิชัน Bacillariophyta แฟมิลี่ Bacillariaceae

จำนวนชนิด : 142

จำนวนชนิดที่พบในประเทศไทย : 49

จำนวนชนิดที่พบในภาคเหนือ : 49

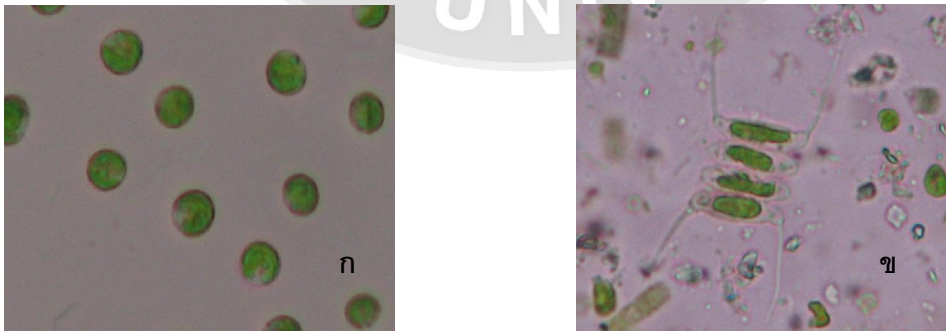
ประโยชน์ : ใช้ผลิตเป็นอาหารสัตว์น้ำ เช่น อาหารลูกกุ้ง เป็นต้น

3.3 การคัดเลือกสาหร่ายที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจเพื่อทำการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณ

จากการจัดจำแนกสาหร่ายพบว่ามีสาหร่ายทั้งสิ้น 11 วงศ์ 15 สกุล จึงทำการคัดแยกเชื้อสาหร่ายเพื่อให้ได้สาหร่ายที่บริสุทธ์ และสาหร่ายที่สามารถเจริญเติบโตได้ง่าย โดยการเลี้ยงเชื้อสาหร่ายบนอาหารแข็งสูตร Jaworski's Medium (JM) และ Blue Green Medium11(BG11) เป็นเวลา 14 วัน ให้แสงตลอด 24 ชั่วโมง พบว่ามีสาหร่ายทั้งสิ้น 9 สกุล ที่สามารถเจริญในอาหารแข็งได้ โดยสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและยูกีนาจะสามารถเจริญเติบโตได้ดีในอาหารเพาะเลี้ยงสาหร่ายสูตร Blue Green Medium11(BG11) ส่วนสาหร่ายสีเขียวและไดอะตอมสามารถเจริญได้ดีในอาหารสูตร Jaworski's Medium (JM) สาเหตุที่สาหร่ายบางชนิดที่พบในน้ำเสียตัวอย่างตอนเริ่มต้นนั้นไม่สามารถเจริญได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อ อาจเนื่องมาจากมีจำนวนเซลล์ของสาหร่ายชนิดนั้นน้อยเกินไปจึงไม่สามารถเพาะเลี้ยงในอาหารได้

จากสาหร่ายทั้ง 9 สกุลที่สามารถเจริญเติบโตบนอาหารเลี้ยงเชื้อ มีเพียง 2 ชนิดที่มีคุณสมบัติเหมาะสม สามารถนำไปเพาะเลี้ยงเพิ่มเพื่อประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจคือ *Scenedesmus* sp. และ *Chlorella* sp. สาหร่ายทั้งสองชนิด เป็นสาหร่ายที่มีคุณค่าทางสารอาหารสูง สามารถนำไปพัฒนาเป็นอาหารสัตว์น้ำได้

เนื่องจากในการทดลอง พบจำนวนเซลล์ของสาหร่าย *Scenedesmus* sp. จำนวนน้อยมากและอยู่กันอย่างกระจัดกระจายเมื่อเทียบกับ *Chlorella* sp.ซึ่งสาหร่ายชนิดนี้พบเซลล์เป็นกลุ่มง่ายต่อการคัดแยกเชื้อให้บริสุทธิ์ และสามารถเพาะเลี้ยงได้ง่าย อีกทั้งสาหร่าย *Chlorella* sp.มีปริมาณสารอาหารสูงกว่า *Scenedesmus* sp. โดยเป็นแหล่งโปรตีน วิตามิน เกลือแร่ การเพาะเลี้ยงง่าย เนื่องจากมีการเพาะเลี้ยงเป็นอาหารปลาโดยทั่วไป โดยมักเรียกว่า "น้ำเขียว" ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ดี เช่นไรแดง และปลา เป็นต้น ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงได้ทำการแยกเชื้อสาหร่าย *Chlorella* sp.ให้บริสุทธิ์และทำการเพาะเลี้ยงเพื่อเพิ่มปริมาณ ต่อไป



ภาพ 3.2 ก. สาหร่าย คลอเรลลา (*Chlorella* sp.)

