สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2551

ศักยภาพและแนวทางการใช้ประโยชน์จากสาหร่าย *Nostoc commune*

Potential and utilization of *Nostoc commune*

I : สารสี พอลิแซ็กคาไรด์ โปรตีน และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

โดย

ผศ. ดร. สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์

ผศ. ดร. ปวีณา ทวีกิจการ

รศ. ศักดิ์ชัย ชูโชติ

RCH
SH
391
.N6
ศ824ศ
เลขหมู่.....
84838
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี..30 ต.ค. 2551

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

กรุงเทพฯ 10520

พ.ศ. 2551

b.12004133
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศักยภาพและแนวทางการใช้ประโยชน์จากสาหร่าย *Nostoc commune*

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ โปรตีนและไฟโคไซยานินของสาหร่าย *Nostoc commune* โดยทำการเลี้ยงในอาหาร BG 11 เป็นเวลา 30 วัน ภายใต้สภาวะการได้รับแสงที่แตกต่างกัน และภายใต้อาหาร BG-11 ที่มีปริมาณโซเดียมไนเตรทแตกต่างกัน ผลการศึกษาพบว่ามีปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ โปรตีนและไฟโคไซยานินสูงสุด เมื่อเลี้ยงภายใต้ความเข้มแสง 1350±309 ลักซ์ และได้รับแสง 24 ชั่วโมง โดยมีปริมาณเท่ากับ 143.1±2.7, 748±9.6 มิลลิกรัมต่อกรัม และ 4.3± 0.1 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ส่วนการผันแปรปริมาณโซเดียมไนเตรทพบว่ามีปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ และโปรตีนสูงสุด เมื่อเลี้ยงภายในอาหาร BG-11 และเพิ่มโซเดียมไนเตรท เป็น 3 เท่า โดยแบ่งเป็นสามส่วนเท่า ๆ กัน เติมในวันที่ 1, 10 และ 20 วันของการเลี้ยง โดยมีปริมาณสูงที่สุดคือ 285.5 ± 14.2 และ 837 ± 24.6 มิลลิกรัมต่อกรัม ส่วนไฟโคไซยานินสูงที่สุดคือ 0.18 ± 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเลี้ยงในอาหารที่ได้รับไนเตรท 2 เท่า เติมในวันที่ 1 และ 15 ของการเลี้ยง

การศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากสาหร่าย *Nostoc commune* ในรูปของไขมัน และพอลิแซ็กคาไรด์ ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย พบว่าสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Streptococcus agalactiae* และสารสกัดไขมันหยาบยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. agalactiae* ได้ดีกว่าสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Potential and utilization of *Nostoc commune*

Abstract

Nostoc commune were cultured for 30 days in order to study their production of polysaccharide, protein, and phycocyanin under various light conditions. They were also cultured with BG 11 medium with and without additional sodium nitrate since the nitrate were assumed to be a factor effecting those productions.

All productions were highest, 143.1±2.7 mg/g for polysaccharide, 748±9.6 mg/g for protein, and 4.3± 0.1 g/l for phycocyanin, when maximum light, 1350±309 luxs, was applied for 24 hours continuously.

Highest polysaccharide (285.5 ± 14.2 mg/g) and protein (837 ± 24.6 mg/g) were found in *N. commune* cultured in BG-11 with 3 folds nitrate concentrations, one fold for ten-day intervals, while the highest production of phycocyanin (0.18 ± 0.02 mg/l) was investigated in BG-11 with 2 folds nitrate concentration, one folds for 15-day intervals.

Additional study was focus on the effect of lipid and polysaccharide, the bioactive compounds produced by *Nostoc commune*, on inhibiting bacteria growth. Only the growth of *Streptococcus agalactiae* was inhibited and lipid shown higher inhibition ability than polysaccharide.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	3
สารบัญ	5
สารบัญตาราง	6
สารบัญภาพ	7
บทนำ	8
ตรวจเอกสาร	10
วิธีการ	36
ผลและวิจารณ์	43
สรุป	64
เอกสารอ้างอิง	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 คุณค่าทางอาหารของสาหร่ายเห็ดลาบ (*N. commune*)	20
2 คุณค่าทางอาหารของสาหร่ายนอสตอคจากแหล่งต่าง ๆ	24
3 สาหร่ายน้ำจืดจากแหล่งธรรมชาติที่มีการบริโภคเป็นอาหารในประเทศต่าง ๆ	26
4 อัตราการตายของปลาในการทดลองใช้สาร astaxanthin เพื่อเร่งสีปลาเงิน ปลาเงินปลาทองเป็นเวลา 4 สัปดาห์	27
5 แสดงปริมาณเม็ดเลือด, phenoloxidase activity และเปอร์เซ็นต์การรอดของกุ้ง เมื่อใส่ WSSV เป็นเวลา 15 วัน	31
6 ปริมาณคลอโรฟิลล์ คาร์โบไฮเดรตภายในและภายนอกเซลล์ โปรตีน ไฟโคไซยานิน และ น้ำหนักแห้งของ *N.commune* ภายใต้การเลี้ยงที่สภาวะแสงแตกต่างกันเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 30 วัน	54
7 แสดงความสามารถของการต่อต้านเชื้อแบคทีเรียแต่ละชนิด ในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกันของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย	60
8 กิจกรรมต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ของ *Oscillatoria angustissima* และ *Calothrix parietina* ทดสอบสิ่งมีชีวิตความเข้มข้นของแผ่นยา 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร	61
9 แสดงกิจกรรมของสารสกัดที่ชอบไขมันและชอบน้ำจากไซยาโนแบคทีเรียที่ต่างชนิดกันที่ความเข้มข้นของแผ่นยา 2 มิลลิกรัม	61
10 แสดงปริมาณสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่ใช้ในการทดสอบ	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 (ก) ลักษณะเซลล์ของ *Nostoc commune* ใต้กล้องจุลทรรศน์ (ข) ลักษณะของ *Nostoc commune* ทั่ว ๆ ไป เมื่อมองด้วยตาเปล่า	11
2 โครงสร้างของไฟโคไซยานิน	13
3 โครงสร้างของกรดอะมิโนซึ่งเป็นหน่วยย่อยของโปรตีน	19
4 ลักษณะทั่วไปของโครงสร้างพอลิแซ็กคาไรด์	21
5 กราฟแสดงค่ามาตรฐานของคาร์โบไฮเดรต	36
6 กราฟแสดงค่ามาตรฐานของโปรตีน	37
7 แสดงไขมันหยาบที่สกัดออกมาจาก *N. commune*	38
8 แสดงพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดออกมาจาก *N. commune*	38
9 แสดงการวางแผ่นยาทดสอบบนผิวอาหารเลี้ยงเชื้อ	42
10 ปริมาณคลอโรฟิลล์จากสาหร่าย *N.commune*ที่เลี้ยงภายใต้สภาวะแสงที่แตกต่างกัน	44
11 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตภายในเซลล์จากสาหร่าย *N.commune*ที่เลี้ยงภายใต้สภาวะแสงที่แตกต่างกัน	46
12 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตภายนอกเซลล์จากสาหร่าย *N.commune*ที่เลี้ยงภายใต้สภาวะแสงที่แตกต่างกัน	47
13 ปริมาณโปรตีนจากสาหร่าย *N.commune* ที่เลี้ยงภายใต้สภาวะแสงที่แตกต่างกัน	50
14 ปริมาณไฟโคไซยานินจากสาหร่าย *N.commune* ที่เลี้ยงภายใต้สภาวะแสงที่แตกต่างกัน	51
15 ปริมาณน้ำหนักแห้งจากสาหร่าย *N.commune* ที่เลี้ยงภายใต้สภาวะแสงที่แตกต่างกัน	53
16 ปริมาณคลอโรฟิลล์จากสาหร่าย *N.commune* ที่เลี้ยงภายใต้ปริมาณไนเตรทและช่วงเวลาการเติมไนเตรทที่แตกต่างกัน	55
17 ปริมาณไฟโคไซยานินจากสาหร่าย *N.commune* ที่เลี้ยงภายใต้ปริมาณไนเตรทและช่วงเวลาการเติมไนเตรทที่แตกต่างกัน	56
18 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตจากสาหร่าย *N.commune* ที่เลี้ยงภายใต้ปริมาณไนเตรทและช่วงเวลาการเติมไนเตรทที่แตกต่างกัน	57
19 ปริมาณโปรตีนจากสาหร่าย *N.commune* ที่เลี้ยงภายใต้ปริมาณไนเตรทและช่วงเวลาการเติมไนเตรทที่แตกต่างกัน	57
20 ปริมาณน้ำหนักแห้งของสาหร่าย *N.commune* ที่เลี้ยงภายใต้ปริมาณไนเตรทและช่วงเวลาการเติมไนเตรทที่แตกต่างกัน	58
21 แสดงสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. agalactiae*	62
22แสดงสารสกัดไขมันหยาบยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. agalactiae*	63
23 แสดงสารสกัด *Nostoc commune* ไม่มีการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศักยภาพและแนวทางการใช้ประโยชน์จากสาหร่าย *Nostoc commune*

บทนำ

การใช้สาหร่ายเป็นแหล่งอาหารโปรตีนแทนเนื้อสัตว์ได้รับความนิยมในไทยมาเป็นเวลานานและได้รับความนิยมมากขึ้นในปัจจุบัน ทั้งนี้เนื่องมาจากข่าวการปนเปื้อนของสารอันตรายต่าง ๆ ในเนื้อสัตว์เช่นในกรณีของสารเร่งเนื้อแดงในสุกร ฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโตในเนื้อไก่ หรือฟอร์มาลินที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำ นอกจากนี้สาหร่ายยังเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่มีราคาถูกและมีการปนเปื้อนของสารเคมีน้อยมาก สาหร่ายที่ได้รับความนิยมในการบริโภคมาเป็นเวลานานเช่น *Spirulina*, *Cladophora*, *Spirogyra* และสาหร่ายชนิดใหม่ที่รู้จักกันมากขึ้นคือ *Nostoc* โดยสาหร่ายชนิดนี้ประชาชนในท้องถิ่นนิยมบริโภคกันมาเป็นเวลานาน แต่ยังไม่มีการศึกษาถึงคุณสมบัติต่าง ๆ ของสาหร่ายชนิดนี้มากนัก จึงได้มีการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับสาหร่ายชนิดนี้เพิ่มมากขึ้น ซึ่งพบว่าเป็นสาหร่ายที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงทั้งโปรตีนและกรดไขมัน และสามารถนำมาเพาะเลี้ยงได้ โดยการเพาะเลี้ยงนั้นสามารถเพิ่มประมาณโปรตีนของสาหร่าย *Nostoc commune* TISTR 8283 ได้สูงกว่าสาหร่ายที่มีในธรรมชาติ จึงเป็นสาหร่ายตัวใหม่ที่มีแนวโน้มว่าน่าจะมีการนำมาใช้ประโยชน์ได้มากขึ้นและกำลังได้รับความสนใจในการนำมาใช้สูงมากขึ้นในปัจจุบัน

แต่เนื่องจากยังขาดความรู้พื้นฐานหลาย ๆ ด้านที่เกี่ยวข้องกับสาหร่ายชนิดนี้ ที่เป็นสายพันธุ์ที่พบในประเทศไทย จึงทำให้ยังไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลายนัก ซึ่งจากรายงานของการวิจัยต่างประเทศได้รายงานว่าสาหร่ายในสกุลนี้มีคุณสมบัติที่น่าสนใจมากในทางอุตสาหกรรมหรือทางการแพทย์คือสามารถใช้เป็นแหล่งสารสีเพื่อผสมในเครื่องสำอางค์ แหล่งของพอลิแซ็กคาไรด์ แหล่งของสารที่ใช้ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคต่าง ๆ และยังใช้ในการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาถึงคุณสมบัติเหล่านี้ในสาหร่ายสายพันธุ์ของประเทศไทย เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานและหาแนวทางในการพัฒนาเพิ่มประโยชน์ของสาหร่ายชนิดนี้ เช่นการศึกษาการสร้างสารสีและแนวทางในการเพิ่มปริมาณสารสี ศึกษาคุณสมบัติของสารสกัดจากสาหร่ายชนิดนี้ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อต่าง ๆ และศึกษาการนำไปใช้ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมเช่นการบำบัดน้ำเสีย

ซึ่งข้อมูลการศึกษาเหล่านี้สามารถช่วยให้ได้ข้อมูลพื้นฐานต่าง ๆ เกี่ยวกับสาหร่าย *Nostoc commune* TISTR 8283 สายพันธุ์ของไทยได้ครอบคลุมมากขึ้นกว่าข้อมูลทางโภชนาการเพียงอย่างเดียว และจะเป็นข้อมูลคุณสมบัติพื้นฐานของสาหร่ายนี้เพื่อช่วยในการตัดสินใจนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และได้ผลประโยชน์สูงสุดในระยะยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- ศึกษาปริมาณการสร้างสารสี phycocyanin และการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของ polysaccharide ของ *Nostoc commune* TISTR 8283 ที่เลี้ยงภายใต้สภาวะที่แตกต่างกัน เช่น แปรผันช่วงเวลาในการรับแสง ปริมาณไนโตรเจน และช่วงเวลาในการเติมไนโตรเจนระหว่างการเลี้ยง
- ตรวจหาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ของสารสกัดจากสาหร่าย *Nostoc commune* TISTR 8283 ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

การเพิ่มขึ้นของประชากรในปัจจุบันทำให้มีความต้องการอาหารในการบริโภคเพิ่มขึ้น ซึ่งปัญหาหลายปัญหาที่ตามมาคือการขาดแคลนอาหารโดยเฉพาะในกลุ่มผู้ที่มีฐานะยากจน ปัญหาการขาดแคลนโปรตีนนับเป็นปัญหาใหญ่ เนื่องจากแหล่งโปรตีนหลักที่ได้จากเนื้อสัตว์นั้นมีต้นทุนสูง และต้องใช้เวลาในการผลิต (การเลี้ยงสัตว์) นาน และยังมีปัญหาการตกค้างของสารอันตรายเช่นสารเร่งสีเนื้อแดงในสุกร ฟอร์มาลินที่แช่สัตว์น้ำ หรือฮอร์โมนที่ผสมในไก่เนื้อ จึงทำให้ผู้บริโภคได้รับอันตรายจากสารตกค้างเหล่านี้

แหล่งอาหารโปรตีนที่เป็นที่นิยมในปัจจุบันคือแหล่งโปรตีนจากพืช โดยเฉพาะจากสาหร่ายทั้งสาหร่ายทะเลและสาหร่ายน้ำจืด แต่เนื่องจากในประเทศไทยเป็นประเทศที่มีแหล่งน้ำจืดมากกว่าทะเล สาหร่ายน้ำจืดจึงมีความเหมาะสมและความเป็นไปได้ที่ประชาชนจะสามารถผลิตเพื่อบริโภคได้เองในครัวเรือนมากกว่า ข้อได้เปรียบของสาหร่ายคือเพาะเลี้ยงได้ง่าย ใช้พื้นที่น้อยกว่าพืชขนาดใหญ่ ใช้ระยะเวลาสั้น และให้คุณค่าทางโภชนาการสูง เช่นสาหร่ายสไปรูไลนา (*Spirulina*) ซึ่งเป็นที่ยอมรับและรู้จักกันแพร่หลายทั่วโลก

สาหร่ายชนิดใหม่ที่มีมานานในประเทศไทยแต่เพิ่งได้รับความสนใจเป็นอย่างมากคือสาหร่ายไข่หินหรือ เห็ดลาบ (*Nostoc commume*) (กาญจนภาชน์, 2527; อาภารัตน์, 2546) สาหร่ายชนิดนี้มีรายงานว่าพบได้ที่ อ.นาเชือก จังหวัดมหาสารคามและพบมากในช่วงฤดูฝนเท่านั้น โดยเป็นที่นิยมบริโภคของคนในท้องถิ่นซึ่งนำมาทำเป็นลาบ ได้มีการนำสาหร่าย *N. commune* จากธรรมชาติมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการพบว่ามีความชื้น 10.19 %, โปรตีน 20.26%, เถ้า 16.20%, ไขมันทั้งหมด 0.02%, ใยอาหาร 43.00%, นอกจากนี้ยังประกอบด้วยวิตามินเอ วิตามินบี 1 บี2 แคลเซียม เหล็ก กรดอะมิโนต่าง ๆ เช่น aspartic acid, thereonine, serine, glutamic acid, proline, glycine alanine, valine, methionine, isoleudcine, leucine, tyrosine, phenylalanine, histidine, lysine, arginine และ trypophan และได้มีการทดสอบแล้วว่าไม่มีอันตรายต่อผู้บริโภค (อาภารัตน์ และคณะ, 2546) ซึ่งเห็นได้ว่าเป็นสาหร่ายที่เหมาะสมที่จะนำมาเป็นแหล่งอาหารมาก แต่การใช้ประโยชน์ของสาหร่ายเห็ดลาบนี้ชาวบ้านเก็บมาจากธรรมชาติโดยตรงจึงเป็นการเสี่ยงที่จะมีการสูญพันธ์ (เจษฎา และคณะ, 2546) ปัจจุบันจึงได้มีการทดลองเพาะเลี้ยงให้ได้ปริมาณมากเพื่อเป็นอาหารมนุษย์ โดยใช้ต้นทุนต่ำเพื่อลดปัญหาการสูญพันธุ์ในอนาคต โดยพบว่าจากการเพาะเลี้ยง *Nostoc commune* TISTR 8283 สามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนของสาหร่ายชนิดนี้ให้สูงได้มากที่สุดถึง 60 เปอร์เซ็นต์ (สุนีรัตน์ และคณะ, 2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทั่วไปของ Nostoc

Nostoc เป็นสาหร่ายแบบเส้นสายโดยแต่ละเซลล์มีรูปร่างคล้ายลูกปัดมาเรียงต่อกันและมีเซลล์พิเศษที่มีผนังหนามากภายในเส้นสายเรียกว่า heterocysts ซึ่งสามารถตรึงก๊าซไนโตรเจนในอากาศให้เป็นแอมโมเนียม เมื่อสาหร่ายตายลงและจุลินทรีย์ย่อยสลายแล้วจะช่วยเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนให้กับระบบนิเวศ (อักษร,2525)

อนุกรมวิธานของสาหร่าย *Nostoc commune*

Division Cyanophyta

Class Cyanophyceae

Order Nostocales

Family Nostocalceae

Genus *Nostoc*

Species *Nostoc commune*

(ก) (ข)

ภาพที่ 1 (ก) ลักษณะเซลล์ของ *Nostoc commune* ได้กล้องจุลทรรศน์ (ข) ลักษณะของ *Nostoc commune* ทั่ว ๆ ไป เมื่อมองด้วยตาเปล่า

ที่มา : (ก) http://www.nies.go.jp/biology/mcc/images/PCD4211/0177L.jpg

Nostoc เป็นไซยาโนแบคทีเรียที่มีลักษณะเส้นสายคล้าย *Anabaena* แต่มีเส้นสายที่พันกันยุ่งเหยิง และฝังตัวอยู่ในเมือกหุ้ม ซึ่งเมือกที่ห่อหุ้มอาจมีลักษณะนุ่มหรือแน่น ทำให้มีลักษณะผิวคล้ายแผ่นหนังสามารถสร้างกลุ่มเซลล์ได้ทั้งขนาดเล็กและใหญ่ สาหร่ายในสกุล *Nostoc* สามารถแพร่กระจายอยู่ทั่วไปทั้งในที่แห้งแล้ง เช่น ทะเลทรายโกเบ หรือที่หนาวเย็น เช่น สถานที่ที่เรียกว่า "Polar Deserts" ในขั้วโลกใต้ นอกจากนี้ยังเคยมีผู้สำรวจพบก้อนวุ้นของ*Nostoc* ขนาดใหญ่ น้ำหนักถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 กิโลกรัม ในประเทศสหรัฐอเมริกา (Lund and Lund, 1995) สำหรับ Nostoc ในประเทศไทยที่มีการนำมาใช้ประโยชน์คือ *Nostoc commune* Vaucher ซึ่งมีลักษณะของทัลลัส (thallus) ประกอบด้วยเซลล์ที่มีเจลใส (hyaline capsular jelly) ห่อหุ้มรวมตัวกันอย่างหนาแน่น (firm) และพันกันยุ่งเหยิง (entangled) ทรัยโคมมีความกว้าง 5-7 ไมครอน เซลล์รูปถัง (barrel-shaped) ถึงค่อนข้างกลม ขนาดกว้าง 6.69 ไมครอน ยาว 8.05 ไมครอน เฮทเทอโรซีสต์ (heterocyst) รูปร่างค่อนข้างกลม กว้างประมาณ 7.25 ไมครอน (Desikachary, 1959)