ข. สาหร่าย ซีนีเดสมัส (*Scenedesmus* sp.)

3.4 การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Chlorella* sp.ในสภาพห้องปฏิบัติการด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ

นำเชื้อเริ่มต้น Stock culture ของสาหร่าย *Chlorella* sp. บริสุทธ์ ซึ่งได้มาจากการ ถ่ายเชื้อสาหร่ายบนอาหารแข็งลงในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวสูตร Jaworski's Medium (JM) ที่เตรียมไว้ จะใช้เวลาประมาณ 1-2 สัปดาห์ มาใส่ในขวดลูกชมพู่ ขนาด 250 มล.โดยแต่ละขวดใส่สาหร่ายตั้งต้นเท่า ๆ กันโดยมีค่า OD $_{560}$ เริ่มต้นขวดละ 0.02 ทั้งหมด 60 ขวดแบ่งการทดลองเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 30 ขวด โดยให้มีสภาวะการเลี้ยงที่แตกต่างกัน การทดลองที่ 1 ใช้แสงจากธรรมชาติ และ การทดลองที่ 2 ให้แสงตลอด 24 ชั่วโมงด้วยหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ โดยแต่ละชุดการทดลองทำการเก็บตัวอย่างทุก 2 วันที่เวลาเดียวกันทุกครั้ง และศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายดังนี้

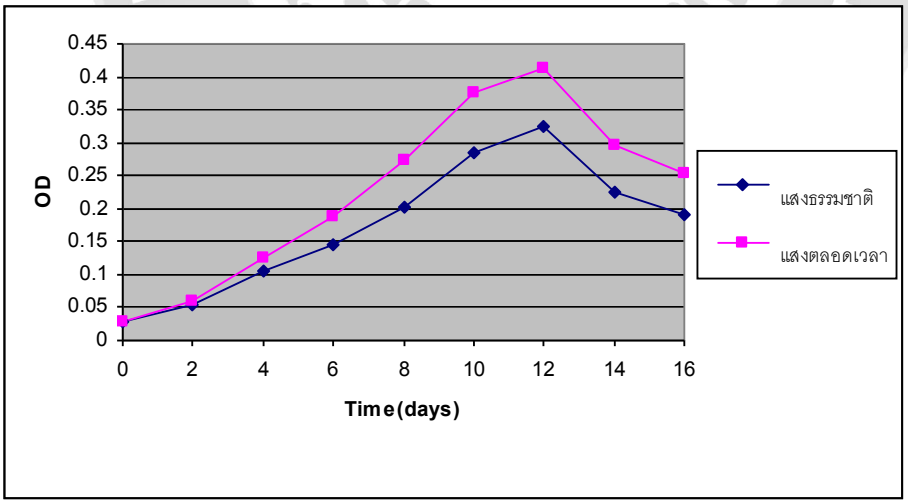
จากผลการศึกษาพบว่าเมื่อทำการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Chlorella* sp. ในอาหารเลี้ยงสาหร่าย แบบเหลวสูตร Jaworski's Medium (JM) โดยได้ทำการศึกษาถึงการเจริญของสาหร่ายด้วยค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร (OD $_{560}$)และการนับจำนวนเซลล์ของสาหร่ายโดยวิธี Total count ด้วย Haemacytometer พบว่าในการทดลองชุดที่ 1 ใช้แสงตามธรรมชาติและชุดการทดลองที่ 2 ให้ไฟตลอด 24 ชั่วโมงนั้น ในช่วง 2 วันแรกของการเพาะเลี้ยงนั้น สาหร่ายจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากสาหร่ายยังต้องอาศัยระยะเวลาในการปรับตัวเล็กน้อย แต่หลังจากนั้นจะมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยจะมีการเจริญเติบโตสูงที่สุด ในวันที่ 12 ของการเพาะเลี้ยง โดยมีค่า OD_{560} คือ 0.326 ในชุดการทดลองที่ 1 และ 0.412 ในชุดการทดลองที่ 2 คิดเป็นจำนวนเซลล์ของสาหร่าย 31.07 x 10^5 และ 42.5 x 10^5 เซลล์/ มล. ตามลำดับ หลังจากนั้นพบว่าการเจริญของสาหร่ายลดลงอย่างรวดเร็ว โดยพบว่าสาหร่ายมีค่า OD_{560} และจำนวนของเซลล์ลดปริมาณลง จากการทดลองพบว่าสาหร่ายในชุดการทดลองที่ 2 ให้ไฟตลอด 24 ชั่วโมงนั้น สาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่า ชุดการทดลองที่ 1 ที่ใช้แสงตามธรรมชาติ เนื่องจากสาหร่ายสามารถสังเคราะห์แสงได้ดีกว่า ผลการทดลองแสดงในตาราง 3.2 ภาพ 3.3 และภาพ 3.4

จากผลการทดลองพบว่าหลังจากวันที่ 12 ของการเพาะเลี้ยง สาหร่ายส่วนมากจะเกิดการจับตัวกันเป็นกลุ่มใหญ่และค่อยๆ ตกตะกอน โดยจะพบตะกอนของสาหร่ายจมลงอยู่บริเวณก้นขวดลูกชมพู่ โดยยังมีชีวิตอยู่ซึ่งสังเกตได้จากตะกอนมีสีเขียวและมีการเพิ่มจำนวนขึ้น แต่ไม่สามารถวัดค่า OD_{560} และนับจำนวนเซลล์ได้ เนื่องจากสาหร่ายร่วมตัวกันเป็นกลุ่มทำให้มีน้ำหนักมาก จึงจมตัว ไม่สามารถนำมาหาค่า OD_{560} ที่ถูกต้องได้ และไม่สามารถนับจำนวนเซลล์ที่ถูกต้องได้ เนื่องจากจะจับกันเป็นกลุ่มก้อน ทำให้ไม่สามารถแตกออกเป็นเซลล์เดี่ยวๆ ได้ การทดลองในครั้งนี้ไม่ได้มีการให้อากาศแก่สาหร่าย เนื่องจากเป็นการทดลองเบื้องต้น ขนาดเล็กในขวดลูก

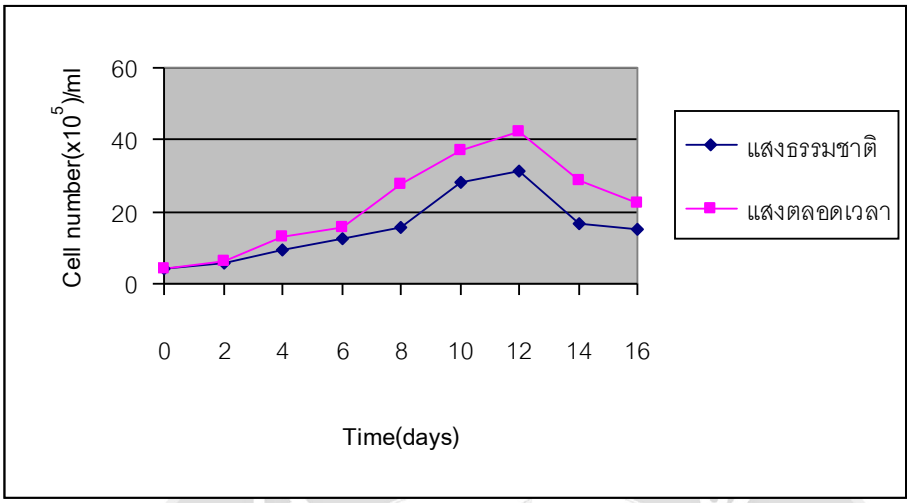
ชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตรเท่านั้น จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้สาหร่ายเจริญเติบโตได้ไม่ดีพอ เนื่องจากการสัมผัสกับอาหารไม่ทั่วถึง และยังทำให้เกิดการจับตัวของสาหร่ายง่ายขึ้นอีกด้วย

ตารางที่ 3.2 การเจริญเติบโตของสาหร่าย *Chlorella* sp. ที่เพาะเลี้ยงในสภาพห้องปฏิบัติการด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ Jaworski's Medium (JM)

การทดลอง	OD_{560}								
	วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 10	วันที่ 12	วันที่ 14	วันที่ 16
แสงธรรมชาติ	0.028	0.055	0.105	0.145	0.201	0.285	0.326	0.224	0.019
แสงตลอดเวลา	0.028	0.061	0.126	0.188	0.272	0.375	0.412	0.295	0.254
การทดลอง	จำนวนเซลล์($X10^5$)/มิลลิลิตร								
	วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 10	วันที่ 12	วันที่ 14	วันที่ 16
แสงธรรมชาติ	4.21	5.82	9.15	12.74	15.71	28.22	31.07	16.8	15.14
แสงตลอดเวลา	4.21	6.03	13.11	15.40	27.45	37.21	42.5	28.74	22.46



ภาพ 3.3 การเจริญเติบโตของสาหร่าย *Chlorella* sp. แสดงด้วยค่า OD ที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ Jaworski's Medium (JM)