Noctoc commune ในประเทศไทยเรียก ไข่หิน, ดอกหิน หรือ เห็ดลาบ เป็นสาหร่ายที่มีการเจริญเติบโตแบบเป็นเส้นสายมีเมือกหุ้ม เป็นไซยาโนแบคทีเรียที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้ มีลักษณะของทัลลัส (thallus) ประกอบด้วยเซลล์ที่มีแคปซูลเจลใส (hyaline capsular jelly) ห่อหุ้มรวมตัวกันอย่างหนาแน่น และพันกัน มีลักษณะนุ่มหรือแน่นทำให้มีลักษณะผิวคล้ายแผ่นหนังสามารถสร้างกลุ่มเซลล์ได้ทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็ก ไตรโคมมีความกว้าง 5-7 ไมครอน ไตรโคมของสาหร่าย *Nostoc commune* อยู่เดี่ยว ๆ เป็นเส้นสายที่มีความกว้างเซลล์เท่ากันทั้งสาย ไม่แตกแขนง มีชีทหุ้มแต่ละไตรโคม ชีทอาจใสหรือมีสี เฮเทอโรซิสต์ (heterocyst) ส่วนมากอยู่ปลายสุดของไตรโคม เรียกว่า เบซอลเฮเทอโรซิสต์ (basal heterocyst) แต่บางครั้งพบอยู่ตามไตรโคม อะคีนีตจะเกิดติดกับเฮเทอโรซีสต์

ลักษณะเด่นของ *Nostoc commune* คือ สามารถสังเคราะห์พอลิแซ็กคาไรด์แล้วปล่อยออกมานอกเซลล์ได้ (extracellular polysaccharide) ในลักษณะคล้ายเมือกที่ปล่อยออกทุกทิศทาง หรือ อยู่ในรูปวุ้นที่ห่อหุ้มเซลล์ สาหร่าย *Nostoc commune* มีการแบบไม่อาศัยเพศเท่านั้น การสืบพันธุ์ที่พบได้แก่ การแบ่งเซลล์ เป็นการเพิ่มจำนวนเซลล์แบบทวีคูณ และการสร้างสปอร์

รงควัตถุของสาหร่าย *Nostoc commune* ประกอบด้วย คลอโรฟิลล์-เอ เป็นแหล่งสำคัญในการดูดซับพลังงานแสง ที่ความยาวคลื่น 430 นาโนเมตร (สีแดง) และ 62 นาโนเมตร (สีน้ำเงิน), คาโรทีนอยด์ สามารถดูดซับพลังงานแสงในช่วงคลื่นที่คลอโรฟิลล์-เอ ไม่สามารถดูดซับได้ แล้วจะถ่ายทอดพลังงานแสงที่รับไว้ให้แก่คลอโรฟิลล์-เอ (Harold, 1980) คาโรทีนอยด์ประกอบด้วย 2 กลุ่ม คือ คาโรทีน เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ปราศจากออกซิเจน คาโรทีนที่พบมากที่สุดได้แก่ เบต้า-คาโรทีน กลุ่มที่สองคือ แซนโทรฟิลล์ ได้มาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของคาโรทีน มีสีเหลือง, ส้ม หรือแดง แซนโทฟิลล์ที่พบมากที่สุดได้แก่ มิกโซโทฟิลล์ และ ไฟโคบิลิโปรตีน เป็นสารประกอบเชิงซ้อนประกอบด้วยรงควัตถุอยู่รวมกับโปรตีน ประกอบด้วย ซี-ไฟโคไซยานิน, ซี-อัลโลไฟโคไซยานิน และ ซี-ไฟโคอิริทริน

Nostoc เป็นไซยาโนแบคทีเรียอยู่ในกลุ่ม cyanabacteria จัดเป็นพวกโปรคารีโอท ลักษณะของ *Nostoc* อยู่เป็นกลุ่มหรือแผ่นขนาดใหญ่ ในกลุ่มประกอบด้วยเส้นสายอยู่รวมกันเป็นจำนวนมาก มีวุ้นหนาๆ หุ้มเส้นสาย มี akinete cell มีลักษณะค่อนข้างกลมและมี heterocyst อยู่ภายในเส้นสาย ส่วนใหญ่มักพบอยู่บนดิน ก้อนหินหรือตามหน้าผาที่ชื้นแฉะและในน้ำ บางชนิด (species) นำมารับประทานได้ ชื่อเรียกในภาษาไทยอาจเรียกผักผม หรือสาหร่ายเห็ดลาบ (กาญจนภาชน์; 2527, เจษฎา; 2546) *Nostoc* ส่วนใหญ่ที่ขึ้นอยู่บนแผ่นดินมีความสามารถในการทนความแห้งแล้งได้เป็นเวลาหลายเดือนและเมื่อได้รับน้ำใหม่ก็สามารถกลับมาเจริญเติบโตได้อีกทันทีภายในเวลาเพียง 2-3 ชั่วโมง ถึง 2-3 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Nostoc เป็นสาหร่ายที่มีทั้งโทษและประโยชน์ต่อมนุษย์ โดยใน *Nostoc* บางชนิดสามารถสร้างผลเสียคือทำให้เกิดกลิ่นเหม็นในน้ำดื่ม ทำลายพื้นสนามกีฬา ทำลายสีผนังตึก ส่วนการใช้ประโยชน์นั้นมีทั้งการสกัดสารต่างๆ จากเซลล์นำมาใช้ประโยชน์ หรือบางชนิดนำมาใช้ประโยชน์โดยเป็นอาหาร (Takenaka *et al.,* 1998) การศึกษาในต่างประเทศพบว่ามีการใช้สาหร่ายสกุล *Nostoc* นี้เป็นอาหารเช่นเดียวกัน โดยพบมากที่ประเทศจีน รู้จักกันในนามของ Facai หรือ Black moss และได้มีรายงานของนักวิจัยชาวญี่ปุ่นระบุไว้ว่าสาหร่ายชนิดนี้เป็นที่นิยมบริโภคมากในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แต่เป็นชนิดที่ต่างจากของประเทศไทยคือเป็นชนิด *Nostoc flagelliforme* ซึ่งชนิดนี้ประกอบด้วย โปรตีน 21.4 % ไขมัน 0.5 % คาร์โบไฮเดรต 56.8 %ไฟเบอร์ 1.9 % และ เถ้า 4.4 % ซึ่งได้มีการทดสอบความปลอดภัยในการบริโภคไว้แล้วเช่นกัน (Takenaka *et al*, 1998)

สารสี (Photosynthetic pigment)

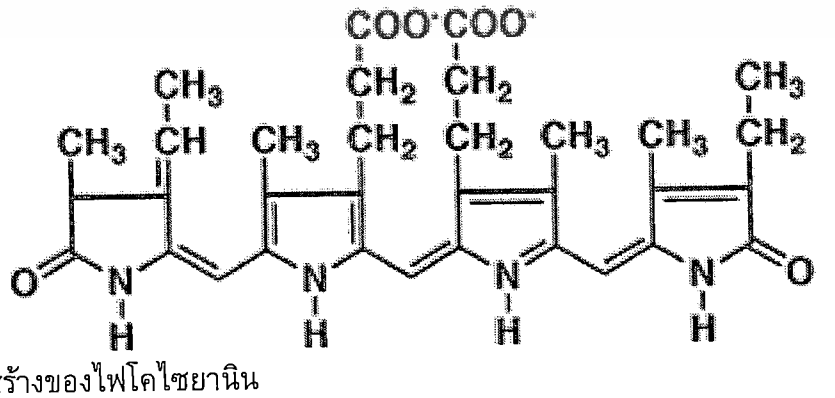
สารสีหรือรงควัตถุที่พบมากในสาหร่าย *Nostoc* คือ คลอโรฟิลล์ (chlorophyll) และไฟโคบิลิโปรตีน (phycobiliprotein) ซึ่ง phycobiliprotein จะพบในกลุ่มสาหร่ายแดง ดิวิชั่นโรโดไฟต้า (Rhodophyta) กลุ่มสาหร่ายสีเขียวน้ำเงินดิวิชั่นไซยาโนไฟต้า (Cyanophyta) และดิวิชั่นคริปโตไฟต้า (Cryptophyta) สารสีหรือรงควัตถุเหล่านี้ทำหน้าที่ดูดซับแสงโดยทำงานร่วมกับคลอโรฟิลล์ในการสังเคราะห์แสง สารนี้แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ใหญ่คือ สีแดง (phycoerythins) และสีน้ำเงิน (phycocyanins) สาหร่ายที่มีการเพาะเลี้ยงแพร่หลาย และนำมาสกัดสารสีน้ำเงินเป็นอุตสาหกรรม เช่นสไปรูลิน่าซึ่งสารสีน้ำเงินที่ได้คือรงควัตถุไฟโคไซยานิน ที่มีค่าดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 618 นาโนเมตร มีการนำสารสีนี้ไปใช้ในอาหาร ต่างๆ เช่น ไอศครีม หมากฝรั่ง ผลิตภัณฑ์นม ขนม น้ำผลไม้ชนิดผง ผลไม้แช่แข็ง เครื่องดื่ม เป็นต้น (Dryby ,2001)

1.ไฟโคบิลิน

ไฟโคบิลิน เป็นรงควัตถุที่มีอยู่เฉพาะสาหร่ายสีแดงและสีเขียวแกมน้ำเงินประกอบด้วยรงควัตถุ 2 ชนิดคือ

1.1 ไฟโคอีรีทริน (Phycoerythrin) เป็นรงควัตถุสีแดง

1.2 ไฟโคไซยานิน (Phycocyanin) เป็นรงควัตถุสีน้ำเงิน (อักษร,2525)



ภาพที่ 2 โครงสร้างของไฟโคไซยานิน

ที่มา : http://www.kiriya-chem.co.jp/tennen/image/phycocyanin-70.gif

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซี-ไฟโคไซยานิน เป็นรงควัตถุประกอบสีน้ำเงิน ซึ่งจัดอยู่ในพวกรงควัตถุประกอบประเภทไฟโคบิลิน (phycobilin) รงควัตถุประกอบประเภทนี้แบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยได้อีกคือ ซี-แอลโลไฟโคไซยานิน (c-allophycocyanin) และ ซี-ไฟโคอิริทริน (c-phycoerythrin) (การมีอักษรซีนำหน้าเป็นการชี้ว่าเป็นรงควัตถุที่อยู่ในไซยาโนแบคทีเรีย) ไฟโคบิลินมีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบของโครงสร้าง ละลายได้ดีในน้ำ ไฟโคบิลินแต่ละชนิดจะอยู่รวมกับโปรตีนอย่างใกล้ชิดมาก กลายเป็นสารประกอบเชิงซ้อนเรียกว่า ไฟโคบิลิโปรตีน ในสาหร่ายเกลียวทอง ซี-ไฟโคไซยานินจะอยู่รวมกับไฟโคบิลิโปรตีนชนิดอื่น ๆ (ที่สำคัญคือ ซี-แอลโลไฟโคไซยานิน) กลายเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ขึ้นเรียกว่า ไฟโคบิลิซัม (phycobilisomes) ซึ่งจะเกาะอยู่บนผิวด้านนอกของไทลาคอยด์ (thylakoid) ภายในไทลาคอยด์มีคลอโรฟิลด์เอบรรจุอยู่ ไฟโคบิลิซัมทำหน้าที่รับพลังงานรังสีจากแสงแล้วส่งให้แก่คลอโรฟิลล์เอ(Dryby ,2001) จากการที่ทำหน้าที่เป็นรคงวัตถุประกอบ ทำให้ไฟโคบิลิซัมมีปริมาณลดลง เมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Myers and Kratz (1990) พบว่าไฟโคไซยานินจะมีปริมาณมากขึ้นเมื่อมีแสงจำกัด นอกจากนี้ในไซยาโนแบคทีเรีย ไฟโคไซยานินยังเป็นแหล่งสะสมไนโตรเจน ซึ่งจะทำหน้าที่ให้ธาตุไนโตรเจนแก่เซลล์สาหร่ายในยามที่ขาดแคลนธาตุอาหารไนโตรเจน

ในการสกัดไฟโคไซยานินจะถูกแยกนำไปใช้ประโยชน์ออกเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งคือไฟโคไซยานินที่ใช้เป็นสีผสมอาหาร และตัวบ่งชี้ทางชีวะ ส่วนที่เหลือจะเป็นส่วนที่มีโปรตีนสูง ใช้เป็นอาหารของสัตว์น้ำ ไฟโคไซยานินที่ใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวะจะเป็นไฟโคไซยานินบริสุทธิ์ หรือเกรดวิเคราะห์ (reagent grade) การเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวะคือเป็นตัวสืบค้นทางชีวเคมีในเรื่องการตรวจสอบภูมิคุ้มกันโรค ทั้งนี้เนื่องจากไฟโคไซยานินมีคุณสมบัติเรืองแสงได้ ประเทศที่มีการผลิตไฟโคไซยานินบริสุทธิ์มากคือประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งราคาขายของไฟโคไซยานินที่สกัดจากสาหร่ายสไปรูลินาหากเป็นไฟโคไซยานินที่ทำเป็นระดับอาหาร (ใช้เป็นสีผสมอาหาร) ซึ่งมีปริมาณ 20% ของน้ำหนักแห้ง มีราคาขาย 130 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัม ส่วนไฟโคไซยานินที่เป็นเกรดวิเคราะห์มีปริมาณ 7% ของน้ำหนักแห้ง มีราคาขาย 1000-5000 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัม (พเยาว์,2525)

2.แคโรทีนอยด์

แคโรทีนอยด์ เป็นสารประกอบจำพวกไขมัน ประกอบด้วยแคโรทีน (carotene) เป็นรงควัตถุสีแดง และสีส้ม อีกชนิดหนึ่งคือ แซนโทฟิลล์ (xanthophylls) เป็นรงควัตถุสีเหลืองหรือสีน้ำตาล ในไซยาโนแบคทีเรียจะมี β-carotene และ xanthophylls ชนิด myxoxanthin และ oscillaxanthin (ลัดดา, 2539)

3.คลอโรฟิลล์

คลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุสีเขียว ซึ่งเป็นตัวสำคัญในการสังเคราะห์แสง คลอโรฟิลล์มีหลายชนิด ได้แก่ คลอโรฟิลล์ เอ,. บี, ซี, ดี และ อี แต่คลอโรฟิลล์ในไซยาโนแบคทีเรีย เป็นคลอโรฟิลล์ชนิด เอ เท่านั้น คลอโรฟิลล์ เอ เป็นรงควัตถุสังเคราะห์แสงขั้นต้น สามารถดูดแสงด้วยตัวเอง ส่วนคลอโรฟิลล์อื่น ๆ จัดเป็นรงควัตถุสังเคราะห์แสงขั้นสอง (รงควัตถุประกอบ) ซึ่งทำหน้าที่ดูดพลังงานรังสีจากแสงแล้วส่งต่อไปให้คลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์เป็นสารประกอบอินทรีย์ชนิดหนึ่ง ไม่ละลายในน้ำ แต่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์ ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่พบในสาหร่ายโดยทั่วไปปกติมีประมาณ 0.5-1.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

% ของน้ำหนักแห้ง และสามารถเพิ่มสูงได้ถึง 6 % ในสาหร่ายที่เลี้ยงไว้ในที่มีแสงอ่อน ๆ (สุมาลี, 2538) คลอโรฟิลล์มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบของโครงสร้าง จากสูตรโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ เอ คำนวณได้ว่า คลอโรฟิลล์เอมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณ 8.22% ของน้ำหนักโมเลกุล ในขณะที่โปรตีนมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบในปริมาณ 15.5-18 % (สุมาลี, 2538)

ปริมาณรงควัตถุจะผันแปรได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ความเข้มแสง ปริมาณไนโตรเจนในอาหาร อายุเซลล์สาหร่าย และปัจจัยทางฟิสิกส์อื่นๆ (Koopman *et al*, 1980) ซึ่งประโยชน์อื่น ๆ ของรงควัตถุเหล่านี้ที่เพิ่มเติมเช่นจากการศึกษาการใช้ประโยชน์จากรงควัตถุของสาหร่ายพบว่าคลอโรฟิลล์มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นการทำงานของตับให้ดียิ่งขึ้น ส่งเสริมการงอกใหม่ของเซลล์ รวมทั้งยังช่วยให้การขับถ่ายดีขึ้น เนื่องจากคลอโรฟิลล์ช่วยกระตุ้นการบีบตัวของลำไส้ ส่วนไฟโคบิลิโปรตีนซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้สีแดง (phycoerythrin) และสีน้ำเงิน (phycocyanin) โดยเป็นรงควัตถุพิเศษที่พบในสาหร่ายเพียงบางกลุ่มเท่านั้น โดย phycocyanin เป็นแหล่งสะสมไนโตรเจนซึ่งจะให้ธาตุไนโตรเจนแก่เซลล์สาหร่ายในยามที่ขาดแคลนธาตุอาหารไนโตรเจน (Kaplan *et al*, 1986) สารสี phycocyanin นี้มีราคาแพงมีการผลิตขายในระดับอุตสาหกรรม (Patricia *et al*., 1996) นิยมนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนธรรมชาติ (natural protein) โดยเฉพาะ phycocyanin นั้นนิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเครื่องสำอางค์ phycocyanin ที่มีความบริสุทธิ์สูงมีคุณสมบัติเป็นสารเรืองแสงใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการตรวจวัดระบบภูมิคุ้มกันทางด้านเนื้อเยื่อและจุลทรรศน์วิทยา (fluorescent markers) (Tchernov *et al*., 1999) เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวะ เป็นตัวสืบค้นทางชีวเคมีในเรื่องการตรวจสอบภูมิคุ้มกันโรค (Herrera *et al*, 1989) ใช้ผสมในยาต่าง ๆ จึงทำให้เป็นสารสีที่ได้รับความสนใจอย่างมากในการผลิตขึ้นเพื่อการค้า นอกจากนี้สารสกัดจาก *Nostoc commune* ยังมีประสิทธิภาพในการเป็น antifungal, antitumor และ antibacterial ได้ดี (Kajiyama *et al*, 1998) ส่วน *Nostoc ellipsossporum* มีคุณสมบัติเป็น anti-HIV protein (Gustafson *et al*, 1997; Kirk *et al*, 1997) จากประโยชน์ที่มีอยู่มาก *Nostoc* จึงเป็นสาหร่ายที่ได้รับความสนใจในทางการค้าเป็นอย่างมาก (Reis *et al*, 1998)

การใช้ประโยชน์ทางการเกษตร คือใช้เป็นปุ๋ย เนื่องจาก *Nostoc* เป็นพวกที่มี heterocyst ที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากบรรยากาศมาเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียได้ (Svircev *et al*, 1997; Venkataraman, 1986) จึงทำให้มีผู้นิยมใช้ *Nostoc* เป็นปุ๋ยชีวภาพ (biofertilizer) เป็นจำนวนมาก เช่น *N. calcicola* (Painter, 1995) โดยพบว่าพืชที่ปลูกและมีการใส่ *Nostoc* ลงไปเจริญเติบโตได้รวดเร็วขึ้นเพราะได้รับแอมโมเนียเพิ่มขึ้น (Svircev *et al*., 1997) Painter (1995) ได้รายงานว่ามีการใช้ *Nostoc* ผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพขายเป็นการค้าในประเทศอเมริกา ซึ่งผลิตจาก *Nostoc calcicola* และรายงานว่าปุ๋ยชนิดนี้มีความเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้ในทะเลทรายได้