ภาพ 3.4 การเจริญเติบโตของสาหร่าย *Chlorella* sp. แสดงด้วยจำนวนเซลล์ของสาหร่าย ที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ Jaworski's Medium (JM)

3.5 การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Chlorella* sp.ในน้ำทิ้งของโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง

นำเชื้อเริ่มต้น Stock culture ของสาหร่าย *Chlorella* sp. บริสุทธ์ โดยทำการกรองเอาแต่เชื้อสาหร่าย มาทำการเพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากบ่อพักน้ำของโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง ในขวดลูกชมพู่ ขนาด 250 มล.โดยแต่ละขวดใส่สาหร่ายตั้งต้นเท่า ๆ กันโดยมีค่า OD_{560} เริ่มต้นขวดละ 0.02 ทั้งหมด 60 ขวดแบ่งการทดลองเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 30 ขวด โดยให้มีสภาวะการเลี้ยงที่แตกต่างกัน การทดลองที่ 1 ใช้แสงจากธรรมชาติ และ การทดลองที่ 2 ให้แสงจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยแต่ละชุดการทดลองทำการเก็บตัวอย่างทุก 2 วันที่เวลาเดียวกันทุกครั้ง และศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายดังนี้

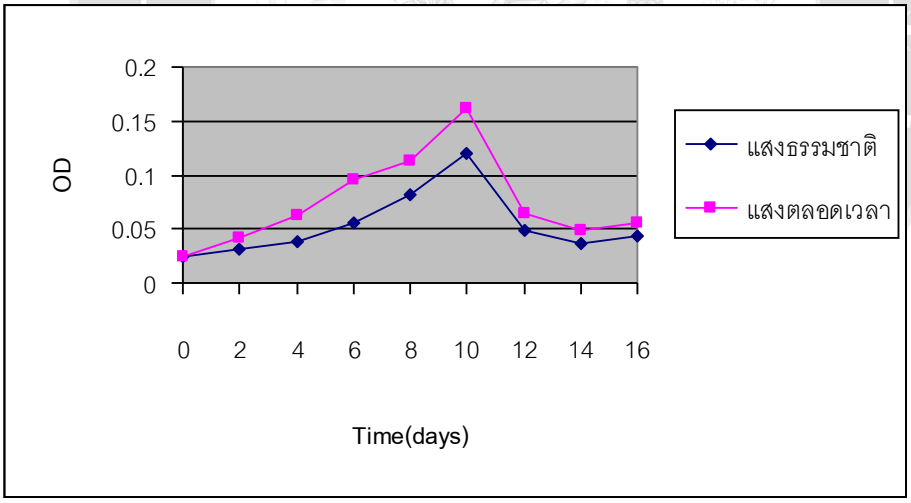
เมื่อทำการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Chlorella* sp. ในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศต่อด้วยระบบสระเติมอากาศของโรงงานผักและผลไม้กระป๋องพบว่าการเจริญเติบโตของสาหร่ายของทั้งสองชุดการทดลองคือชุดการทดลองที่ 1 ใช้แสงจากธรรมชาติ และ ชุดการทดลองที่ 2 ให้แสงจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ตลอด 24 ชั่วโมง มีลักษณะที่ใกล้เคียงกันคือ ในช่วงต้นของการทดลองนั้นสาหร่ายไม่ค่อยเพิ่มปริมาณมากนัก เพราะสาหร่ายต้องใช้ระยะเวลาในการปรับตัวค่อนข้างมาก เมื่อเทียบกับการเพาะเลี้ยงด้วยสูตรอาหาร JM เนื่องจากน้ำทิ้งของโรงงานผักและผลไม้กระป๋องมีสภาพที่แตกต่างกับอาหารเลี้ยงเชื้อ JM ค่อนข้างมาก

อย่างไรก็ตามหลังจากระยะการปรับตัวแล้ว สาหร่ายก็ค่อยๆเพิ่มจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะในวันที่ 4- 10 ของการทดลอง โดยจะมีค่า OD_{560} สูงสุดในวันที่ 10 ของการเพาะเลี้ยง คือ 0.12 ในชุดการทดลองที่ 1 และ 0.162 ในชุดการทดลองที่ 2 โดยมีค่า OD_{560} คือ 0.326 ในชุดการทดลองที่ 1 และ 0.412 ในชุดการทดลองที่ 2 คิดเป็นจำนวนเซลล์ของสาหร่าย 9.80×10^5 และ 13.12×10^5 เซลล์/มล. ตามลำดับ หลังจากนั้นพบว่าการเจริญของสาหร่ายลดลงอย่างรวดเร็ว โดยพบว่าสาหร่ายมีค่า OD_{560} และจำนวนของเซลล์ลดปริมาณลง จากการทดลองพบว่าสาหร่ายในชุดการทดลองที่ 2 ให้ไฟตลอด 24 ชั่วโมงนั้น สาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่า ชุดการทดลองที่ 1 ที่ใช้แสงตามธรรมชาติ เนื่องจากสาหร่ายสามารถสังเคราะห์แสงได้ดีกว่า แต่อย่างไรก็ตามพบว่าสาหร่ายมีการเจริญเติบโตที่ไม่มากนักเมื่อเทียบกับการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารเลี้ยงสาหร่าย ทั้งนี้เนื่องจากในน้ำทิ้งจากโรงงานผักและผลไม้กระป๋องนั้นมีสารอาหารอยู่ไม่มากนักเมื่อเทียบกับสารอาหารในสูตรเลี้ยงสาหร่าย ซึ่งสาหร่ายสามารถใช้สารอาหารที่เหลืออยู่ในน้ำทิ้งเหล่านี้ในการเจริญและเพิ่มปริมาณสาหร่ายได้ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3.3 ภาพ 3.5 และภาพ 3.6

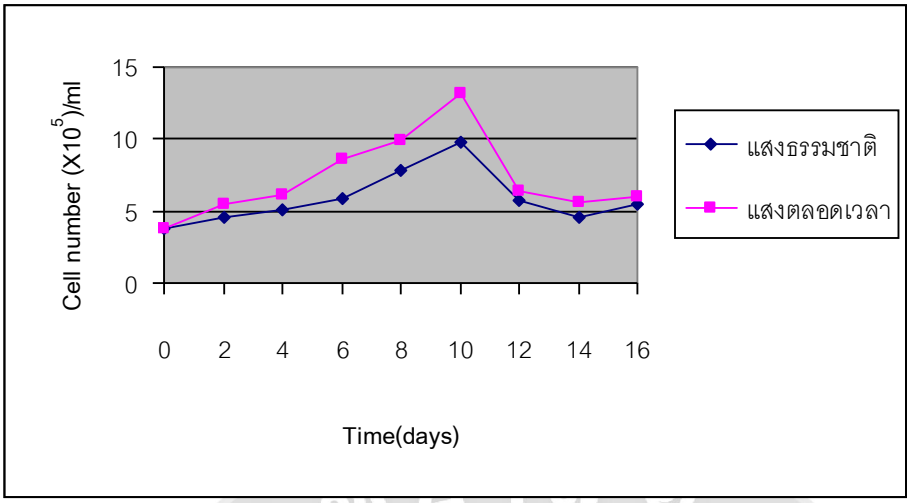
เนื่องจากน้ำทิ้งโดยทั่วๆไปของโรงงานผักและผลไม้กระป๋องนั้นจะมีสาหร่ายและจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ปนเปื้อนอยู่บ้าง ดังนั้นในการทดลองจึงอาจมีจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ อยู่บ้าง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วในระดับห้องทดลองจึงจะมีการฆ่าเชื้อเสียก่อนเพื่อให้ปราศจากสิ่งมีชีวิตอื่นๆที่อาจมารบกวน ซึ่งอาจทำได้โดยการต้มให้เดือดประมาณ 10 นาทีแล้วทิ้งให้เย็น หรืออาจใช้ Sodium metabisulfite ($Na_2S_2O_5$) ก็ได้ แต่อย่างไรก็ตามในการทดลองครั้งนี้ไม่ได้ทำการฆ่าเชื้อ เพื่อให้ปราศจากสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากในเวลาที่นำ สาหร่าย *Chlorella* sp. ไปเพาะเลี้ยงจริงๆนั้นไม่ได้มีการฆ่าเชื้อก่อนแต่อย่างใด จากการศึกษาพบว่าแม้ไม่ได้มีการฆ่าเชื้อก่อน สิ่งมีชีวิตชนิดอื่นไม่ได้รบกวนการทดลองมากนัก เนื่องจากเมื่อนำสาหร่าย *Chlorella* sp. ลงไปเพาะเลี้ยงนั้น ทำให้มีจำนวนของสาหร่าย *Chlorella* sp. เป็นชนิดที่เด่นที่สุด และเจริญเติบโตได้ดี สาหร่ายชนิดอื่นๆ เจริญเติบโตได้น้อยมาก โดยเฉพาะในช่วงวันที่ 2- 10 ของการทดลอง ซึ่งเป็นช่วงที่สาหร่าย *Chlorella* sp. เจริญเติบโตได้ดี แต่เมื่อเวลาผ่านไปพบว่าจะมีโปรโตซัว บางชนิดสามารถเจริญขึ้นได้และจะเพิ่มจำนวนขึ้นเมื่อเวลานานขึ้น ซึ่งอาจจะมีผลต่อการทดลองได้