นอกจากนี้ยังมีรายงานถึงการใช้ประโยชน์จาก *Nostoc* ในการบำบัดน้ำเสียว่าสามารถใช้ *N. muscorus* ในการบำบัดน้ำเสียที่มีนิเกิล (Ni) ปนได้เป็น (Chatterjee *et al*., 1996) ซึ่งเห็นได้ว่า *Nostoc* มีแนวโน้มที่จะใช้แก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมทางน้ำได้เช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากปัจจุบันปัญหามลภาวะทางน้ำทวีความรุนแรงขึ้นเนื่องจากการเพิ่มของจำนวนประชากร ความต้องการใช้ทรัพยากรที่เพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้ปัญหามลพิษของแหล่งน้ำทวีความรุนแรงมากกว่าในอดีต (Chiras, 1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาน้ำเน่าเสียจากสารอินทรีย์ซึ่งมีธาตุอาหารที่สูง แหล่งน้ำเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิชัน (Eutrophication) มีการเพิ่มปริมาณของสาหร่ายขนาดเล็กจำนวนมาก และสาหร่ายเหล่านี้มีช่วงชีวิตสั้น ทำให้เกิดการตายพร้อม ๆ กันมีผลให้แหล่งน้ำเน่าเสียแบบเฉียบพลัน หรืออาจทำให้มีสาหร่ายที่สร้างสารพิษจำนวนมากเกิดขึ้นในแหล่งน้ำแทน โดยในปี 2524 - 2540 มีรายงานเกิดการเพิ่มปริมาณมากของสาหร่ายในอ่าวไทยถึง 43 ครั้ง มีผลทำให้น้ำมีปริมาณแอมโมเนียสูง ไม่สามารถนำไปใช้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ (Suvapepun, 1998) และมีการเพิ่มปริมาณของสาหร่ายพิษอย่างเฉียบพลัน (algae bloom) พิษจากสาหร่ายสะสมในสัตว์น้ำ ทำให้ประชาชนที่บริโภคสัตว์น้ำมีอาการคลื่นไส้อาเจียน ชัก และหมดสติ ถึง 12 ราย (สุทธิชัย, 2527 ก) และสัตว์น้ำที่สะสมพิษของสาหร่ายไว้เมื่อนำไปเป็นอาหารสัตว์บกจะทำให้สัตว์เป็นอัมพาต (สุทธิชัย, 2527 ข) ส่วนในแหล่งน้ำจืดพบรายงานการเพิ่มปริมาณของสาหร่าย *Microcystis* sp. ซึ่งสามารถสร้างสาร *Microcystin* อันเป็นสาเหตุของมะเร็งตับได้ (Mahakhant *et al.* 1998)

ส่วนปัญหามลพิษทางน้ำจากโลหะหนักพบว่ามีแหล่งที่มาจากโรงงานอุตสาหกรรมเป็นหลัก โดยในน้ำทิ้งจะมีการปนเปื้อนของ ปรอท, ตะกั่ว, แคดเมียม, สังกะสี, ทองแดง (Jackson, 1996; Raven, 1993) ซึ่งมาตรฐานน้ำทิ้งกำหนดให้มีปริมาณไม่เกิน 0.0005, 0.05, 0.001, 0.1 และ 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (Sindermann, 1996) แต่เนื่องจากโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ตั้งอยู่ติดแหล่งน้ำสาธารณะ จึงมีการระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำโดยตรง ซึ่งพบว่าประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ของโรงงานอุตสาหกรรมทิ้งน้ำทิ้งที่มีตะกั่วสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนด (พรสวัสดิ์, 2529) ซึ่งโลหะหนักเหล่านี้ถูกดูดซับเข้าสู่สิ่งมีชีวิตในน้ำ และเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารซึ่งมีมนุษย์อยู่ขั้นบนสุด จึงมีความเสี่ยงในการได้รับพิษของโลหะหนักสูงมาก (Jackson, 1996) เช่นตะกั่วเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะสะสมจนถึงระดับหนึ่งและทำให้เป็นโรคโลหิตจาง ไตพิการ เยื่อบุสมองอักเสบ (Jackson, 1996) หรือ แคดเมียมที่เป็นสารประกอบในการผลิตเครื่องไฟฟ้า ซึ่งมักปนมากับน้ำทิ้งและกากตะกอนจากบ่อบำบัดของโรงงาน ซึ่งกากตะกอนนี้เกษตรกรนิยมนำไปใช้แทนปุ๋ยในการปลูกพืชผักทำให้แคดเมียมสะสมอยู่ในพืชผักเหล่านี้เมื่อมนุษย์บริโภคพืชผักและสัตว์น้ำที่มีการสะสมแคดเมียมเข้าไปนาน ๆ จะก่อให้เกิดโรคไตร่วมกับโรคกระดูกเสื่อม (อิไต อิไต) (บุปผา, 2527) โดยในปี 2540 มีรายงานผู้ป่วยได้รับพิษโลหะหนัก 211 ราย เสียชีวิต 1 ราย (กรมควบคุมมลพิษ, 2540)

การบำบัดน้ำเสียจากสารอินทรีย์ ในอดีตมักนิยมใช้สาหร่ายขนาดใหญ่หรือใช้พืชน้ำ ซึ่งจำเป็นต้องมีบ่อขนาดใหญ่ ใช้พื้นที่มาก ใช้ระยะเวลานาน (Raven, 1993) ดังนั้นฟาร์มสัตว์น้ำและโรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่งจึงหลีกเลี่ยงที่จะบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติเสมอ (พรสวัสดิ์, 2529) ส่วนการบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะหนักปนเปื้อนมีหลายวิธีที่นำมาใช้เช่น การตกตะกอนทางเคมี การแลกเปลี่ยนไอออน การสกัดด้วยตัวทำละลาย หรือการระเหย (Raven, 1993) ซึ่งน้ำเสียที่มีโลหะหนักปนเปื้อนเหล่านี้จะมีโลหะหนักในปริมาณต่ำอยู่ในมวลน้ำปริมาตรมาก ทำให้การรวบรวมโลหะหนักที่เจือจางในน้ำปริมาตรมากต้องใช้ระยะเวลานาน มีค่าใช้จ่ายสูง และจำเป็นต้องควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ให้คงที่ มิฉะนั้นโลหะหนักจะไม่ถูกแยกออกจากน้ำเสีย นอกจากนี้ตะกอนของโลหะหนักที่เกิดขึ้นในบ่อบำบัดจะต้องรวบรวมไปกำจัดในที่ที่เฉพาะเจาะจง ไม่ให้เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมตามมา (Wilde, 1993) ซึ่งก่อให้เกิดความยุ่งยากในการปฏิบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัจจุบันวิธีชีวภาพบำบัด (biological treatment) เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมแพร่หลายในการบำบัดน้ำเสียโดยการใช้ตัวบำบัดชีวภาพ เช่น แบคทีเรีย (Shuttleworth, 1993), สาหร่าย (Fehrmann, 1993; Cho, 1994; Hammouda, 1995), yeast (Volesky, 1995), รากพืชและพืชน้ำ (Chen, 1996) โดยเฉพาะการใช้สาหร่ายขนาดเล็กในการบำบัดน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ปนเปื้อน สาหร่ายจะทำการดูดซับสารอินทรีย์เข้าเซลล์เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต (Singh, 1998) จึงสามารถกำจัดไนเตรท, ฟอสเฟต, และลดค่าบีโอดี ในน้ำเสียได้ดี นอกจากนี้หลังจากการบำบัดสาหร่ายเหล่านี้ยังสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยและอาหารสัตว์ได้ (Chiras, 1994) โดยชนิดสาหร่ายที่มีรายงานนำไปใช้บำบัดน้ำเสียได้แก่ การใช้ *Selenastrum, Scenedesmus, Chlorella* ลดไนเตรท, ฟอสเฟต, การใช้ *Oscillatoria* ลด บีโอดี, ซีโอดี, ไนเตรท, แอมโมเนีย และฟอสเฟต (Kumar, 1994; Manoharan, 1993)

ส่วนการใช้สาหร่ายขนาดเล็กในการบำบัดโลหะหนักจากน้ำเสีย ซึ่งมีความเข้มข้นต่ำในมวลน้ำปริมาณมากนั้น สามารถทำได้ดีมีประสิทธิภาพสูง เพราะสาหร่ายไม่ได้รับอันตรายจากโลหะหนักที่เจือจาง แต่จะทำการดูดซับโลหะหนักไว้ที่ผิวเซลล์ และอีกส่วนหนึ่งจะนำเข้าเซลล์ไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตหรือเปลี่ยนรูปไปในรูปซึ่งไม่เป็นอันตราย (Chodat *et al*, 1994) การที่สาหร่ายดูดซับโลหะหนักไว้ที่ผิวเซลล์นี้ ทำให้สามารถใช้สารเคมีล้างโลหะหนักเหล่านี้ออกมาใช้ใหม่ได้อีก และสาหร่ายที่ถูกล้างเอาโลหะหนักออกแล้วยังสามารถนำกลับมาใช้บำบัดน้ำเสียได้ใหม่อีกด้วย จึงนับว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมาก (Inthorn, 2001) โดยชนิดสาหร่ายขนาดเล็กที่มีการนำมาใช้บำบัดโลหะหนักได้แก่ การใช้ *Chlorella* ดูดซับโครเมียม การใช้ *Scenedesmus*, *Cyclotella*, *Phaeodactylum* ดูดซับอลูมิเนียม, สังกะสี, ปรอท, ตะกั่ว, ทองแดง และแคดเมียม (Daniel *et al*, 2001) การใช้ *Oscillatoria* ดูดซับสังกะสี (Ahuja, 1999), แมงกานีสและแคดเมียม (Bender *et al*, 1994), ทองแดง (Ahuja, 1997) และใช้ *Microcystis* ดูดซับเหล็กและทองแดง (Singh, 1998)

จากรายงานต่าง ๆ นั้นพบได้ว่าการบำบัดน้ำเสียโดยใช้สาหร่ายขนาดเล็กเป็นวิธีที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพมาก เพราะประหยัดพื้นที่ ต้นทุน และระยะเวลา (Ahuja, 1999; Inthorn, 2001) นอกจากนี้สาหร่ายยังสามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่ผันแปรสูง ทั้งอุณหภูมิ พีเอช หรือมีการปนเปื้อนของไอออนอื่น ๆ (Peterson and Nyholm, 1993; Terauchi, 1995; Wang, *et al*, 1997) โดยเฉพาะกลุ่มไซยาโนแบคทีเรีย (Les, 1984; Proulx, 1998; Mallick, 1994; Nagase, 1997) เพราะเจริญเติบโตเร็ว เพาะเลี้ยงง่าย โตได้ดีในอาหารสังเคราะห์ (Desikachary, 1959; Stanier, 1971; Peterson and Nyholm, 1993; Wang, *et al*, 1997) สำหรับสาหร่าย *Nostoc* เป็นสาหร่ายที่มีพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) หุ้มรอบเส้นสาย และมีน้ำตาลประจุลบเป็นส่วนประกอบของพอลิแซ็กคาไรด์ (นารินทร์ และคณะ, 2548) ดังนั้น *Nostoc* จึงมีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียโดยเฉพาะน้ำเสียที่มีโลหะหนักปนเปื้อน นอกจากนี้พอลิแซ็กคาไรด์ยังมีประโยชน์ในด้านอื่น ๆ เช่น การใช้เป็นสารผสมเพื่อให้เกิดการรวมตัวของเนื้อสารเป็นเนื้อเดียวกัน หรือใช้เป็นสารผสมเพื่อให้เกิดความข้นเหนียว เนื่องจากพอลิแซ็กคาไรด์มีคุณสมบัติด้านความหนืดสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

84838

ปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

1.ความเข้มแสง

แสงเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย ความเข้มแสงในน้ำขึ้นกับ สถานที่ ฤดูกาล เวลาในรอบวัน ระดับความลึกของน้ำ สี ความขุ่น และปริมาณเกลือแร่ที่ละลายอยู่ในน้ำ ความต้องการปริมาณแสงของสาหร่ายแต่ละชนิดแตกต่างกัน การได้รับปริมาณแสงสูงหรือต่ำเกินไปมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย หรือทำให้เซลล์สาหร่ายได้รับความเสียหาย ดังนั้นสาหร่ายจะเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในสภาวะที่มีความเข้มแสงเหมาะสม (Trainor, 1978)

จากการศึกษาของ เจษฎา และคณะ (2538) สาหร่ายเห็ดลาบ (*Nostoc commune* Vaucher) ซึ่งเป็นสาหร่ายที่ชาวบ้านในเขตอำเภอนาเชือกจังหวัดมหาสารคามนำมาบริโภค โดยเชื่อว่ามีสรรพคุณเป็นยาเย็นเพื่อเป็นการอนุรักษ์สายพันธุ์สาหร่ายเห็ดลาบจึงทำการศึกษาหาวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเห็ดลาบ รวมไปถึงการพัฒนาในการเพาะเลี้ยงในระดับขยายกลางแจ้ง ซึ่งจากการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการพบว่าสูตรอาหาร BG-11 ดัดแปลง โดยมีส่วนประกอบของ $K_2HPO_4.3H_2O$ 0.020 กรัม/ลิตร, $MgSO_4.7H_2O$ 0.075กรัม/ลิตร, $CaCl_2$ 0.036 กรัม/ลิตร, กรดซิติค 0.006 กรัม/ลิตร, เฟอริกแอมโมเนียมซิเตท 0.006 กรัม/ลิตร, EDTA 0.001 กรัม/ลิตร, Na_2CO_3 0.020 กรัม/ลิตร, NaCl 0.200 กรัม/ลิตร, ยูเรีย 0.200 กรัม/ลิตร, และTrace metal mix A5 ตามสูตรเดิม ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 7.5 และค่าความเข้มแสงเท่ากับ 20 ไมโครไอสไตน์/ตารางเมตร/วินาที ส่งเสริมให้สาหร่ายเห็ดลาบเจริญเติบโตได้ดี โดยที่มีชีวมวลเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 7.91 เท่าหลังจากทำการเพาะเลี้ยง 20 วัน

2.อุณหภูมิ

อุณหภูมิมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยมีผลต่อการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ และการละลายน้ำของก๊าซออกซิเจน สาหร่ายแต่ละชนิดมีความต้องการอุณหภูมิในการเจริญเติบโตแตกต่างกัน เมื่อสภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิเหมาะสมสาหร่ายจะเจริญเติบโตได้ดีที่สุด (รุ่งนภา, 2543)

3.ความขุ่นของน้ำ

ความขุ่นของน้ำเกิดเนื่องจากมีอนุภาคแขวนลอยอยู่ ทั้งที่เป็นสารอินทรีย์และสาร อนินทรีย์ รวมทั้งสิ่งมีชีวิตในน้ำ อนุภาคแขวนลอยมีผลต่อแสงที่ส่องผ่านลงมาในน้ำ ทำให้เกิดการกระจายของแสง แสงบางส่วนจะถูกดูดซับเอาไว้ ทำให้ปริมาณแสงที่ส่องลงไปด้านล่างลดลง มีผลให้การสังเคราะห์แสงของสาหร่ายลดลง สาหร่ายจึงเจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่

4.ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ

ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำใช้เป็นดัชนีบ่งบอกถึงคุณภาพของแหล่งน้ำ หากแหล่งน้ำมีคุณภาพดีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำสูงสาหร่ายก็เจริญเติบโตได้ดี แต่ถ้าแหล่งน้ำเกิดมลพิษค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่ำมาก สาหร่ายที่มีความทนทานต่อสภาพขาดออกซิเจนจะเจริญเติบโตได้ ในขณะที่สาหร่ายบางชนิดไม่สามารถทนทานได้จึงตายไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.ความเป็นกรด ด่าง

ความเป็นกรดเบสที่เหมาะสมกับสิ่งมีชีวิตในน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 6.0-8.0 สาหร่ายแต่ละชนิดต้องการความเป็นกรดเบสในระดับที่แตกต่างกัน บางชนิดมีความทนทานต่อสภาวะแหล่งน้ำที่เป็นกรดจึงสามารถเจริญเติบโตได้ดี แต่โดยทั่วไปสาหร่ายเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีสภาพเป็นเบส (ลัดดา, 2539)

6.ธาตุอาหาร

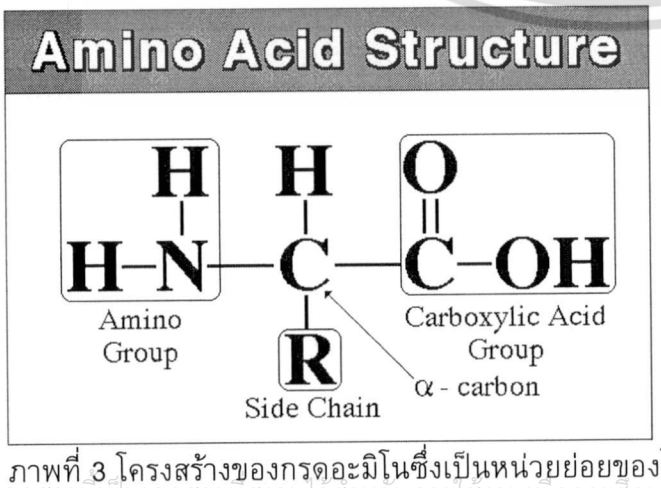
ธาตุอาหารมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายเช่นเดียวกับพืช สาหร่ายต้องการธาตุอาหารในชนิดและปริมาณที่แตกต่างกัน การเจริญเติบโตของสาหร่ายจะขาดธาตุชนิดใดชนิดหนึ่งไม่ได้ เรียกธาตุอาหารนี้ว่าธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช (Essential element) มี 16 ชนิด แบ่งเป็นธาตุอาหารหลัก (Macronutrient) 9 ชนิด และธาตุอาหารรอง (Micronutrient) 7 ชนิด ธาตุอาหารหลักที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย ได้แก่ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญของกรดอะมิโน โปรตีน เอนไซม์ เป็นต้น ส่วนฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบของพลังงานในรูป ATP, ADP, Phospholipid, RNA, DNA เป็นต้น หากสาหร่ายได้รับธาตุอาหารในปริมาณไม่เหมาะสมจะมีผลต่อการเจริญเติบโตได้ (อาภารัตน์ ,2539)

คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย *Nostoc commune*

สาหร่ายเห็ดลาบเป็นสาหร่ายที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยพบว่าสาหร่ายที่พบในพื้นที่คุ้มครองทรัพยากรธรรมชาติป่าดูนลำพัน อ.นาเชือก จ.มหาสารคาม มีคุณค่าทางอาหารดังตารางที่ 1 (อาภารัตน์, 2546)

โปรตีน

โปรตีนเป็นสารชีวโมเลกุลประเภทสารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยธาตุ C, H, O, N เป็นองค์ประกอบสำคัญ นอกจากนั้นยังมีธาตุอื่น ๆ เช่น S, P, Fe, Zn ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของโปรตีน โปรตีน เป็นสารพวกพอลิเมอร์ ประกอบด้วยกรดอะมิโนจำนวนมากมาย



ภาพที่ 3 โครงสร้างของกรดอะมิโนซึ่งเป็นหน่วยย่อยของโปรตีน
ที่มา : http://www.hcc.mnscu.edug

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 คุณค่าทางอาหารของสาหร่ายเห็ดลาบ (*N. commune*)

รายการ (หน่วย)	ปริมาณ
ความชื้น (กรัม/100 กรัม)	10.19
โปรตีน (กรัม/100 กรัม)	20.26
เถ้า (กรัม/100 กรัม)	16.2
ไขมันทั้งหมด (กรัม/100 กรัม)	0.02
ใยอาหาร (กรัม/100 กรัม)	43
วิตามินเอ (ไมโครกรัม/100 กรัม)	2.31
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม/100 กรัม)	0.02
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม/100 กรัม)	0.01
วิตามินซี (มิลลิกรัม/100 กรัม)	ตรวจไม่พบ
แคลเซียม (กรัม/100 กรัม)	3.55
เหล็ก (กรัม/100 กรัม)	0.28
กรดอะมิโน (มิลลิกรัม/100 กรัม)	
Asparatic acid	3166.21
Threonine	1193.92
Serine*	1186.14
Glutamic acid	2064.97
Proline	486.36
Glycine	1044.1
Alanine	1658.27
Cystine	ตรวจไม่พบ
Valine*	1220.93
Methionine*	49.33
Isoleucine	797.17
Leucine*	1374.11
Tyrosine	446.47
Phenylalanine*	1000.05
Histidine	886.22
Lysine*	450.99
Tryptophan*	35.62
Arginine	1015.52

หมายเหตุ : * กรดอะมิโนจำเป็น (essentail amino acid)

ที่มา : อาภารัตน์ (2546)

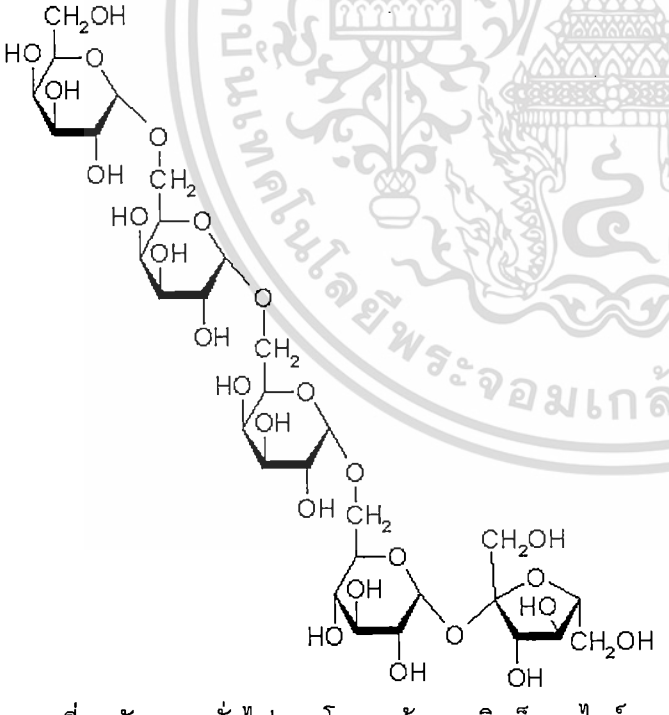
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของสาหร่ายนอสตอคจากแหล่งต่าง ๆ ในประเทศไทย พบว่า สาหร่ายนอสตอคปริมาณ 100 กรัม มีโปรตีน 20.26-43.52% มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น เมไทโอนีน ไลซีน โพรลีนซีรีน ไทโรซีน อะลานีน (อาภารัตน์ และคณะ, 2548)

คาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรต คือ สารประกอบอินทรีย์ที่ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจน โดยปกติอัตราส่วนโดยจำนวนอะตอมของไฮโดรเจนต่อออกซิเจนเป็น 2:1 ดังนั้นส่วนใหญ่จึงมีสูตรเป็น $(CH_2O)_n$ หรือ $Cn(H_2O)_m$ เมื่อ m คือเลขจำนวนเต็มใดๆ (กรมวิทยาศาสตร์, 2542)

พอลิแซ็กคาไรด์เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยมอนอแซ็กคาไรด์หลายๆ โมเลกุล (ภาพที่ 4) รวมกันโดยการเกิดพันธะระหว่างกันและกัน หรือพอลิแซ็กคาไรด์เกิดการรวมตัวของมอนอแซ็กคาไรด์หลายๆ โมเลกุล โดยพอลิแซ็กคาไรด์เป็นพอลิเมอร์ (Polymer) ส่วนมอนอแซ็กคาไรด์เป็นมอนอเมอร์ (Monomer) และเรียกกระบวนที่มอนอเมอร์ (สารโมเลกุลเล็กๆ) รวมตัวกันเป็นพอลิเมอร์ (สารโมเลกุลใหญ่) ว่ากระบวนการคอนเดชเซชัน พอลิเมอไรเซชัน (Condensation polymerization) พอลิแซ็กคาไรด์ที่รู้จักกันดีได้แก่ แป้ง (Starch) ไกลโคเจน (Glycongen) และเซลลูโลส (Cellulose) ซึ่งทั้งแป้งไกลโคเจนและเซลลูโลสต่างก็เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดจากกลูโคส (มอนอเมอร์) หลายๆ โมเลกุลรวมตัวกัน มีสูตรทั่วไปเป็น $(C_6H_{10}O_5)_n$ (Albert et al.,1994)



ภาพที่ 4 ลักษณะทั่วไปของโครงสร้างพอลิแซ็กคาไรด์

ที่มา:http://www.steve.gb.com/images/molecules/sugars/verbascose_(unlabelled).png

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลผลิตจากการสังเคราะห์แสงของไซยาโนแบคทีเรีย (photosynthetic product) ได้แก่แป้ง cayanophycean starch เป็นเม็ดเล็กๆ กระจายอยู่ เรียกว่า cyanophycin granule (ลัดดา, 2544) นอกจากนี้

พอลิแซ็กคาไรด์มีโมเลกุลขนาดใหญ่ สามารถใช้เป็นตัวจับในการดึงเอาโลหะหนักออกจากน้ำหรือชะโลหะหนักที่มีคุณค่าออกจากของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม นอกจากนี้ Philippis et al. (2000) กล่าวว่าพอลิแซ็กคาไรด์ของสาหร่ายนอสตอคยังให้ค่าความหนืดสูงและมีลักษณะเป็น pseudoplastic ใช้ประยุกต์ทางการเกิดสารแขวนลอย การเกิดอิมัลชันหรือสารให้ความข้นเหนียว (thickening agent)

Philippis et al. (2000) ทำการศึกษา *Nostoc* PCC 25 สายพันธุ์ พบว่าพอลิแซ็กคาไรด์ที่ปล่อยออกนอกเซลล์ของ *Nostoc* ทุกสายพันธุ์เป็น complex anionic heteropolymer ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 6-9 ชนิด ในทุกสายพันธุ์พบกลูโคสและฟูโคส ใน 24 สายพันธุ์ พบกาแลคโตส แมนโนส และแรมโนส และใน 7 สายพันธุ์ ที่พบไรโบสซึ่งมีรายงานน้อยมากที่มีการพบไรโบสในไซยาโนแบคทีเรีย

Gantar et al. (1995) ทำการศึกษา *Nostoc* sp. พบน้ำตาล 4 ชนิด ได้แก่ ฟูโคส กลูโคส แมนโนส และกรดกลูคิวโรนิค Fischer et al. (1997) ทำการศึกษา *Nostoc insulare* 54.79, *Nostoc calcicola* 79WA01 และ *Nostoc commune* UTEX584 พบน้ำตาลอะราบิโนส ฟูโคส กาแลคโตส กลูโคส แมนโนส แรมโนส ไซโลส กรดกาแลคทิโรนิค แต่ไม่พบไรโบส จากการศึกษาของ Huang et al. (1998) พบว่าองค์ประกอบหลักของสารพอลิแซ็กคาไรด์ของ *N. commune* จากแหล่งธรรมชาติจะมีกลูโคส ไซโรส และกาแลคโตส ในสัดส่วน 2:1:1 โดยประมาณ

ไขมัน

ประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน โมเลกุลของไขมันประกอบด้วยกลีเซอรีน 1 โมเลกุล และกรดไขมัน 3 โมเลกุล ซึ่งอาจเป็นกรดไขมันชนิดเดียวกันหรือต่างกันได้ ไขมันมีหลายชนิดแล้วแต่ชนิดของกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบ กรดไขมันมีอยู่ 2 ชนิด ดังนี้

1. กรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย เป็นกรดไขมันที่ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ เช่น กรดไลโนเลอิค มีมากในน้ำมันพืช

2. กรดไขมันที่ไม่จำเป็นต่อร่างกาย เป็นกรดไขมันที่ร่างกายสามารถสังเคราะห์ได้ มีอยู่ในอาหารไขมันทั่วไป (Albert et al.,1994)

การวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของสาหร่ายนอสตอคจากแหล่งต่างๆ ในประเทศไทยพบว่าสาหร่ายนอสตอคปริมาณ 100 กรัม มีปริมาณไขมันเพียง 0.00-1.56% เท่านั้น (อาภารัตน์ และคณะ, 2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิตามิน

วิตามินมีอยู่ 2 กลุ่ม

1.กลุ่มที่ละลายในไขมัน ได้แก่ วิตามิน A, D, E และ K

2.กลุ่มที่ละลายได้ในน้ำ ได้แก่ วิตามินซี และวิตามินบีรวม

วิตามินเป็นสารประกอบ ที่พบในอาหารทั่วๆ ไป แต่พบในปริมาณน้อย (กรมวิทยาศาสตร์, 2542)

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของสาหร่ายนอสตอคจากแหล่งต่างๆ ในประเทศไทยพบว่า สาหร่ายนอสตอค ประกอบด้วยวิตามินต่าง ๆ ได้แก่ วิตามินเอ วิตามินบี1 วิตามินบี2 (อาภารัตน์ และคณะ, 2548)

เกลือแร่

เกลือแร่ หมายถึง แร่หรือสารประกอบอนินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบของอาหารส่วนที่เหลือ เป็นเถ้าหลังจากการเผาไหม้สารอินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อเยื่อพืชและสัตว์ ร่างกายคนเราต้องการเกลือแร่แต่ละชนิดแตกต่างกัน ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ เกลือแร่หลัก เป็นเกลือแร่ที่ร่างกายต้องการปริมาณมาก และเกลือแร่ปริมาณน้อย เกลือแร่มีบทบาทและหน้าที่สำคัญในร่างกายหลายอย่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของร่างกาย เป็นองค์ประกอบของเซลล์เนื้อเยื่อและเส้นประสาท เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ ฮอร์โมน และวิตามิน นอกจากนี้เกลือแร่ยังทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อในทุกอวัยวะ จากความสำคัญและหน้าที่ดังกลาวนั้นจะเห็นว่าเกลือแร่เป็นสารอาหารที่มีความสำคัญยิ่งต่อร่างกาย ซึ่งร่างกายต้องได้รับเพียงพอ ร่างกายจึงจะเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่และแข็งแรง อาหารทั่วไปที่เป็นแหล่งของเกลือแร่ทั้งชนิดหลักและชนิดปริมาณน้อยแตกต่างกันออกไปแล้วแต่ชนิดของอาหาร ตัวอย่างเกลือแร่ที่มีความสำคัญต่อร่างกายประกอบด้วย แคลเซียม ฟอสฟอรัส ไอโอดีน เหล็ก แมกนีเซียม สังกะสี ทองแดง และโพแทสเซียม เป็นต้น (กรมวิทยาศาสตร์, 2542)

การวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของสาหร่ายนอสตอคจากแหล่งต่างๆ ในประเทศไทยพบว่า สาหร่ายนอสตอค ประกอบด้วยแร่ธาตุ เช่น แคลเซียม เหล็ก เป็นต้น (ตารางที่2) (อาภารัตน์ และคณะ, 2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 คุณค่าทางอาหารของสาหร่ายนอสตอคจากแหล่งต่าง ๆ

รายการ (หน่วย)	*Nostoc commune*			*Nostoc flagelliforme*			
	แหล่งธรรมชาติดูนลำพัน	เพาะเลี้ยง (วว.)	แหล่งธรรมชาติ (Peijing)	(Jiangsu)	(Peijing)	แหล่งธรรมชาติ (Jiangsu)	(Ningxia)
ความชื้น (กรัม/100 กรัม)	10.19	12.97	8.4	14.9	13.8	13.1	12
โปรตีน (กรัม/100 กรัม)	20.26	20.84	18.5	14.6	20.3	20	21
เถ้า (กรัม/100 กรัม)	16.2	11.4	13.7	15.2	0.6	8	5.4
ไขมันทั้งหมด (กรัม/100 กรัม)	0.02	1.56	0.1	0.2	0	0.3	-1
ใยอาหาร (กรัม/100 กรัม)	43	2.7	1	3.9	3.9	2	-
วิตามินเอ (ไมโครกรัม/100 กรัม)	2.31	21.4	-	-	-	-	-
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม/100 กรัม)	0.02	0.43	-	-	-	-	-
วิตามินบี 2(มิลลิกรัม/100 กรัม)	0.01	0.13	-	-	-	-	-
วิตามินซี (มิลลิกรัม/100 กรัม)	ND2	ND	-	-	-	-	3.2
แคลเซียม (กรัม/100 กรัม)	3.55	1.54	ND	0.41	2.56	0.77	1.8
เหล็ก (กรัม/100 กรัม)	0.28	0.37	ND	0.29	0.2	0.12	0

ที่มา: อาภารัตน์ และคณะ (2548)

ประโยชน์ของสาหร่าย *Nostoc*

สามารถนำมาบริโภคเป็นอาหารมนุษย์ (www.thairath.co.th) พบว่าสาหร่ายชนิดนี้มีการเจริญเติบโต แพร่กระจายบนดินเค็ม ในพื้นที่คุ้มครองทรัพยากรธรรมชาติป่าดูนลำพัน ในเขตอำเภอนาเชือก จ. มหาสารคาม และพื้นที่ใกล้เคียง โดยจะมีปริมาณมากในฤดูฝน เมื่อฝนตกทำให้สาหร่ายซึ่งในหน้าร้อน หดตัวเป็นแผ่นบางกรอบคล้ายกระดาษ จะดูดซับน้ำฝนและขยายตัวเป็นแผ่นวุ้นบางไม่มีรสชาติ มีเนื้อนิ่มหยุ่นแต่กรอบ คล้ายสาหร่ายทะเลวากาเหมะ (Wakame, *Undaria pinnatifida*) ที่นิยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริโภคในญี่ปุ่น สาหร่ายเห็ดลาบของไทยจะมีคุณสมบัติที่ดีกว่าคือ ไม่มีกลิ่นคาว ซึ่งจากการนำมาวิเคราะห์เพื่อหาคุณค่าทางอาหารของสาหร่ายเห็ดลาบจากแหล่งธรรมชาติ พบว่ามีโปรตีน 20 เปอร์เซ็นต์ โดยมีกรดอะมิโนจำเป็นอยู่ครบถ้วน มีไขมันต่ำเพียง 0.02 เปอร์เซ็นต์ และมีใยอาหารสูงถึง 43 เปอร์เซ็นต์

พอลิแซ็กคาไรด์ของ *Nostoc commune* จะถูกผลิตในรูปของเหลวที่หลั่งออกนอกเซลล์ มากกว่าการผลิตในรูปของเมือกห่อหุ้มเซลล์ ซึ่งพอลิแซ็กคาไรด์ที่หลั่งออกนอกเซลล์นี้มีศักยภาพในการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร โดยเป็นสารปรับโครงสร้างดิน หรือใช้ในอุตสาหกรรมอาหารโดยเป็นสารเพิ่มความข้นเหนียว (www.thairath.co.th)

Nostoc เป็นเส้นสายมีเมือกห่อหุ้ม บางชนิดดูคล้ายก้อนเยลลี่ ชนิดที่นิยมบริโภคมากคือ *Nostoc commune* มีการบริโภคในหลายประเทศทั่วโลก เช่น โบลิเวีย, เอควาดอร์,ฟิจิ, อินโดนีเซีย, ญี่ปุ่น, เมกซิโก, มองโกเลีย และจีน โดยชาวจีนนิยมนำมาทำเป็นขนมหวาน สำหรับประเทศไทยในอดีตเคยมีการบริโภคนอสตอคโดยรู้จักกันในชื่อ ไข่หิน หรือ ดอกหิน (อักษร ,2525)

Nostoc บางชนิดรับประทานได้ บางชนิดใช้เป็นยารักษาโรคมะเร็ง โรคเก๊าต์ ลดโคเลสเตอรอลในซีรั่มหนูทดลอง ซึ่งความสามารถในการลดโคเลสเตอรอลนี้น่าจะมาจากใยอาหารของ *Nostoc* (Hori et al., 1994) นอกจากนี้ยังนำมาใช้ในการบำบัดโรคตาบอดกลางคืน แผลไฟไหม้น้ำร้อนลวกหรืออาการเจ็บป่วยที่ไม่รุนแรงต่าง ๆ (antitumer) ซึ่งคุณสมบัติต่าง ๆ เหล่านี้เป็นผลมาจากองค์ประกอบของสารพอลิแซ็กคาไรด์

Nostoc commune มีหลายพันธุ์ แต่ละสายพันธุ์จะมีลักษณะสัณฐานวิทยาและการเติบโตแตกต่างกัน บางชนิดเป็นแผ่นวุ้น (jelly sheath) บางชนิดเป็นก้อนวุ้น (jelly clump) ผลผลิตจากนอสตอคเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่า เนื่องจากเป็นสาหร่ายที่มีคุณค่าสูง ไม่ว่าจะเป็นโปรตีน หรือไฟเบอร์ สามารถใช้ประกอบอาหารเหมือนผักสดทั่วไป (บัณฑิต, 2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 สาหร่ายน้ำจืดจากแหล่งธรรมชาติที่มีการบริโภคเป็นอาหารในประเทศต่างๆ

Country	*Algae*
Bolivia	*Nostoc commune*
Burma	*Spirogyra spp.*
Chad	*Arthrospira platensis*
China	*Nostoc commune var. flagelliforme*
	Nostoc edule, Prasiola yunnanica
Ecuador	*Nostoc commune, N. ellipsosporum*
Fiji .	*Nostoc spp.*
"Himalayas"	*Prasiola spp.*
India	*Lemanea mamillosa, Oedogonium spp., Spirogyra spp.*
"Indochina"	*Spirogyra spp.*
Indonesia (Java)	*Nostoc commune*
Japan	*Aphanothece sacrum, Nostoc commune, N.*
	verrucosum, Prasiola japonica
Mexico	*Chroococcus turgidus, Nostoc commune,*
	Phormidium tenue, Spirulina spp.
Mongolia	*Nostoc commune, N. edule*
Okinawa	*Nostoc sp.*
Peru	*Nostoc pruniforme*
Thailand	*Nostoc verrucosum, Spirogyra spp., Cladophora spp.,*
	Nostochopsis sp.
US (Hawaii)	*Enteromorpha spp.*
USSR (Siberia)	*Nostoc edule*

ที่มา : : Lembi and Waaland (1988)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ประโยชน์จากสาหร่ายในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

การนำสาหร่ายมาใช้มีทั้งเป็นแหล่งสารสี หรือเป็นแหล่งอาหาร การนำมาใช้เป็นแหล่งสารสีนั้น เนื่องจากมีรายงานว่า สารสีมีผลต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ ตัวอย่างของสารสีที่นำมาใช้ประโยชน์เช่น astaxanthin โดยพบว่าปลาที่ได้รับสาร astaxanthin เพื่อเพิ่มสีสันนั้น มีผลพลอยได้อย่างหนึ่งคืออัตราการตายลดลง ซึ่งทิพย์วรรณ และคณะ (2541) ทำการทดลองเพื่อหาอัตราที่เหมาะสมของ astaxanthin ต่อการเร่งสีในปลาเงินปลาทอง อัตราที่ใช้คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 มก. ต่ออาหาร 1 กก. นอกจากจะพบว่า astaxanthin ในปริมาณ 37-40 มก. ต่ออาหาร 1 กก. จะสามารถกระตุ้นการเกิดสีได้ดีที่สุดแล้ว ยังพบว่าอัตราการตายของปลาตลอดการทดลอง ยังลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อในอาหารมี astaxanthin ตั้งแต่ 25 มก. ต่ออาหาร 1 กก. ขึ้นไป ตารางที่ 4

ตารางที่ 4 อัตราการตายของปลาในการทดลองใช้สาร astaxanthin เพื่อเร่งสีปลาเงิน ปลาเงินปลาทอง เป็นเวลา 4 สัปดาห์

Astaxanthin (มก./กก.)	อัตราการตาย (%)
0	13.51ก
25	3.33ข
50	1.67ข
75	1.67ข
100	0.00ข

ที่มา : http://www.fisheries.go.th/DOF_THAI/Division/Health_new/aahri-new/thai/newsletter_th/Y_08_V_2.htm

สารเสริมในอาหารที่ให้กับสัตว์เพื่อให้สัตว์มีภูมิต้านทานโรคนั้นมีอยู่หลายชนิดสารบางอย่างไม่ได้มีคุณค่าทางโภชนะ สารบางอย่างมีคุณค่าทางโภชนะอยู่ด้วย ดังนั้นการเลือกใช้สารเหล่านี้เพื่อให้สัตว์มีสุขภาพแข็งแรงนั้น อาจต้องใช้หลักเกณฑ์นี้มาประกอบการพิจารณาด้วย Astaxanthin เป็นสาร provitamin A มีคุณสมบัติที่สัตว์สามารถนำไปใช้เหมือนวิตามินเอได้ สามารถเพิ่มสีสันให้ปลาสวยงามได้ และยังมีคุณสมบัติช่วยเพิ่มภูมิต้านทานโรคได้ด้วย (http://www.fisheries.go.th)

สาหร่าย *Spirulina* sp. เป็นสาหร่ายอีกสกุลหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เพราะเป็นสาหร่ายที่โปรตีนสูง และโปรตีนเป็นตัวที่ช่วยให้สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ มีการเจริญเติบโตที่ดี โดยได้มีการศึกษาหาแหล่งโปรตีนที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ จากแหล่งที่อุดมไปด้วยโปรตีน 5 ชนิด (*Haliotis midae*) โดน Britz (1996) ซึ่งแหล่งโปรตีนทั้ง 5 คือ casein (โปรตีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

91%), fishmeal (โปรตีน 70%), soya oil cake (โปรตีน 51%), torula yeast (โปรตีน 50%) และ *Spirulina spp.* (โปรตีน 44%, เก็บจากโรงเพาะเลี้ยง) แล้วนำไปผสมในอาหารกึ่งสำเร็จรูปที่ใช้ในการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ โดยใช้สูตรคำนวนเพื่อให้อาหารที่ผสมมีโปรตีนอยู่ที่ 30% และไขมัน 5% เมื่อวิเคราะห์โปรตีนในอาหารที่ผสมจากการคำนวณแล้วอาหารผสมทุกชนิดจะมีโปรตีนอยู่ที่ 31%, 29%, 32%, 29% ตามลำดับ ยกเว้นอาหารที่ผสมด้วยสาหร่าย *Spirulina spp.* จะมีโปรตีนอยู่ที่ 19% เท่านั้น ผลจากการทดลองเลี้ยง *Haliotis midae* เป็นเวลา 124 วัน มีดังนี้