ตารางที่ 3.3 การเจริญเติบโตของสาหร่าย *Chlorella* sp. ในน้ำทิ้งของโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง

การทดลอง	OD_{560}								
	วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 10	วันที่ 12	วันที่ 14	วันที่ 16
แสงธรรมชาติ	0.025	0.032	0.039	0.055	0.081	0.120	0.049	0.037	0.043
แสงตลอดเวลา	0.025	0.042	0.063	0.096	0.114	0.162	0.064	0.048	0.056
การทดลอง	จำนวนเซลล์($X10^5$)/มิลลิลิตร								
	วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 10	วันที่ 12	วันที่ 14	วันที่ 16
แสงธรรมชาติ	3.75	4.54	5.03	5.91	7.81	9.80	5.68	4.62	5.53
แสงตลอดเวลา	3.75	5.45	6.18	8.63	9.90	13.12	6.35	5.55	6.04



ภาพ 3.5 การเจริญเติบโตของสาหร่าย *Chlorella* sp. ในน้ำทิ้งจากโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง แสดงด้วยค่า OD



ภาพ 3.6 การเจริญเติบโตของสาหร่าย *Chlorella* sp. ในน้ำทิ้งจากโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง แสดงด้วยค่า จำนวนเซลล์ของสาหร่าย

บทที่ 4

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาสาหร่ายจากน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศต่อด้วยระบบสระเติมอากาศของ โรงงานผลิตผัก และ ผลไม้กระป๋อง โดยนำมาตรวจสอบและจัดจำแนก พบสาหร่ายทั้งสิ้น 11 วงศ์ 15 สกุล โดยทั้งหมดของสาหร่ายที่พบเป็นสาหร่ายที่พบในแหล่งน้ำนิ่งหรือน้ำไหลเอื่อยๆ และพบในสภาพแหล่งน้ำที่มีสารอินทรีย์อยู่ปานกลาง ได้แก่ *Anabaena* sp., *Nitzschia* sp., *Navicula* sp., *Cyclotella* sp.,*Trachelomonas* sp.,*Phacus sp,.Euglena* sp.,*Tetraedron* sp., *Scenedesmus* sp.,*Micractinium sp.,Closterium* sp.,*Chlorella* sp.,*Phormidium* sp.,*Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp.

เมื่อทำการคัดแยกเพื่อให้ได้สาหร่ายที่บริสุทธ์ และสามารถเจริญเติบโตได้ง่าย โดยการเลี้ยงเชื้อสาหร่ายบนอาหารแข็งสูตร Jaworski's Medium (JM) และ Blue Green Medium11(BG11) เป็นเวลา 14 วัน ให้แสงตลอด 24 ชั่วโมง พบว่ามีสาหร่ายทั้งสิ้น 9 สกุล ที่สามารถเจริญในอาหารแข็งได้ โดยสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและยูกีนาจะสามารถเจริญเติบโตได้ดีในอาหารเพาะเลี้ยงสาหร่ายสูตร Blue Green Medium11(BG11) ส่วนสาหร่ายสีเขียวและไดอะตอมสามารถเจริญได้ดีในอาหารสูตร Jaworski's Medium (JM) และสาหร่ายที่มีความเหมาะสมสามารถนำไปเพาะเลี้ยงเพิ่มเพื่อประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจคือ *Chlorella* sp. ซึ่งเป็นสาหร่ายที่มีคุณค่าทางสารอาหารสูงสามารถเพาะเลี้ยงได้ง่าย ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาเป็นอาหารสัตว์น้ำได้

เมื่อเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Chlorella* sp.ในสภาพห้องปฏิบัติการด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อสูตร JM พบว่าจะมีการเจริญเติบโตสูงที่สุด ในวันที่ 12 ของการเพาะเลี้ยง โดยมีค่า OD_{560} คือ 0.326 ในชุดการทดลองที่ 1 ใช้แสงจากธรรมชาติ และ 0.412 ในชุดการทดลองที่ 2 ให้แสงจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ตลอด 24 ชั่วโมง คิดเป็นจำนวนเซลล์ของสาหร่าย 31.07×10^5 และ 42.5×10^5 เซลล์/ มล. ตามลำดับ

เมื่อเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Chlorella* sp. ในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศต่อด้วยระบบสระเติมอากาศของโรงงานผักและผลไม้กระป๋อง จะมีค่า OD_{560} สูงสุดในวันที่ 10 ของการเพาะเลี้ยง คือ 0.12 ในชุดการทดลองที่ 1 ใช้แสงจากธรรมชาติและ 0.162 ในชุดการทดลองที่ 2 ให้แสงจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ตลอด 24 ชั่วโมง คิดเป็นจำนวน