Spirulina spp. มีค่าการแลกเปลี่ยนอาหารไปเป็นเนื้อ (FCR) 0.8 และ โปรตีน (PER) 6.5 แสดงให้เห็นว่าโปรตีนจากแหล่งนี้มีค่ามวลชีวภาพที่สูง เนื่องจากว่า PER มีค่าที่ไม่ตรงกับแหล่งโปรตีนอื่น ๆ เพราะอาหารที่ผสม *Spirulina spp.* มีค่าโปรตีนเพียง 19% ซึ่งมีค่าต่ำกว่าอาหารผสมอื่น (30%) *Spirulina spp*. จึงแสดงให้เห็นว่าสาหร่ายชนิดนี้เป็นแหล่งของโปรตีนที่มีความสามารถย่อยได้สูง

สารสีที่อยู่ภายในสาหร่ายหรือไซยาโนแบคทีเรียนั้น อาจจะไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตมากนัก แต่ผลของสารสีนั้นจะเห็นได้ชัดเจนต่อการเกิดขึ้นของสีภายนอกและภายในของสัตว์เลี้ยง

ประโยชน์ของไซยาโนแบคทีเรียต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

มีรายงานการวิจัยถึงคุณสมบัติของไซยาโนแบคทีเรีย โดยส่วนใหญ่แล้วเป็นสาหร่าย *Spirulina* sp. ซึ่งได้มีการศึกษาในหลาย ๆ ด้าน เช่น ความสามารถในการเพิ่มการเจริญเติบโตของสัตว์เลี้ยง, เพิ่มสีสันของสัตว์เลี้ยงให้ดูสวยงามจนถึงสีเนื้อของสัตว์เพื่อความน่ารับประทาน รวมทั้งได้มีการศึกษาถึงความสามารถในการสร้างหรือกระตุ้มภูมิคุ้มกันทั้งในสัตว์เลี้ย

1. การเพิ่มประสิทธิภาพในการเจริญเติบโต

สารสีที่อยู่ภายในสาหร่ายหรือไซยาโนแบคทีเรียนั้นอาจจะไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตมากนัก แต่ผลของสารสีนั้นจะเห็นได้ชัดเจนต่อการเกิดขึ้นของสีภายนอกและภายในของสัตว์เลี้ยง ซึ่งได้มีรายงานการวิจัยที่สนับสนุนการกระตุ้นการเกิดของสีของสัตว์เลี้ยง

2. ผลของรงควัตถุต่อปริมาณสารสีในสัตว์น้ำ

สารสีของไซยาโนแบคทีเรียประกอบด้วย คลอโรฟิลล์ (คลอโรฟิลล์ เอ), แคโรทีนอยด์ (เบต้า-คาโรทีน แซนโทรฟิลล์หลายชนิด) และ ไฟโคบิลิน (ซี – ไฟโคไซยานิน, อัลโลไฟโคไซยานิน, ซี – ไฟโคเออริทริน) ซึ่งสารสีแต่ละชนิดก็จะแสดงสีที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งคุณสมบัตินี้จะส่งผลไปถึงสีของสิ่งมีชีวิตที่ได้รับด้วย

ปลาเมื่อรับรงควัตถุหรือสารสี ปลาจะมีการสะสมสีต่าง ๆ ที่บริเวณใต้ผิวหนังในชั้นเดอร์มิส (dermis) และเนื้อเยื่อบริเวณกล้ามเนื้อ (Latscha, 1991) ซึ่งอยู่ในรูปต่าง ๆ เมื่อสัตว์น้ำกินไซยาโนแบคทีเรีย ก็จะได้รับรงควัตถุชนิดต่าง ๆ เช่น เบต้า-คาโรทีน ซีเอแซนทิน (zeaxanthin) หลังจากนั้นสัตว์น้ำก็จะเปลี่ยนรูปโครงสร้างของรงควัตถุ จนในที่สุดจะเก็บสะสมอยู่ในรูปแอสตาแซนทิน โดยสารสีเหล่านี้จะสงผลให้คุณภาพสีของเนื้อดีขึ้น และทำให้ปลาสวยงามมีสีเข้มสวย

สัตว์น้ำสามารถใช้แอสตาแซนทินได้ดีกว่าคาโรทีนอยด์ชนิดอื่นๆ ซึ่งจากการทดลองของ Amar *et al.* (2004) ได้ทดลองให้อาหารปลา rainbow trout ด้วยอาหารผสมระหว่าง *Dunaliella salina* (ซึ่งเป็นแหล่ง เบต้า-คาโรทีน) กับอาหารผสม *Phaffia rhodozyma* (ซึ่งเป็นแหล่ง แอสตาแซนทิน) พบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปลาที่กินอาหารผสม *Phaffia* มีปริมาณความเข้มข้นของคาโรทีนอยด์ใน serum สูงกว่าเมื่อเทียบกับปลาที่ให้อาหารผสม *Dunaliella* และปริมาณของคาโรทีนอยด์ในเนื้อเยื่อจะพบไปในทางเดียวกันกับใน serum

3. ผลต่อการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน

การศึกษาด้านการใช้สาหร่ายสีน้ำเงินและรงควัตถุในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันของสัตว์น้ำในปัจจุบันยังพบอยู่น้อย ส่วนใหญ่เป็นงานที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ซึ่งในคนนั้นได้มีรายงานการศึกษาว่าคาโรทีนอยด์ เป็นตัวต้านทานการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ของไขมันและ Lipid (Thompson *et al.*, 1995) มีฤทธิ์ต้านทานมะเร็งที่เกิดขึ้นในมนุษย์, ป้องกันการเกิด singlet oxygen ในผิวหนังซึ่ง singlet oxygen เป็นรูปแบบของออกซิเจน (oxygen) ที่มีความไวต่อการกลายพันธุ์สูง และเป็นสาเหตุของปฏิกิริยา lipid peroxidation

3.1 ระบบภูมิคุ้มกันของปลา

ปลามีการพัฒนาระบบภูมิคุ้มกันตั้งแต่ยังเป็นฟีตัส (fetus) โดยมีการสร้างลิมโฟไซท์ (lymphocyte) ที่ตับ ซึ่งลิมโฟไซท์เหล่านี้จะแพร่กระจายไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกายโดยเฉพาะที่ม้าม (spleen) และต่อมน้ำเหลือง แต่เมื่อปลาโตขึ้นอวัยวะที่ให้กำเนิดลิมโฟไซท์ คือกระดูกสันหลัง (bone marrow) ระบบภูมิคุ้มกันของปลามีลักษณะทั่วไปคล้ายสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Sakai, 1999) แต่ยังพัฒนาไม่ดีเท่า เนื่องจากปลาเป็นสัตว์ที่มีวิวัฒนาการต่ำกว่า สามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบไม่จำเพาะเจาะจง (non-specific immunity) และแบบจำเพาะเจาะจง (specific immunity) โดยระบบคุ้มกันในปลาส่วนใหญ่เป็นแบบไม่จำเพาะเจาะจง ซึ่งระบบภูมิคุ้มกันลักษณะนี้ถูกสร้างขึ้นมาโดยธรรมชาติ ไม่ต้องอาศัยการกระตุ้นจากแอนติเจน หรือเชื้อโรค (Roberts, 1989)

ระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะเจาะจง

ระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะเจาะจงเป็นระบบที่กลไกของร่างกายสร้างขึ้นเอง เป็นภูมิคุ้มกันที่สามารถต่อต้านสิ่งแปลกปลอมได้หลายชนิด มีในร่างกายแต่กำเนิด หรืออาจจะเรียกว่าภูมิคุ้มกันตามธรรมชาติ (natural immunity หรือ innate immunity) ภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะเจาะจงในปลาประกอบด้วย เยื่อเมือก เกล็ด ผิวหนัง และสิ่งกีดขวางในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ซึ่งมีทั้งชนิดที่เป็นเซลล์และสารน้ำ หรืออาจเรียกได้ว่าเป็นส่วนแรกที่ทำหน้าที่ต่อต้านสิ่งแปลกปลอมที่จะเข้ามาก่อโรคหรือก่อให้เกิดความผิดปกติแก่ปลา นอกจากนี้ยังมีการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะเจาะจงกับเชื้อโรคจากของเหลวในร่างกาย (non-specific humoral factor) เช่น ทรานสเฟอร์ริน (transferrin) และอินเตอร์ฟีรอน (interferon) ซึ่งเป็สารยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และสารต่อต้านเอนไซม์ของเชื้อโรค เช่น แมคโครกลอบูลิน (macroglobulin) มีกลไกการทำงาน คือ เมื่อเชื้อโรคเข้ามาสู่ร่างกายเชื้อโรค จะมีการหลั่งเอนไซม์เพื่อย่อยสลายทำลายเนื้อเยื่อต่างๆ แมคโครกลอบูลินซึ่งอยู่ในน้ำเลือดของสัตว์กระดูกสันหลังจะมีผลไปยับยั้งการหลั่งเอนไซม์ที่เชื้อโรคผลิตขึ้นมา และการตอบสนองแบบไม่จำเพาะของเซลล์ชนิดต่าง ๆ โดยวิธีฟาโกซัยท์ เช่น แมคโครฟาจ (macrophage) นิวโทรฟิล (neutrophyll) อีโอซิโนฟิล (eosinophils) และแบโซฟิลล์ (basophil) เป็นต้น ส่วนคอมพลีเมนท์ (complement) เป็นกลุ่มโปรตีนในน้ำเหลือง ที่มีหน้าที่กระตุ้นให้เกิดการแตกสลายของเซลล์ (cytosis)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และทำให้เกิดกระบวนการ ออฟโซนิฟิเคชัน (opsonication) โดยกระบวนการนี้เกิดกับสิ่งแปลปลอมเข้ามาในเซลล์ร่างกาย โดยตัวรับบนผิวเซลล์จะถูกคอมพลีเมนต์จับ ทำให้เม็ดเลือดขาวสามารถเข้าทำลายเซลล์เชื้อโรคได้ (Robert,1989)

ระบบภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะเจาะจง

ระบบภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะเจาะจงสามารถตอบสนองได้ 3 ทาง คือ humoral immunity, cell-mediated immunity (CMI) และ memory humoral immunity โดยมีลิมโฟไซท์เป็นตัวหลักมีบทบาทสำคัญในระบบภูมิคุ้มกัน โดยสามารถพบลิมโฟไซท์ได้ในระบบหมุนเวียนของร่างกาย ลิมฟอยด์ออร์แกน (lymphoid organ) และในเนื้อเยื่ออื่น ๆ ลิมโฟไซท์มีความสามารถในการจำ (memory) คือ เมื่อเซลล์ได้รับสิ่งแปลกปลอมที่ก่อให้เกิดโรค (antigen) ชนิดเดิมเป็นครั้งที่ 2 มีการตอบสนองต่อแอนติเจนเร็วขึ้น (Robert,1989) ลิมโฟไซท์มี 2 กลุ่ม คือ ที-ลิมไซท์ (thymus-derived, T-lymphocyte) และ บี-ลิมโฟไซต์ (bone marrow-derived, B-lymphocytes) โดยลิมโฟไซท์ทั้ง 2 ชนิดนี้มีบทบาทในการจดจำ (memory cell) อิมูโนโกลบูลิน (immunoglobulin, Ig) มีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะเจาะจง เช่น การกำจัดไวรัส และแบคทีเรีย การกระตุ้นคอมพลีเมนต์ โดย อิมูโนโกลบูลิน ที่พบในปลาชั้นสูงมีเพียงชนิดเดียวคือ ไอจีเอ็ม (IgM) พบได้ในสารคัดหลั่ง เมือกบริเวณผิวหนัง ทางเดินอาหาร และท่อน้ำดี (Robert,1989)

ได้มีการทดลองว่าคาโรทีนอยด์นั้นมีผลต่อการกระตุ้นภูมิคุ้มกันในปลา rainbow trout หรือไม่ (Thompson *et al.*,1995) โดยใช้อาหารผสมวิตามิน A (A^+) และอาหารผสมแอสตาแซนทิน (Ax^+) ผลต่อภูมิคุ้มกันจะเห็นได้ว่า อาหารผสม A^+Ax^+, A^-Ax^+, A^+Ax^- จะมีค่าของตัววัดระดับภูมิคุ้มกันที่สูงกว่าในกลุ่มที่ได้รับอาหาร A^-Ax^- จากผลงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า วิตามิน A หรือ แอสตาแซนทิน ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของวิตามิน A มีความจำเป็นต่อการรักษาระบบภูมิคุ้มกันในปลา rainbow trout

ได้มีการทดลองถึงความสามารถในการเพิ่มระดับภูมิคุ้มกันของแหล่งคาโรทีนอยด์ ที่ได้จากธรรมชาติ คือสาหร่าย *Dunaliella salina* กับยีสต์ *Phaffia rhodozyma* (Amar *et al.*, 2004) ผลปรากฏว่า ปลา rainbow trout ที่ได้รับอาหารเสริม สาหร่าย *Dunaliella* และ ยีสต์ *Phaffia* จะพบปริมาณคาโรทีนอยด์ ใน serum และเนื้อเยื่อ ซึ่งในปลากลุ่มควบคุมจะไม่พบคาโรทีนอยด์เลยในทั้งสองที่ และจะมีปริมาณอิมมูโนโกลบูลิน (immunoglobulin) รวมทั้ง serum lysozyme activity เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 แสดงปริมาณเม็ดเลือด, phenoloxidase activity และเปอร์เซ็นต์การรอดของกุ้ง เมื่อใส่ WSSV เป็นเวลา 15 วัน

	Hemocytes count ($x10^4$ cell/mm^3)	PO activity (U/min/mg protein)	Survival (%)
T1 (ควบคุม)	6.83 ± 1.85	396.51 ± 224.73	10 ± 0
T2 (125 มก.เบต้า-คาโรทีน)	7.22 ± 2.63	421.19 ± 163.38	16.7 ± 4.71
T3 (200 มก.เบต้า-คาโรทีน)	7.30 ± 2.30	334.57 ± 167.96	23.3 ± 4.71
T4 (300 มก.เบต้า-คาโรทีน)	7.64 ± 2.88	474.80 ± 162.82	33.3 ± 12.47
T5 (0.9 % NaCl)	8.05 ± 2.51	452.72 ± 323.31	10 ± 8.16

ที่มา : Supamattaya *et al.* (2005)

เช่นเดียวกับการทดลองของ Rodriguez *et al.* (2004) ได้ทดลองกับปลา gilthead seabream โดยให้อาหารผสมที่เป็นพวก fungus ชื่อ *Mucor circinelloides* ทั้งที่เป็นชนิดปกติและชนิดที่ได้รับการกลายพันธุ์โดยเพิ่ม lycopene และ เบต้า-คาโรทีน ตามลำดับ พบว่า อาหารในกลุ่มที่เสริม *Mucor circinelloides* ทุกชนิดจะมีความสามารถในการยกระดับ Phagocytic และ Cytotoxic สูงขึ้น เมื่อเทียบกับในกลุ่มควบคุม แต่จะมีพลังในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันที่ไม่สูงมากนัก อย่างไรก็ตามคุณสมบัติในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อ *Mucor circinelloides* ได้รับการกลายพันธุ์ให้มีคาโรทีนสะสมอยู่

ในรายงานการวิจัยของ อัญชลี (2547) เกี่ยวกับการใช้สาหร่ายสไปรูไลนาต่อการเจริญเติบโตและระดับแอนติบอดีในปลาดุกพันธุ์ผสม โดยจะให้สาหร่ายสไปรูไลนาแห้งผสมลงในอาหาร 7 สูตร ที่ระดับ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 % และปรับอาหารแต่ละสูตรให้มีระดับของโปรตีน ไขมัน และพลังงานใกล้เคียงกัน และเลี้ยงเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าสาหร่ายชนิดนี้จะมีผลทำให้การสร้างแอนติบอดีต่อเชื้อ *Aeromonas hydrophila* เพิ่มขึ้น จากการวิเคราะห์คาโรทีนอยด์รวม ในเนื้อปลาพบว่ามีคาโรทีนอยด์เพิ่มขึ้นตามระดับของสาหร่าย *Spirulina* ที่เสริมเข้าไปในอาหาร และการเสริมสารหร่าย *Spirulina* ในอาหารไม่ส่งผลต่อค่าฮีโมโกบินรวมแต่ส่งผลให้เม็ดเลือดขาวเพิ่มขึ้นและไม่พบความผิดปกติทางเนื้อเยื่อวิทยาของปลา

จากรายงานการวิจัยหลาย ๆ ฉบับเกี่ยวกับการเพิ่มระดับภูมิคุ้มกันในสิ่งมีชีวิตนั้นทำให้ทราบว่าการที่ความสามารถของภูมิคุ้มกันจะเพิ่มขึ้นได้นั้นจะมีตัวแปรที่สอดคล้องกันคือ เมื่อระดับภูมิคุ้มกันเพิ่มสูงขึ้น จะมีปริมาณรงควัตถุภายในเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น รวมทั้งปริมาณเม็ดเลือดขาวเพิ่มขึ้นอีกด้วย (อัญชลี, 2547)

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากไซยาโนแบคทีเรีย

Issa (1999) ทำการศึกษาการต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ของ *Oscillatoria angustissima* และ *Calothrix parietina* หาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับการเจริญเติบโต และอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับผลิตยาปฏิชีวนะ พบว่าอุณหภูมิที่ 30 °C ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและโปรตีนมีมากที่สุด ที่อุณหภูมิ 25 °C เหมาะสมสำหรับผลิตยาปฏิชีวนะ ความเข้มข้นของสารสกัด 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย คือ *Bacillus cereus*, *Staphyllococcus aureus*, *Escherichia coli* และ *Pseudomonas aeruginosa* ต่อต้านเชื้อราที่ทำให้เกิดโรคผิวหนัง คือ *Microsporum canis*, *Trichophyton rubrum*, *T. gaurgii* และ *Chrysosporium*

Kreitlow *et al.* (1999) ได้สกัดสารจากไซยาโนแบคทีเรีย โดยใช้ Dichloromethane, Methanol, Hexane, Ethylacetate และน้ำเป็นตัวสกัด เพื่อทดสอบการต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ 7 ชนิด พบว่าต่อต้านเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ ได้แก่ *Escherichia coli, Proteus mirabilis* และ *Serratia marcescens* ต่อต้านยีสต์ ได้แก่ *Candida maltosa* ต่อต้านแบคทีเรียแกรมบวก ได้แก่ *Micrococcus flavus, Staphylococcus aureus* และ *Bacillus subtilis* ต่อต้านเซลล์เนื้อเยื่อติดต่อ (fibroblast cells) เป็นอันตรายต่อเซลล์ของมนุษย์

Volk and Franz (2006) ได้สกัดไซยาโนแบคทีเรีย 2 ชนิด ได้แก่ *Nodularia harveyana* และ *Nostoc insulare* มีสารที่ปล่อยออกมาคือ norharmane (9H-pyrido(3,4-*b*)indole) และ 4,4′-dihydroxybiphenyl กิจกรรมต่อต้านสิ่งมีชีวิต *Synechocystic aquatilis* norharmane HCl มีผลมากกว่า 4,4′-dihydroxybiphenyl เนื่องจากความแตกต่างของน้ำหนักโมเลกุลของการทดสอบสารประกอบทั้งสอง (norharmane HCl : Mr=204, 4,4′-dihydroxybiphenyl : Mr=186)

Mundt *et al.* (2001) ได้ศึกษาอิทธิพลของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย ได้แก่ *Gloeocapsa caldariorum, Microcystis firma, Microcystis aeruginosa, Synechocystis aquatilis, Oscillatoria agardhii, Oscilliatoria prolifica, Oscillatoria rubescens, Phormidium tenue, Pseudanabaena catenata, Anabaena variabilis, Calothrix gracilis, Cylindrospermum majus, Nodularia harveyana, Nodularia spumigena, Nostoc linckia, Scytonema bonerii* ทดสอบใน LTT (Lymphocyte Transformation Test) พบว่าสารสกัดของ *Oscillatoria tenuis* SPH03 , *Limonthrix redekei* HUB051 และ *Synechocystic aquatilis* 428 ยับยั้งสารที่ทำให้เกิดการแบ่งเซลล์แบบ mitosis ของ HPBLs (Haman Peripheral Blood Lymphocytes) มากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอิทธิพลของสารสกัดกับกิจกรรมเอนไซม์ cyclooxygenase, lipoxygenase และ leucine อะมิโนเปปไทด์ พบว่าไม่มีอิทธิพลต่อกิจกรรมของ cyclooxygenase แต่มีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ lipoxygenase ซึ่งถูกยับยั้งโดยสารสกัดจาก *Gloeocapsa caldariorum, Microcystis firma, Oscillatoria agardhii,Oscilliatoria prolifica, Oscillatoria rubescens, Phormidium tenue, Pseudanabaena catenata, Anabaena variabilis, Calothrix gracilis, Cylindrospermum majus, Nodularia harveyana, Nodularia spumigena, Nostoc linckia, Scytonema bonerii*

Zheng *et al.* (2006) ศึกษาสารสกัดที่มีอยู่ในไซยาโนแบคทีเรีย ได้แก่ exopolysaccharide จาก *Aphanothece halophytica* Fremy (EPAH) นำสารสกัดมาทดสอบการยับยั้งเชื้อไวรัสไข้หวัดใหญ่ (H1N1) ซึ่งมีอิทธิพลต่อโรคปอดบวมในหนูที่ติดเชื้อ การยับยั้งเชื้อไวรัสโดยการให้กิน EPAH ทางปากส่งผลให้ปอดอักเสบลดลง จำนวนเม็ดเลือดขาวเพิ่มมากขึ้นและปริมาณเซลล์ที่กลืนสิ่งแปลกปลอม (phagocytic) เพิ่มมากขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบคทีเรียบางชนิดที่ทำให้เกิดโรคสัตว์น้ำ

1. *Aeromonas hydrophila*

A. hydrophila เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรค Motile Aeromonas Septicemia (MPS), Bacteria Hemorrhagic Septicemia, Red Pest, Red Spot เกิดในกบเรียก Red Leg

1.1 ลักษณะรูปร่าง เชื้อมีลักษณะเป็นแท่งปลายมน ติดสีแกรมลบ สามารถเคลื่อนที่ได้ สามารถพบเชื้อได้บ่อยในน้ำจืด

1.2 อาการของโรค ลักษณะภายนอกของปลาที่เป็นโรค hemorrhagic septicemia ตามครีบและผิวตัว ลักษณะท้องบวมน้ำ ตาโปน (exopthalmia) เกล็ดตั้งพอง สีผิวตัวเปลี่ยนไปในทางเข้มขึ้น ลักษณะภายในเมื่อเปิดช่องท้องจะมีน้ำขุ่นสีเลือด ตับซีดจาง ไตบวม อภัยวะภายในทั้งหมดตกเลือดทั่วไป ปลาว่ายน้ำเสียการทรงตัว

ในประเทศไทยพบว่าเชื้อชนิดนี้เกิดในปลาดุกมีชื่อว่า โรคโคนครีบหูบวม ในปลาดุกขนาดเล็กจนไปถึงขนาดใหญ่ อาการของโรคที่สำคัญคือโคนครีบหูบวมแดง มีแผลตกเลือดทั้งตัว ช่องท้องมีน้ำสีเหลืองขุ่นปนเลือด ตับและม้ามบวมโต ไตทั้งส่วนหน้าและส่วนหลังบวมแดง ในปลาช่อนที่เป็นโรคระบาดในปี 2525-2526 อาการของปลาจะเป็นแผลเน่าตามลำตัว เนื้อ แหว่งเป็นแผลลึก ท้องทะลุ ลำตัวซีด ตาโปนและขุ่น

2. *Pseudomonas fluorescens*

P. fluorescens เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรค *Pseudomonad septicemia*

2.1 ลักษณะรูปร่าง มีรูปร่างเป็นแท่งตรงหรือแท่งโค้งเล็กน้อย ติดสีแกรมลบ สามารถเคลื่อนที่ได้และเจริญเติบโตได้ที่มีอุณหภูมิต่ำ ไม่สร้างสปอร์

2.2 อาการของโรค ปลาที่ติดเชื้อ *Pseudomonad septicemia* มักจะอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่ไม่ดี เนื่องจากการเลี้ยงรวมตัวหนาแน่นมากเกินไป ความไม่สมดุลของอาหาร จะทำให้ปลาอ่อนแอ ทำให้เชื้อ *Pseudomonas* จะเข้าทำอันตรายเป็น secondary infection ทันที ปลาจะมีอาการเหมือนกับการติดเชื้อ *A. hydrophila* จะมีจุดเลือด (petechiae และ red spots) ตามผิวตัวและครีบ รวมทั้งช่องท้องและอวัยวะภายในทั้งหมด ท้องบวมน้ำ ผิวตัวสีเปลี่ยนไป

3. *Pseudomonas* sp.

Pseudomonas ส่วนใหญ่เป็นเชื้อฉวยโอกาสในคน, สัตว์และพืช

3.1 ลักษณะรูปร่าง เป็นกลุ่มแบคทีเรียแกรมลบที่เป็นแท่งตรงหรือโค้งเล็กน้อย ไม่สร้างสปอร์

3.2 อาการของโรค คล้ายกับของ *P. fluorescens* แต่ไม่สร้างสารเรืองแสง

4. *Vibrio alginolyticus*

Vibrio ทำให้เกิดโรค Vibriosis, Ulcer Disease, Red Pest, Red Boil, Salt Water Furanculosis (ปภาศิริ, 2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 ลักษณะรูปร่าง *Vibrio* เป็นเชื้อที่มีรูปร่างเป็นแท่งตรงหรือโค้งเล็กน้อย ติดสีแกรมลบ ไม่สร้างสปอร์ และสามารถเคลื่อนที่ได้ ส่วนใหญ่จะสามารถพบเชื้อได้ทั่วไปในบริเวณน้ำทะเลและน้ำกร่อย

4.2 อาการของโรค ก่อให้เกิดการติดเชื้อในเลือดแบบเฉียบพลัน และก่อโรคเรื้อรังเป็นจุด โดยทั่วไปมักพบโรค Vibriosis ร่วมกับภาวะเครียดหรือการมีบาดแผลทางกายภาพ (นันทริกา, 2539)

5. *Streptococcus agalactiae*

S.agalactiae เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรค Streptococcosis

5.1 ลักษณะรูปร่าง รูปร่างกลมหรือเป็นรูปไข่ ติดสีแกรมบวก มักจะอยู่เป็นคู่หรือลูกโซ่ เคยมีรายงานทั้งในปลาน้ำจืด น้ำกร่อยและน้ำเค็ม (ปภาศิริ, 2538)

5.2 อาการของโรค ปลามีอาการเบื่ออาหารและมีการบุกรุกของแบคทีเรียที่ระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้การทำงานผิดปกติส่งผลให้ปลา ว่ายน้ำควงสว่าน เซื่องซึมเฉื่อยชา ลำตัวบิดงอ และทำให้การว่ายน้ำผิดทิศทาง ปลาป่วยส่วนมากจะมีการแสดงออกมาทั้ง endophthalmia และ exophthalmiaเกิดการติดเชื้อในกระแสเลือดแล้วกระจายเข้าไปในอวัยวะภายใน ลักษณะอาการที่แสดงออกมาชัดเจนคือจะมีการตกเลือดและอักเสบที่ ตับ ไต ม้าม หัวใจ สมองและลำไส้ภายในร่วมกับอาการบวมที่ตับและไตในบางครั้ง ส่วนเยื่อบุช่องท้องจะมีการยึดติดกับอวัยวะภายในและผนังช่องท้อง (http://www.thefishsite.com/articles/190/streptococcus-in-tilapia)

สรุปได้ว่าสาหร่ายในสกุล *Nostoc* มีการนำไปใช้ประโยชน์อย่างมากทั้งในด้านเป็นอาหารมนุษย์ อาหารสัตว์ ปุ๋ยชีวภาพ การนำสารสีและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมาใช้ประโยชน์ และการนำไปใช้บำบัดน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์หรือโลหะหนักปนเปื้อน ส่วนสาหร่าย *Nostoc commune* ในไทยได้มีการศึกษาเน้นไปในด้านคุณค่าทางโภชนาการและการแปรรูปเป็นอาหารประเภทต่าง ๆ จึงทำให้ยังขาดข้อมูลความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติด้านอื่น ๆ ของสาหร่ายชนิดนี้ ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่พบในประเทศไทย ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาในด้านอื่นเพิ่มเติมทั้งในด้านการสร้างสารสีกลุ่ม phycocyanin เนื่องจากการศึกษาพื้นฐานพบว่าสาหร่ายชนิดนี้สร้าง phycocyanin ได้ปริมาณมาก (สุนีรัตน์ และคณะ, 2548) ศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่พบในสาหร่ายชนิดนี้ และศึกษาถึงประสิทธิภาพและปัจจัยพื้นฐานที่เหมาะสมต่อการทำงานของการใช้*สาหร่าย N. commune* ในการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียแหล่งต่าง ๆ และบำบัดโลหะหนัก (ตะกั่ว และแคดเมียม) เพื่อได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการใช้กำหนดแนวทางการนำไปใช้ได้จริงเพื่อลดต้นทุนและการจัดระบบการบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพและที่สำคัญคือไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งความรู้พื้นฐานหลาย ๆ ด้านที่เกี่ยวข้องกับสาหร่ายชนิดนี้ จะเป็นข้อมูลคุณสมบัติพื้นฐานเพื่อช่วยในการตัดสินใจนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และได้ผลประโยชน์สูงสุดในระยะยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

การเลี้ยงสาหร่าย *Nostoc commune*

เพาะเลี้ยงสาหร่าย *Nostoc commune* ในห้องเลี้ยงแพลงก์ตอน ณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง เพาะเลี้ยงในสูตรอาหาร BG 11 เป็นเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อใช้เป็นสาหร่ายตั้งต้น โดยนำสาหร่ายที่เตรียมมาใส่ลงในขวดแก้วขนาด 1 ลิตร ให้อากาศตลอดเวลา เพื่อให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำและป้องกันไม่ให้สาหร่ายตกตะกอน เลี้ยงสาหร่ายที่อุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส โดยมีการให้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ต่อเนื่องตลอดเวลา

การศึกษาผลของแสงต่อปริมาณไฟโคไซยานิน พอลิแซ็กคาไรด์และโปรตีน

การวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด(Completely Randomized Design, CRD) โดยเลี้ยงสาหร่าย *N.commune* ที่ความเข้มข้นแสงต่างกัน ดังต่อไปนี้

ชุดการทดลองที่ 1 แสง 24 ชั่วโมง 1350±390 ลักซ์

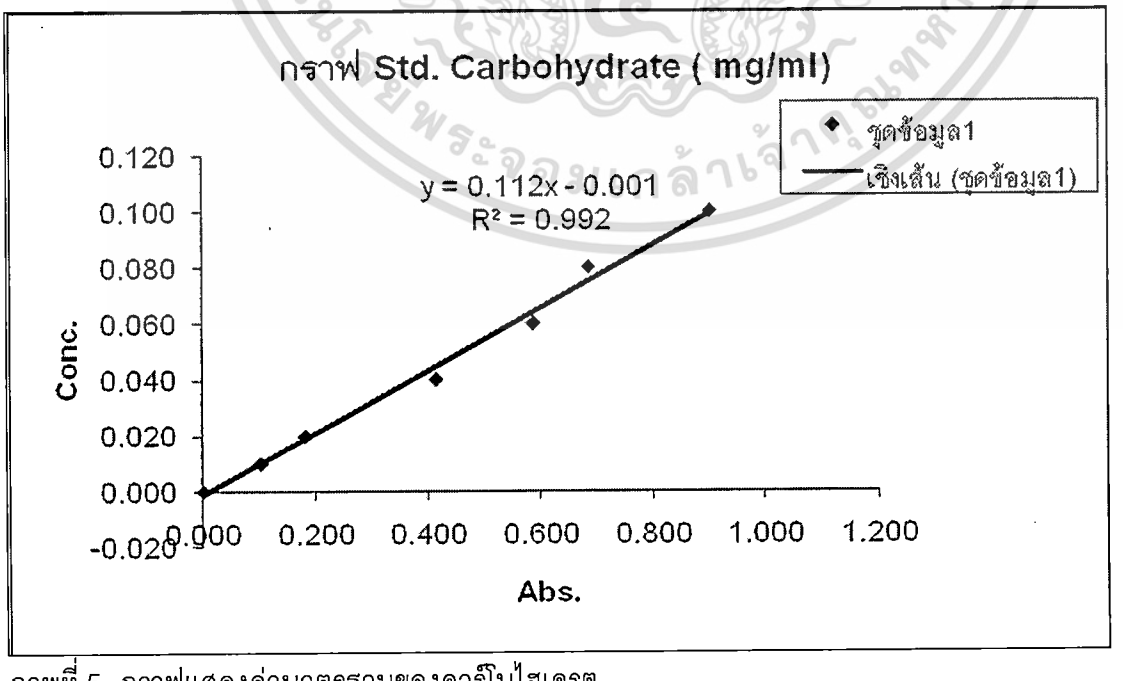
ชุดการทดลองที่ 2 แสง 24 ชั่วโมง 816±269 ลักซ์

ชุดการทดลองที่ 3 แสง 16 ชั่วโมง 1350±390 ลักซ์

ชุดการทดลองที่ 4 แสง 8 ชั่วโมง 1350±390 ลักซ์

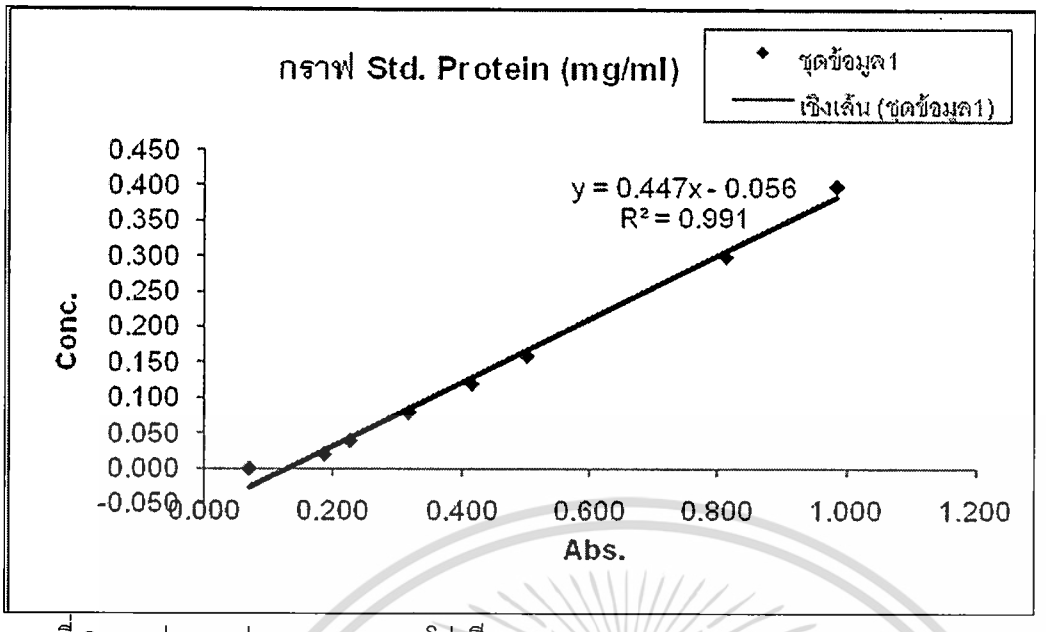
ชุดการทดลองที่ 5 ไม่ได้รับแสง

แต่ละชุดการทดลองจะแบ่งเป็นชุดการทดลองละ 6 ซ้ำ โดยวัดค่าการเจริญเติบโต (ปริมาณคลอโรฟิลล์, น้ำหนักแห้ง, ปริมาณโปรตีน, ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่เซลล์สาหร่าย และปริมาณคาร์โบไฮเดรตในน้ำเลี้ยง) วัดค่าการเจริญเติบโตทุก 3 วัน



ภาพที่ 5 กราฟแสดงค่ามาตรฐานของคาร์โบไฮเดรต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6 กราฟแสดงค่ามาตรฐานของโปรตีน

ผลของปริมาณไนเตรทต่อไฟโคไซยานิน คาร์โบไฮเดรต และโปรตีน

เลี้ยงสาหร่าย *N. commune* ภายใต้การได้รับปริมาณไนเตรทที่แตกต่างกัน โดยเลี้ยงภายใต้สูตรอาหาร BG 11 ปกติ และผันแปรปริมาณโซเดียมไนเตรท จากสูตรอาหารเป็น 2 เท่า และ 3 เท่า โดยแบ่งช่วงเวลาการเติมโซเดียมไนเตรทเป็นสองแบบ โดยการเพิ่มไนเตรทเป็น 2 เท่า จะเติมไนเตรททั้งหมด ในวันแรกที่ทำการเลี้ยง ส่วนอีกแบบคือแบ่งไนเตรทเป็นสองส่วน เติมครึ่งหนึ่งในวันแรกที่เลี้ยง อีกครึ่งหนึ่งในวันที่ 15 ของการเลี้ยง ส่วนการเพิ่มไนเตรทเป็นสามเท่า แบบแรกคือเติมไนเตรทที่เพิ่มขึ้นทั้งหมดในวันแรกของการเลี้ยง แบบที่สองคือแบ่งไนเตรทเป็นสามส่วนเท่า ๆ กัน และเติมในวันแรก วันที่ 20 และวันที่ 30 ของการเลี้ยง

ทำการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ น้ำหนักแห้ง ไฟโคไซยานิน คาร์โบไฮเดรต และ โปรตีน ทุก 2 วัน จนครบ 30 วัน

การทดสอบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในการยับยั้งแบคทีเรีย

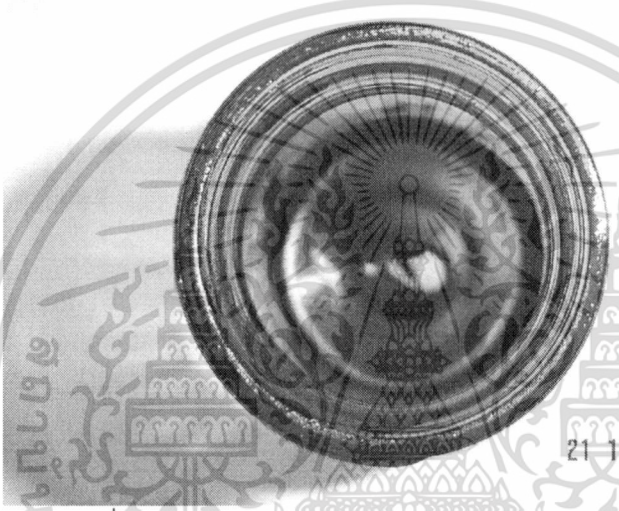
นำหัวเชื้อสาหร่าย *N. commune* มาเลี้ยงในขวดน้ำเกลือขนาด 1 ลิตร โดยให้อาหารสูตร BG-11 ให้ออกซิเจนและแสง เก็บเซลล์ด้วยตะแกรงกรองขนาด 15 ไมครอน นำเซลล์สาหร่ายที่กรองแล้วไปอบที่ตู้อบความร้อน อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 2 วัน เก็บเซลล์ไว้ในตู้เย็นจนกว่าจะนำมาใช้

การสกัดพอลิแซ็กคาไรด์และไขมันหยาบจาก *N. commune* นำเซลล์ที่เก็บไว้มาบดให้ละเอียด นำมาสกัดด้วยคลอโรฟอร์ม : เมทานอล (2:1) ที่อุณหภูมิห้อง 3 ชั่วโมง 3 ครั้ง จากนั้นกรองจะได้กากเซลล์และ Filtrate ออกมานำ Filtrate มาเข้าเครื่องลดความดัน (Rotary evaporator) จะได้เป็นไขมันหยาบ (crude lipid) ออกมา (ภาพที่ 7) ส่วนกากเซลล์นำมาสกัดต่อไป

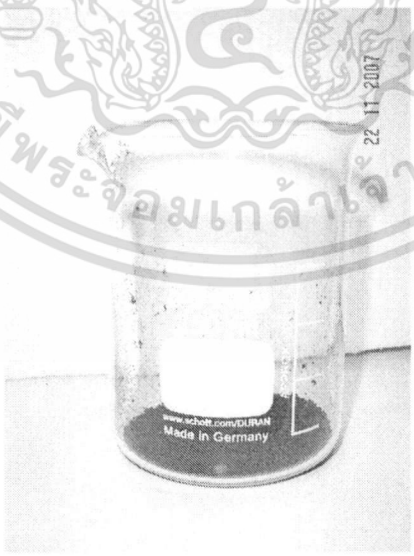
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำกากเซลล์นำมาสกัดต่อด้วย 70% เอทานอล ที่อุณหภูมิห้อง 3 ชั่วโมง 2 ครั้ง จากนั้นกรองจะได้กากเซลล์และ Filtrate นำกากเซลล์มาสกัดต่อไป ส่วน Filtrate ทิ้งไป