เซลล์ของสาหร่าย 9.80 x 10^5 และ 13.12 x 10^5 เซลล์/มล. แต่อย่างไรก็ตามพบว่าสาหร่ายมีการเจริญเติบโตที่ไม่มากนักเมื่อเทียบกับการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารเลี้ยงสาหร่าย ทั้งนี้เนื่องจากในน้ำทิ้งจากโรงงานผักและผลไม้กระป๋องนั้นมีสารอาหารอยู่ไม่มากนักเมื่อเทียบกับสารอาหารในสูตรเลี้ยงสาหร่าย แต่สาหร่ายสามารถใช้สารอาหารที่เหลืออยู่ในน้ำทิ้งเหล่านี้ในการเจริญและเพิ่มปริมาณสาหร่ายได้ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาเพื่อนำไปเป็นอาหารสัตว์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

จีรพรรณ สุขศรีงาม. 2536. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองในของเสียจากอุตสาหกรรมพื้นบ้าน. รายงานการวิจัย. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

จีรพรรณ สุขศรีงาม สนอง จอมเกาะ และเสน่จิต กิตตินานนท์. 2540. แนวทางการเพิ่มผลผลิตสาหร่ายเกลียวทองที่เพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงงานขนมจีน. รายงานการวิจัย. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ชาญเดช วังสะวิบูลย์, ธิดา เพชรมณี, ประจวบ หล่ำอุบล, สถาพร ดิเรกบุษราคม 2542 ผลของการใช้คลอเรลลาในบ่ออนุบาลลูกกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยไข่ตุ๋น รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37, หน้า 159-16

ชาญเดช วังสะวิบูลย์.2543. ผลของการใช้คลอเรลลาในการอนุบาลลูกกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius) ระยะโพสท์ลาร์วา (พี5–พี15) ที่ให้อาหารมีชีวิตและไม่มีชีวิต. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทวีศักดิ์ พงษ์ปัญญา. 2540. ศึกษาการเปรียบเทียบการเพาะเลี้ยง *Chlorella* sp. ด้วยสูตรอาหารต่างๆ ที่มีความเค็มและความเป็นกรดเป็นเบสต่างกัน.วารสารทางวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. 17(1): หน้า 5-18

ทศพร ธงทอง.2529. การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชนโดยใช้สาหร่าย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

นิคม ภู่สว่าง. 2533. การทดลองเบื้องต้นการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina platensis* ด้วยน้ำกากส่าเหล้าในระดับอุตสาหกรรมขนาดย่อย. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นฤมล ศุภจรรยา บุษยา บุนนาค และมรกต ตันติเจริญ. 2528. การสำรวจสาหร่ายเกลียวทอง (สไปรูลินา) ในบ่อน้ำทิ้งโรงงานแป้งมันสำปะหลังระดับโรงงานต้นแบบ. คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

เพ็ญจันทร์ วงศ์ทวีสุข มรกต ตันติเจริญ อนุรักษ์ ปิติรักษ์สกุล ศักรินทร์ ภูมิรัตน โสฬส สุวรรณยืน บุษยา บุนนาค และนฤมล จียโชค.2534. การใช้น้ำทิ้งจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองในระดับอุตสาหกรรม. เอกสารการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโลโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 17 ตุลาคม คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า 716-717.

ภรณี หวังธำรงวงศ์ กฤษณ์ เฑียรประสิทธ์ และสุรวดี นาคธน. 2543. ประสิทธิภาพของสาหร่ายสีเขียว *Chlorella* spp. ในการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียจากฟาร์มสุกร. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 8: 1-5

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2542. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ยุวดี พีรพรพิศาล, 2546. สาหร่ายวิทยา. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ยุวดี พีรพรพิศาล, 2548. สาหร่ายน้ำจืดในภาคเหนือของประเทศไทย. โชตนาพริ้นท์ กำจัด. เชียงใหม่.

ยุวดี พีรพรพิศาล วิลาสินี เหล่าพงษ์พิชญ์ เสกสรร สวัสดิรักษา สาคร พรหมขัติแก้ว และ มานพ ปาลิวนิช. 2535. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina platensis*) ในน้ำกากส่าเหล้า ในระดับอุตสาหกรรมขนาดย่อม. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย เชียงใหม่.

วิพุธวรรธก์ สุวรรณพันธ์. 2544. การบำบัดน้ำเสียจากฟาร์ม สุกรโดย *Chlorella* sp. ปัญหาพิเศษ. ภาควิชาชีววิทยา. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, กรุงเทพ.

วิพัฒน์ ถาวโรฤธิ์. 2523. การ *Spirulina platensis* และ Osillatoria sp. เป็นอาหารและส่วนประกอบวิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทราวิโรฒ, กรุงเทพ

วิลาสินี เหล่าพงษ์พิชญ์. 2532. การเพาะเลี้ยง *Spirulina platensis* ในน้ำกากส่าเหล้า. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วีระ วัชรกรโยธิน ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล สุจินต์ หนูขวัญ.2535. การใช้คลอเรลล่าในการควบคุมคุณสมบัติของน้ำในการอนุบาลปลาดุกอุยเทศ.การสัมมนาวิชาการประจำปี 2535. 16-18 กันยายน 2535.ณ สถาบันวิจัยประมงน้ำจืดบางเขน

สมทิพย์ ด่านธีรวนิตย์. 2541. น้ำเสีย: การควบคุมและการบำบัด พิมพ์ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ม, สงขลา

สรวิศ เผ่าทองสุข. 2543. สาหร่าย: ศักยภาพการวิจัยและพัฒนาเพื่อการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายในประเทศไทย. เอกสารเยแพร่ชุดโครงการ"อุตสาหกรรมสัตว์น้ำ" สกว. ชุดที่ 2

สุขใจ โสมะจุติ นวลพรรณ ณ ระนอง. 2530. การผลิตและการใช้สาหร่าย *Spirulina platensis* เพื่อ การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานฆ่าไก่. เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 18 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขต หาดใหญ่. หน้า 606-607

สุชาติ อิงคธรรมจิตต์. 2531. การทดสอบเบื้องต้นในการใช้น้ำจากกรองปลาสดเลี้ยงสาหร่ายเกลียว ทอง (*Spirulina* sp.) รายงานการประชุมวิชาการประมง 16-18 กันยายน 2531 สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ

สุวิมล จิรอำไพรัตน์. 2536. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองในน้ำทิ้งโรงงานขนมจีน. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

De-Bashan, L.E., Moreno, M. Hernandez, J.-P., and Bashan, Y. 2002.Removal of ammonium and phosphorus ions from synthetic wastewater by the Microalgae *Chlorella vulgaris* coimmobilized in alginate beads with themicroalage growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense.* Water Research 36: 2941-2948

de-Bashan L.E., Hernandez J.-P., Morey, T., and Bashan, Y. 2004. Microalgae growth-promoting bacteria as "helpers" for microalgae: a novel approach for removing ammonium and phosphorus for municipal wastewater. Water Research 38: 466-474.

De la Noue, J. and Basseres, A. 1989. Biotreatment of anaerobically digested swine manure with microalgae. Biology Wastes 29 : 17-31

F. Benítez, E. Sánchez, R. Borja' ,A. Martín and M.F. Colmenarejo.2006. Batch mixed culture of *Chlorella vulgaris* using settled and diluted piggery waste.Ecological engineering . V.28:2, 158-165.

Lavoie, A. and J.DeLaNoue. 1985. Hyperconcentrated culture of Scenedemus obliqqus. Water Research. 19: 1437-1442.

Lyon,S.R. and V.B. Elkins. 1981. Tertiary wastewater treatment using the blue green alga, spirulina.Water Research Symposium. San dieago: AWWA Research Foundation.

Martin, C., De la Noüe, J. and Picard, G., 1985. Intensive cultivation of freshwater microalgae on aereated pig manure. *Biomass* **7**, pp. 254–259.

Masil Khan and Naoto Yoshida.2008. Effect of l-glutamic acid on the growth and ammonium removal from ammonium solution and natural wastewater by *Chlorella vulgaris* NTM06 .Bioresource Technology.V.99:3,575-582.L. Travieso,

Pamer.C.M.,1977. Algae in sewage stabilization ponds. In:Lewis,R.L.(Ed), Algae and Water Polution, USA.46-50.

Prerna Ahuja, R. Gupta and R. K. Saxena. 1998. Zn^{2+} Biosorption by *Oscillatoria Anguistissima*. Process Biochemistry. 34: 77-85.

Przytocka,J., M.K. Matusiak, M. Duszoto and R. Mycielski.1984. Intensive culture of *chlorella vulgaris*/AA. As the second stage of biological purification of nitrogen industry wastewater. Water Research. 18(1): 1-7.

Rodulfo, B.R., N.H. Marmol and G.A. Emralino. 1983. Production of *Chlorella pyrenoidosa* in Clarified Effluent from Hoz manure Biogas Digester. J. Sci. Philippine. 109(3/4) : pp. 51-58.