นำกากเซลล์นำมาสกัดต่อด้วยน้ำ ที่อุณหภูมิห้อง 12 ชั่วโมง 2 ครั้ง จากนั้นกรองจะได้กากเซลล์และ Filtrate นำกากเซลล์ทิ้งไป ส่วน Filtrate นำมาตกตะกอนด้วย 1% CTAB (Hexadecyltrimethylammonium Bromide) จากนั้นนำมาล้างตะกอนจนได้พอลิแซ็กคาไรด์ออกมา (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 7 แสดงไขมันหยาบที่สกัดออกมาจาก *N. commune*



ภาพที่ 8 แสดงพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดออกมาจาก *N. commune*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมเชื้อแบคทีเรียที่จะนำมาทดสอบ

- เลี้ยงเชื้อแบคทีเรียในอาหารกึ่งเหลว แล้วนำมาบ่มในตู้บ่มเชื้อเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 °C
- เตรียมความขุ่นของแบคทีเรียและใช้น้ำเกลือ 0.85% เป็นตัวทำละลาย ฉีดเชื้อแบคทีเรียใส่ปลาหรือกุ้งขาว เชื้อแบคทีเรีย 1 ชนิดต่อปลาหรือกุ้งขาว 1 ตัว ทิ้งไว้ 1 คืนให้ปลาหรือกุ้งขาวเป็นโรค
- จับปลาหรือกุ้งขาวมาผ่าบริเวณที่ฉีดเชื้อแบคทีเรียไว้จากนั้นมาเขี่ยลงบนจานเลี้ยงเชื้อ นำไปบ่มไว้ในตู้บ่มเชื้อ ประมาณ 12-24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 °C
- เลือกโคโลนีไปเขี่ยบนอาหารเลี้ยงเชื้ออีกครั้ง จนได้โคโลนีเดี่ยวๆ ใช้ในการทดสอบการติดสีโดยการย้อม Gram stain เมื่อย้อมสีเชื้อแบคทีเรียแล้ว นำมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ดูลักษณะและการติดสีเพื่อทดสอบดูว่าเป็นเชื้อแบคทีเรียชนิดเดียวกับที่ฉีดใส่ปลาและกุ้งขาวหรือไม่
- เมื่อเป็นเชื้อแบคทีเรียตัวเดียวกับที่เราฉีดใส่ปลาหรือกุ้งขาวแล้ว ทำการเก็บเชื้อแบคทีเรียโดยเขี่ยใน slant แล้วนำมาบ่มในตู้บ่มเชื้อเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 °C
- นำ slant มา stab เก็บไว้แล้วนำมาบ่มในตู้บ่มเชื้อเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 °C และเก็บในตู้เย็นจนกว่าจะนำมาใช้ แต่ไม่ควรเกิน 1 เดือน

การทดสอบ *N. commune* ในการต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย

- อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ทดสอบ Mueller-Hinton Agar (MHA) ซึ่งเป็นอาหารที่ดีที่สุดสำหรับทดสอบ นำเชื้อแบคทีเรียที่ stab เก็บไว้นำมาบ่มในตู้บ่มเชื้อเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 °C จากนั้นนำมา slant แล้วนำมาบ่มในตู้บ่มเชื้อเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 °C จึงนำไปใช้ทดสอบ
- เตรียมความขุ่นของสารละลายเชื้อแบคทีเรีย โดยใช้น้ำเกลือ 0.85 % เป็นตัวทำละลาย เปรียบเทียบความขุ่นของเชื้อแบคทีเรียกับ 0.5 Mac Farland มาตรฐาน (เตรียมโดย $BaCl_2$ 0.05 ml และ NH_4SO_4 9.95 ml) เขย่าก่อนใช้
- นำพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดไว้มาละลายในน้ำกลั่น และไขมันหยาบที่สกัดไว้มาละลายในคลอโรฟอร์ม : เมทานอล (2:1) มาแบ่งเป็นระดับความเข้มข้นดังนี้

  ครั้งที่ 1 : 0, 0.25, 0.5, 1, 2 และ 4 กรัมต่อลิตร

  ครั้งที่ 2 : 0, 4, 6, 8, 10 และ 12 กรัมต่อลิตร

  ครั้งที่ 3 : 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 กรัมต่อลิตร

-นำแต่ละความเข้มข้นมาใส่ลงใน plate ปริมาตรที่ใส่คือ 2 มิลลิลิตรต่อแผ่นยาทดสอบ ส่วนแผ่นยาทดสอบควบคุมของพอลิแซ็กคาไรด์ใช้น้ำกลั่นและแผ่นยาทดสอบควบคุมของไขมันหยาบใช้คลอโรฟอร์ม : เมทานอล (2:1) ปริมาตรที่ใส่คือ 2 มิลลิลิตรต่อแผ่นยาทดสอบโดยใส่ตามปริมาตรที่ที่แสดงไว้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ 1 ที่ทดสอบต้องการความเข้มสูงสุดที่ 4000 ppm = 0.04 มิลลิกรัมต่อ 10 มิลลิลิตร

ppm	ไขมันหยาบ(มิลลิลิตร)	คลอโรฟอร์ม : เมทานอล (2:1) (มิลลิลิตร)
0	0	2
250	0.125	1.875
500	0.25	1.75
1000	0.5	1.5
2000	1	1
4000	2	0
ppm	พอลิแซ็กคาไรด์(มิลลิลิตร)	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)
0	0	2
250	0.125	1.875
500	0.25	1.75
1000	0.5	1.5
2000	1	1
4000	2	0

ครั้งที่ 2 ที่ทดสอบต้องการความเข้มข้นสูงสุดที่ 12000 ppm = 0.12 มิลลิกรัมต่อ 10 มิลลิลิตร

ppm	ไขมันหยาบ(มิลลิลิตร)	คลอโรฟอร์ม : เมทานอล (2:1) (มิลลิลิตร)
0	0	2
4000	0.66	1.34
6000	1	1
8000	1.33	0.67
10000	1.66	0.34
12000	2	0

ppm	พอลิแซ็กคาไรด์ (มิลลิลิตร)	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)
0	0	2
4000	0.66	1.34
6000	1	1
8000	1.33	0.67
10000	1.66	0.34
12000	2	0

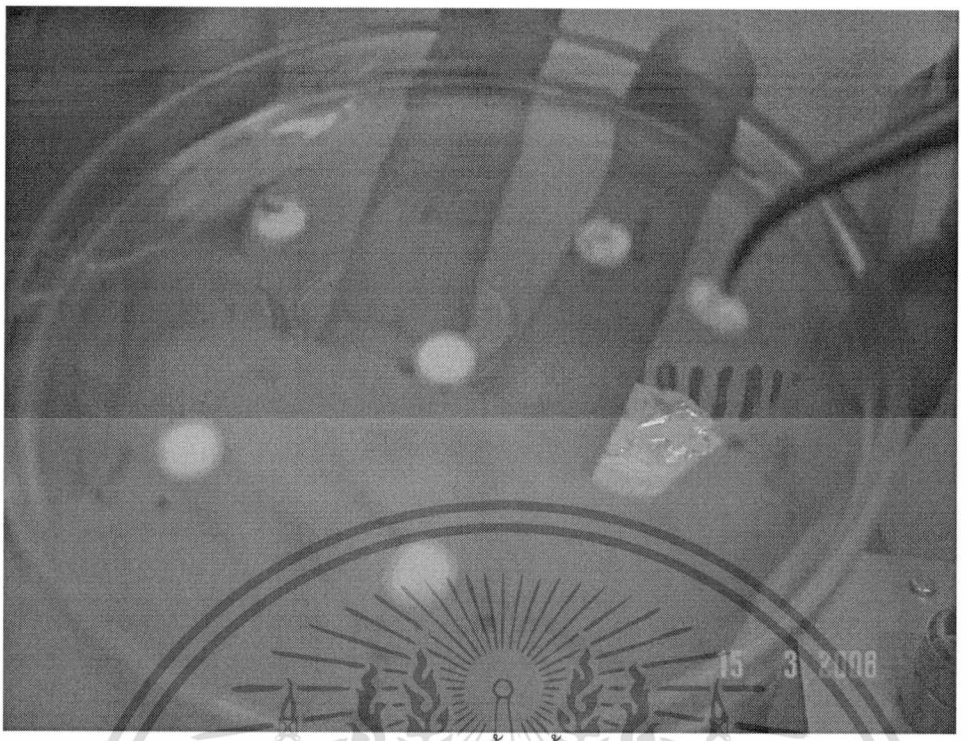
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ 3 ที่ทดสอบต้องการความเข้มข้นสูงสุดที่ 50000 ppm = 0.5 มิลลิกรัมต่อ 10 มิลลิลิตร

ppm	ไขมันหยาบ(มิลลิลิตร)	คลอโรฟอร์ม : เมทานอล (2:1) (มิลลิลิตร)
0	0	2
10000	0.4	1.6
20000	0.8	1.2
30000	1.2	0.8
40000	1.6	0.4
50000	2	0
ppm	พอลิแซ็กคาไรด์ (มิลลิลิตร)	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)
0	0	2
10000	0.4	1.6
20000	0.8	1.2
30000	1.2	0.8
40000	1.6	0.4
50000	2	0

- นำแผ่นยาทดสอบมาใส่ในแต่ละความเข้มข้นที่เตรียมไว้ โดยค่อย ๆ หยดพอลิแซ็กคาไรด์หรือไขมันหยาบในแต่ละแผ่นยาทดสอบให้ทั่วสม่ำเสมอกัน ทิ้งไว้เป็นเวลา 5-10 นาที
- เปรียบเทียบความขุ่นของสารละลายเชื้อแบคทีเรียกับ 0.5 Mac Farland มาตรฐานให้ได้ความขุ่นเท่ากัน
- ใช้ไม้พันสำลีที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จุ่มลงในสารละลายเชื้อแบคทีเรียที่เตรียมไว้มา swab ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อให้ทั่วและสม่ำเสมอกัน
- รอให้ผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อแห้ง 3-5 นาที แต่ไม่เกิน 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 9 แสดงการวางแผ่นยาทดสอบบนผิวอาหารเลี้ยงเชื้อ

- คีบแผ่นยาทดสอบที่ระดับความเข้มข้นละ 3 ซ้ำต่อเชื้อแต่ละชนิดมาวางบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อดังแสดงในภาพที่ 9
- นำไปบ่มไว้ในตู้บ่มเชื้อ ประมาณ 24-48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 °C
- นำมาวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งเชื้อแต่ละแผ่นทดสอบ บันทึกผล มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

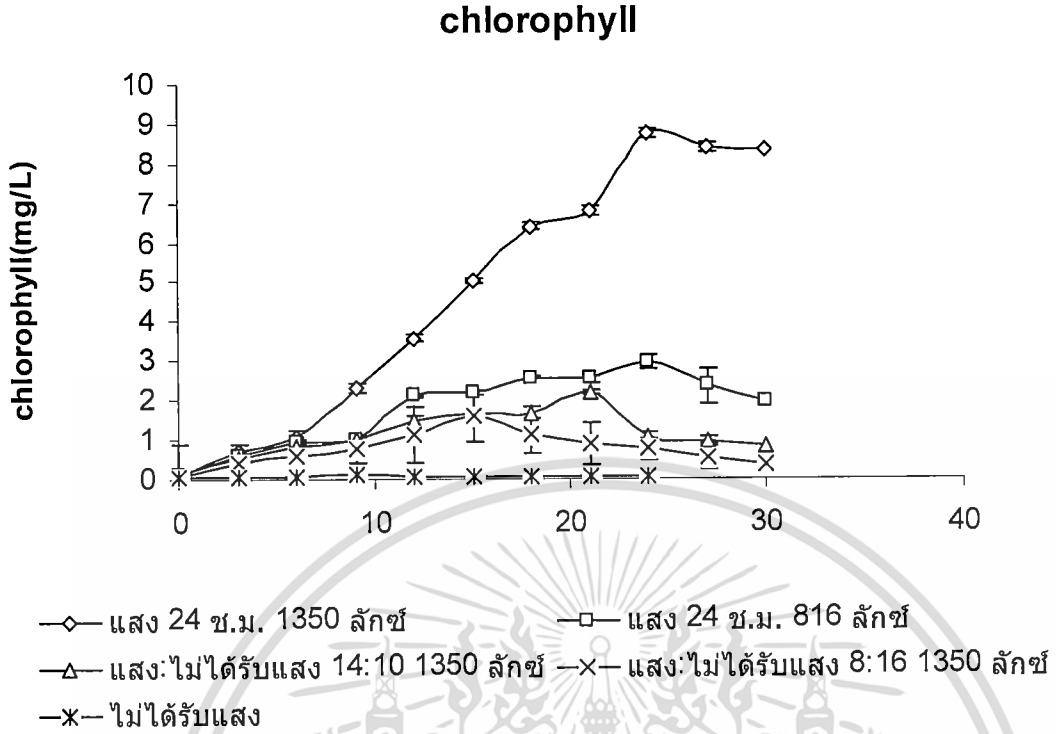
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของแสงต่อการเจริญเติบโต ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ โปรตีนและไฟโคไซยานินของสาหร่าย *Nostoc commune*

ปริมาณคลอโรฟิลล์

จากการทดลองวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ของสาหร่ายในกลุ่มการทดลองที่เลี้ยงภายใต้สภาวะแสงที่แตกต่างกันต่อวัน 5 กลุ่มการทดลอง คือ กลุ่มที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ กลุ่มที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 816 ลักซ์ กลุ่มที่ได้รับแสง 14 ชั่วโมง ไม่ได้รับแสง 10 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ กลุ่มที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงไม่ได้รับแสง 16 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ และกลุ่มที่ไม่ได้รับแสง ซึ่งวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์เมื่อเริ่มต้นการทดลอง และทุกๆ 3 วัน เป็นเวลา 30 วัน พบว่าแนวโน้มการเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ของกลุ่มที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งในวันที่ 24 ของการทดลองมีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.76±0.12 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 10) และเริ่มลดลงเล็กน้อยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่ามีปริมาณคลอโรฟิลล์เท่ากับ 8.35±0.12 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) กับกลุ่มการทดลองอื่นๆ (ตารางที่ 6) และพบว่าในกลุ่มที่ไม่ได้รับแสง ปริมาณคลอโรฟิลล์ไม่แตกต่างจากเริ่มต้นและสามารถหาปริมาณคลอโรฟิลล์ได้ถึงวันที่ 24 ของการทดลองซึ่งมีปริมาณคลอโรฟิลล์เท่ากับ 0.03±0.007 มิลลิกรัมต่อลิตร เพราะสาหร่ายตายในระยะเวลาต่อมา นอกจากนี้พบว่ากลุ่มที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 816 ลักซ์ กลุ่มที่ได้รับแสง 14 ชั่วโมงไม่ได้รับแสง 10 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ และกลุ่มที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงไม่ได้รับแสง 16 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ แนวโน้มของปริมาณคลอโรฟิลล์มีการเพิ่มขึ้นโดยในวันที่ 24 ,21 และ 15 ของการทดลองมีปริมาณคลอโรฟิลล์ที่มากที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.95±0.09, 2.20±0.17 และ 1.62±0.69 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณค่อยๆลดลงเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่ามีปริมาณคลอโรฟิลล์เท่ากับ1.98±0.42 , 0.81±0.07 และ 0.34±0.29 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 10 ปริมาณคลอโรฟิลล์จากสาหร่าย *N.commune*ที่เลี้ยงภายใต้สภาวะแสงที่แตกต่างกัน

คลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุสีเขียวซึ่งเป็นตัวสำคัญในการสังเคราะห์แสงคลอโรฟิลล์มีหลายชนิด ได้แก่ คลอโรฟิลล์เอ, บี, ซี, ดี และอี แต่คลอโรฟิลล์ในไซยาโนแบคทีเรีย เป็นคลอโรฟิลล์ชนิดเอเท่านั้นที่ทำหน้าที่ในการสังเคราะห์แสง ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่พบในสาหร่ายโดยทั่วไปปกติมีประมาณ 0.5-1.5 % ของน้ำหนักแห้ง และสามารถเพิ่มสูงได้ถึง 6% ในสาหร่ายที่เลี้ยงไว้ในที่มีแสงอ่อน ๆ อย่างต่อเนื่อง (สุมาลี, 2538) ดังนั้นแสงจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญโดยตรงนอกเหนือจากปริมาณสารอาหารต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย จากการทดลองจะเห็นว่ากลุ่มที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ มีปริมาณคลอโรฟิลล์ที่สูงที่สุดถึงวันที่ 24 แล้วค่อย ๆ ลดลงที่เป็นเช่นนี้เพราะในการทดลองในครั้งนี้ไม่ได้เพิ่มปริมาณสารอาหารอย่างต่อเนื่อง โดยที่สารอาหารที่ได้รับครั้งแรกเมื่อเริ่มการทดลองเท่านั้น นอกจากนี้เมื่อเซลล์เริ่มหนาแน่นการสังเคราะห์แสงอาจเป็นไปอย่างไม่ทั่วถึงและเซลล์บางส่วนอาจตายไป Trainor (1978) รายงานว่าแสงเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย ความเข้มแสงในน้ำขึ้นอยู่กับ สถานที่ ฤดูกาล เวลาในรอบวัน ระดับความลึกของน้ำ สี ความขุ่น และปริมาณเกลือแร่ที่ละลายอยู่ในน้ำ ดังนั้นการได้รับปริมาณแสงสูงหรือต่ำเกินไปมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย หรือทำให้เซลล์สาหร่ายได้รับความเสียหาย ดังนั้นสาหร่ายจะเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในสภาวะที่มีความเข้มแสงเหมาะสม

การทดลองครั้งนี้ซึ่งมีปริมาณคลอโรฟิลล์ที่วิเคราะห์ได้น้อยมากหรือเกือบไม่มีเลยเมื่อเลี้ยงสาหร่ายไปซักระยะหนึ่งซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Patricia et al (1996) ได้ทดลองศึกษาปริมาณของรงควัตถุในสาหร่าย *Nostoc sp.* ภายใต้ช่วงแสงในสภาวะที่แตกต่างกันดังนี้ กลุ่มที่ได้รับแสง 30 ไมโครไอสไตล์ต่อตารางเมตรต่อวินาที อย่างต่อเนื่อง กลุ่มที่ได้รับแสง14 ชั่วโมง ไม่ได้รับแสง 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่วโมง และกลุ่มที่ไม่ได้รับแสง พบว่าการเจริญเติบโตในที่มืดเมื่อถึงระยะหนึ่งไม่มีคลอโรฟิลล์เลย และกลุ่มที่ได้รับแสงอย่างต่อเนื่องมีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุด

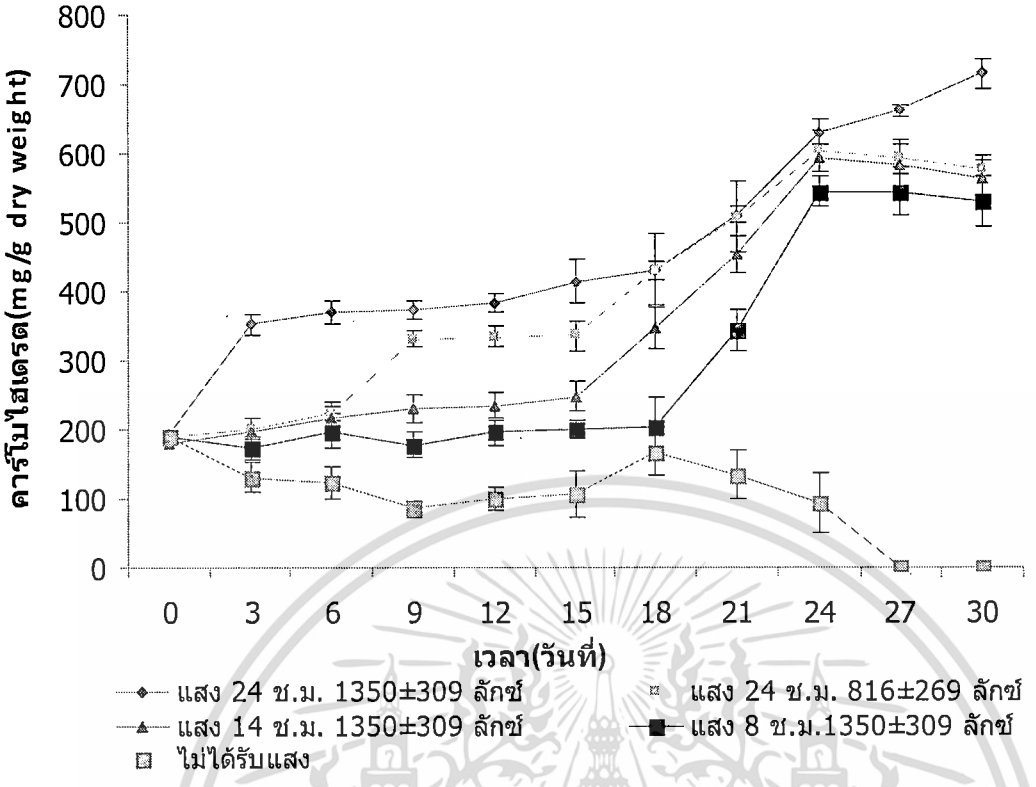
จากการศึกษาของ เจษฎา และคณะ (2538) สาหร่าย *Nostoc commune* ซึ่งจากการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการพบว่าสูตรอาหาร BG-11 ดัดแปลง โดยมีส่วนประกอบของ $K_2HPO_4.3H_2O$ 0.020 กรัม/ลิตร, $MgSO_4.7H2O$ 0.075กรัม/ลิตร, $CaCl_2$ 0.036 กรัม/ลิตร, กรดซิตริค 0.006 กรัม/ลิตร, เฟอริกแอมโมเนียมซิเตท 0.006 กรัม/ลิตร, EDTA 0.001 กรัม/ลิตร, Na_2CO_3 0.020 กรัม/ลิตร, NaCl 0.200 กรัม/ลิตร, ยูเรีย 0.200 กรัม/ลิตร, และTrace metal mix A5 ตามสูตรเดิม ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7.5 และค่าความเข้มแสงเท่ากับ 20 ไมโครไอสไตน์ต่อตารางเมตรต่อวินาที ส่งเสริมให้สาหร่าย *Nostoc commune* เจริญเติบโตได้ดี โดยที่มีชีวมวลเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 7.91 เท่าหลังจากทำการเพาะเลี้ยง 20 วัน

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (พอลิแซ็กคาไรด์)

1. ปริมาณคาร์โบไฮเดรตภายในเซลล์

จากการทดลองวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตภายในเซลล์สาหร่ายในกลุ่มการทดลองที่เลี้ยงภายใต้สภาวะแสงที่แตกต่างกันต่อวัน 5 กลุ่มการทดลอง คือ กลุ่มที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ กลุ่มที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 816 ลักซ์ กลุ่มที่ได้รับแสง 14 ชั่วโมงไม่ได้รับแสง 10 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ กลุ่มที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงไม่ได้รับแสง 16 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ และกลุ่มที่ไม่ได้รับแสง ซึ่งวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตเมื่อเริ่มต้นการทดลอง และทุกๆ 3 วัน เป็นเวลา 30 วันพบว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกกลุ่มการทดลอง ยกเว้นในกลุ่มทีไม่ได้รับแสงซึ่งแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณคาร์โบไฮเดรตใน 4 กลุ่มแรก เมื่อสิ้นสุดการทดลองการทดลองในกลุ่มที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากที่สุด (ภาพที่ 11) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) กับกลุ่มการทดลองอื่นๆ (ตารางที่ 6) สำหรับแนวโน้มปริมาณของคาร์โบไฮเดรตในกลุ่มที่ไม่ได้รับแสงค่อยๆลดลงอย่างต่อเนื่องจากวันที่เริ่มทำการทดลองและสามารถหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตได้ถึงวันที่ 24 ของการทดลองซึ่งมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 529.78±37.81มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง เพราะสาหร่ายตายในระยะเวลาต่อมา นอกจากนี้พบว่ากลุ่มที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 816±269 ลักซ์ กลุ่มที่ได้รับแสง 14 ที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350±309 ลักซ์ และกลุ่มที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350±309 ลักซ์ แนวโน้มของปริมาณคาร์โบไฮเดรตมีการเพิ่มขึ้นโดยในวันที่ 24 ของการทดลองมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่มากที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 593.01±21.49, 584.05±36.37 และ 544.56±34.29 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งสาหร่าย และลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่ามีปริมาณคาร์โบไฮเดรตซึ่งมีค่าเท่ากับ 577±11.21 , 561.87±35 และ 529.78±37.81 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งสาหร่าย ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 11 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตภายในเซลล์จากสาหร่าย *N.commune*ที่เลี้ยงภายใต้สภาวะแสงที่แตกต่างกัน

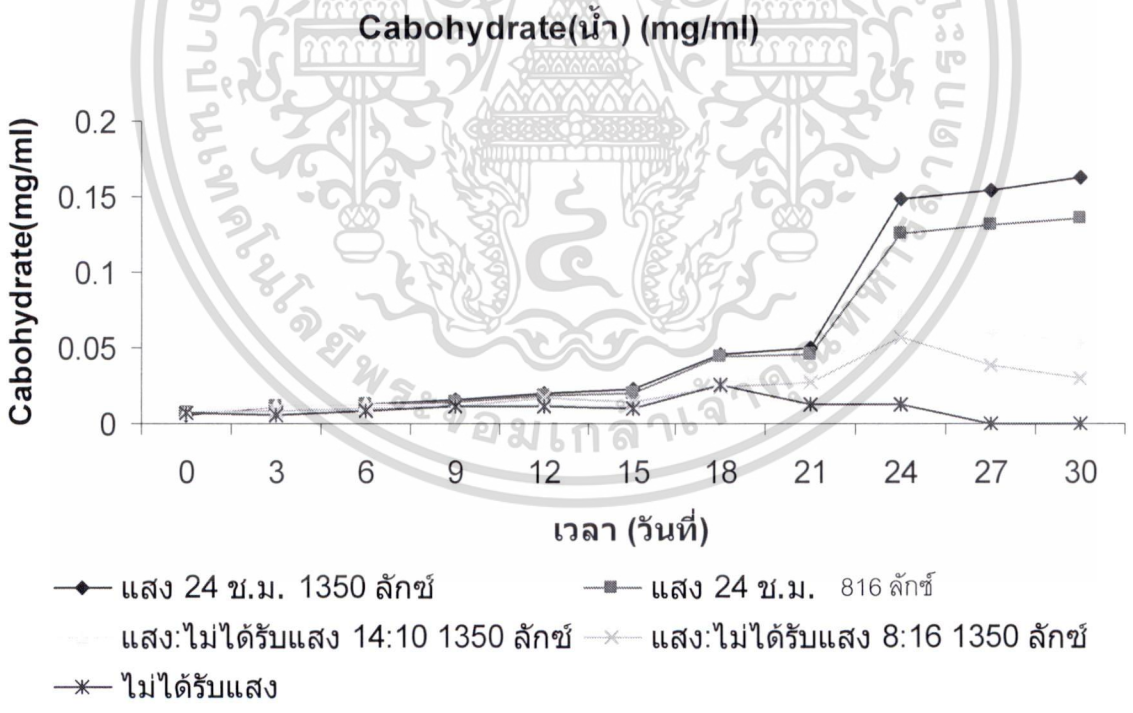
คาร์โบไฮเดรตเป็นผลผลิตที่ได้จากการสังเคราะห์แสงซึ่งเก็บเป็นอาหารสะสมในสาหร่ายดังนั้นแสงจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตส่งผลต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตเช่นกัน (ลัดดา, 2544) จากการทดลองจะเห็นว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มมากขึ้นเมื่อความเข้มแสงและช่วงที่ได้รับแสงมากขึ้น แต่เมื่อถึงระยะเวลาหนึ่งเซลล์อาจหนาแน่นเกินไปเวลบางส่วนอาจไม่ได้รับแสงและเซลล์บางส่วนตายไป

2. ปริมาณคาร์โบไฮเดรตภายนอกเซลล์

จากการทดลองวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตภายนอกเซลล์ของสาหร่ายในกลุ่มการทดลองที่เลี้ยงภายใต้สภาวะแสงที่แตกต่างต่อวัน 5 กลุ่มการทดลอง คือ กลุ่มที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ กลุ่มที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 816 ลักซ์ กลุ่มที่ได้รับแสง 14 ชั่วโมงไม่ได้รับแสง 10 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ กลุ่มที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงไม่ได้รับแสง 16 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ และกลุ่มที่ไม่ได้รับแสง ซึ่งวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตเมื่อเริ่มต้นการทดลอง และทุกๆ 3 วัน เป็นเวลา 30 วัน พบว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรตค่อยๆเพิ่มมากขึ้นและต่อเนื่องในทุกกลุ่มการทดลอง โดยที่กลุ่มที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ และกลุ่มที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 816 ลักซ์เมื่อถึงวันที่ 24 ของการทดลองมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดจากวันที่ 21 ของการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อสิ้นสุดการทดลองกลุ่มที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ0.16±0.003 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (ภาพที่ 12) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) กับกลุ่มการทดลองอื่นๆ (ตารางที่ 6) และกลุ่มที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 816 ลักซ์มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุดในวันที่สิ้นสุดการทดลองซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.14±0.003 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สำหรับกลุ่มที่ไม่ได้รับแสงมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุดในวันที่ 18 ของการทดลองซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.025±0.004 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อถึงวันที่ 21 ของการทดลองปริมาณคาร์โบไฮเดรตเริ่มลดลงและสามารถหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตได้ถึงวันที่ 24 ของการทดลองซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.012±0.003 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เพราะสาหร่ายตายในระยะเวลาต่อมา นอกจากนี้กลุ่มที่ได้รับแสง 14 ชั่วโมงไม่ได้รับแสง 10 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ และกลุ่มที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงไม่ได้รับแสง 16 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุดในวันที่ 24 ของการทดลองซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.07±0.003 และ 0.06± 0.001 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และค่อยๆลดลงเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 0.06±0.004 และ 0.03±0.003 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ



ภาพที่ 12 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตภายนอกเซลล์จากสาหร่าย *N.commune*ที่เลี้ยงภายใต้สภาวะแสงที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลผลิตจากการสังเคราะห์แสงของไซยาโนแบคทีเรีย (photosynthetic product) ได้แก่แป้ง cayanophycean starch เป็นเม็ดเล็กๆ กระจายอยู่ เรียกว่า cyanophycin granule (ลัดดา, 2544) จากการทดลองจะเห็นได้ว่าแสงเป็นปัจจัยสำคัญต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งในเซลล์และนอกเซลล์แม้ว่าในที่ไม่มีแสงปริมาณคาร์โบไฮเดรตภายนอกเซลล์มีการเพิ่มขึ้นในปริมาณเล็กน้อยเพราะมีการปลดปล่อยคาร์โบไฮเดรตออกสู่นอกเซลล์ก่อนเซลล์จะตายไป

Gantar et al (1995) ศึกษา *Nostoc* sp.2S9B ที่เลี้ยงในฟลาสก์ขนาด 10 ลิตร อายุ 30 วัน ให้ผลผลิตพอลิแซ็กคาไรด์ที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 1.40 มิลลิกรัมพอลิแซ็กคาไรด์ต่อลิตรต่อวัน Moore and Tischer (1964) ศึกษา *Nostoc* sp. ที่เลี้ยงในคอลัมน์ไพเร็กซ์ 2 ลิตร อายุ 12 วัน ให้ผลผลิตพอลิแซ็กคาไรด์ที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 34.60 มิลลิกรัมพอลิแซ็กคาไรด์ต่อลิตรต่อวัน แต่การศึกษาของ Mehta and Vaidya (1978) ได้ทดลองเลี้ยง *Nostoc* sp. 221 ในฟลาสก์ขนาด 0.25 ลิตร อายุ 20 วัน ให้ผลผลิตพอลิแซ็กคาไรด์ที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 45.4 มิลลิกรัมพอลิแซ็กคาไรด์ต่อลิตรต่อวัน

นารินทร์และคณะ (2549) ทำการทดลองโดยทำการเตรียมตัวอย่างสาหร่ายที่ได้จากแหล่งธรรมชาติ จากการเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง จากการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว จากส่วนเฉพาะของเหลวหนืดภายในกลุ่มเซลล์ และจากอาหารเพาะเลี้ยงเหลว นำมาสกัดสารพอลิแซ็กคาไรด์ด้วยเอทานอล น้ำร้อน และ EDTAจากผลการทดลองพบว่าส่วนใหญ่การใช้น้ำร้อนสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากตัวอย่างกลุ่มเซลล์จากธรรมชาติจากการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารแข็งและอาหารเหลว ให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์สูงกว่าการสกัดด้วยเอทานอลและ EDTA และพอลิแซ็กคาไรด์ที่ปล่อยออกนอกเซลล์ (EPS) บนอาหารแข็งพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายที่เก็บจากแหล่งธรรมชาติที่สกัดด้วยน้ำร้อนให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์สูงกว่าที่สกัดด้วยเอทานอลและ EDTA โดยให้ปริมาณเท่ากับ 12.18 10.40 และ 9.33 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้งสาหร่าย ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่านัยสำคัญเท่ากับ 0.05 พบว่า การสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ด้วยน้ำร้อน เอทานอล และ EDTA ไม่ให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จากการศึกษาปริมาณการผลิตพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่าย *Nostoc commune* โดยการเลี้ยงในอาหารสูตร Jaworsky แต่ปรับระดับของโซเดียมไนเตรต ($NaNO_3$) เลี้ยงแบบตั้งภาชนะไว้นิ่ง ๆ (static condition) และแบบเขย่าอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยง (shaker condition) พร้อมทั้งวัดปริมาณพอลิแซ็กคาร์ไรด์ *Nostoc commune* 24 วันถูกเขย่าในอาหารเลี้ยงนาน 24 วันความเข้มแสง 8,390 ลักซ์ หาน้ำหนักแห้ง ปริมาณพอลิแซ็กคาร์ไรด์ทั้งหมด และ เอกซ์ตราเซลลูลาร์พอลิแซ็กคาร์ไรด์อายุ 20 วัน น้ำหนักแห้งเซลล์ สูงสุด 300 มิลิกรัมต่อลิตร อายุ 18 วัน ผลิตพอลิแซ็กคาร์ไรด์ทั้งหมดสูงสุด 25.8 มก.ต่อลิตร และอายุ 15 วันผลิตเอกซ์ตราเซลลูลาร์พอลิแซ็กคาร์ไรด์สูงสุด 37.28 มิลลิกรัมต่อลิตร (สุมิตรา, 2546)

Ana and Massimo (2003) ศึกษาผลของ 2 ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการไหลเวียนของพลังงานในการตรึงไนโตรเจนของไซยาโนแบคทีเรียและความสามารถนำไนโตรเจนเข้ามาในเซลล์ต่อการสังเคราะห์พอลิแซ็กคาไรด์ภายนอกเซลล์ ของสาหร่าย *Nostoc* 3 จีนัส (PCC 7413, PCC 7936 และ PCC 8113) โดยเลี้ยงในสภาวะที่มีสารอาหารที่ประกอบด้วยสารประกอบไนโตรเจน และที่ไม่มีสารประกอบไนโตรเจนและเลี้ยงในที่ความเข้มแสงสูง (160 ไมโครโมลโฟตอนต่อตารางเมตรต่อวินาที)

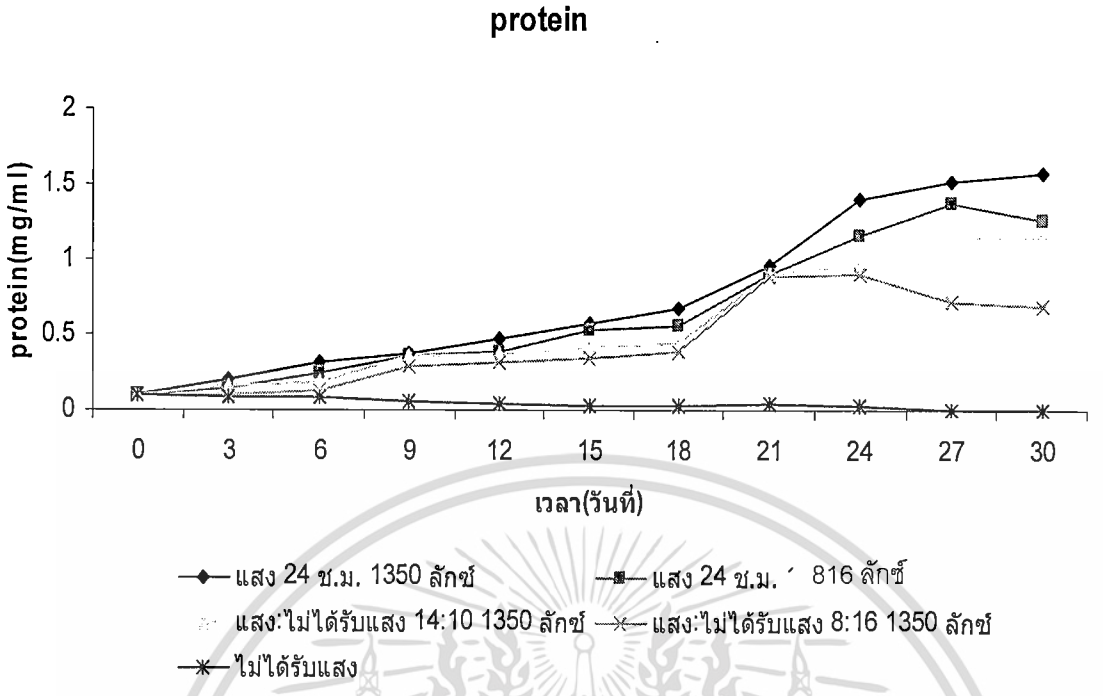
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และความเข้มแสงต่ำ (70 ไมโครโมลโฟตอนต่อตารางเมตรต่อวินาที) โดยเลี้ยงให้อากาศแบบ Batch culture ที่ความเข้มแสงสูงผลรวมของการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้นใน *Nostoc* ทั้ง 3 จีนัส แต่ผลรวมและปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำแสดงให้เห็นถึงแต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับผลตอบรับจากความสามารถของไนเตรท และพบว่าจีนัส PCC 7413 เป็นเพียงจีนัสเดียวที่มีการปลดปล่อยพอลิแซ็กคาไรด์ทั้งในอาหารที่มีไนโตรเจนและไม่มีไนโตรเจนซึ่งมีปริมาณผลรวมของคาร์โบไอเดรตภายในเซลล์สูงสุดเท่ากับ 3.5 กรัมต่อลิตร และผลรวมของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 1.8 กรัมต่อลิตร

ปริมาณโปรตีน

จากการทดลองวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนของสาหร่ายในกลุ่มการทดลองที่เลี้ยงภายใต้สภาวะแสงที่แตกต่างต่อวัน 5 กลุ่มการทดลอง คือ กลุ่มที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ กลุ่มที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 816 ลักซ์ กลุ่มที่ได้รับแสง 14 ชั่วโมงไม่ได้รับแสง 10 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ กลุ่มที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงไม่ได้รับแสง 16 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ และกลุ่มที่ไม่ได้รับแสง ซึ่งวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนเมื่อเริ่มต้นการทดลอง และทุกๆ 3 วัน เป็นเวลา 30 วัน พบว่า 4 กลุ่มการทดลองแรก มีปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและเมื่อสิ้นสุดการทดลอง กลุ่มที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ มีปริมาณโปรตีนมากที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.58±0.04 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (ภาพที่ 13) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) กับกลุ่มการทดลองอื่นๆ (ตารางที่ 6) และพบว่ากลุ่มที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 816 ลักซ์ และกลุ่มที่ได้รับแสง 14 ชั่วโมงไม่ได้รับแสง 10 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดในวันที่ 27 ของการทดลอง และกลุ่มที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงไม่ได้รับแสง 16 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดในวันที่ 24 ของการทดลองซึ่งมีค่าเท่ากับ1.38 ±0.004, 1.15±0.024 และ 0.90±0.027 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และปริมาณค่อยๆลดลงจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองซึ่งมีค่าเท่ากับมีค่าเท่ากับ 1.26± 0.083,1.145±0.018 และ 0.69±0.028 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ นอกจากนี้กลุ่มที่ไม่ได้รับแสงปริมาณโปรตีนลดลงอย่างต่อเนื่องจากเริ่มต้นการทดลองและสามารถหาปริมาณโปรตีนได้ถึงวันที่ 24 ของการทดลองซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.027± 0.006 ตายในในระยะเวลาต่อมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 13 ปริมาณโปรตีนจากสาหร่าย *N.commune* ที่เลี้ยงภายใต้สภาวะแสงที่แตกต่างกัน

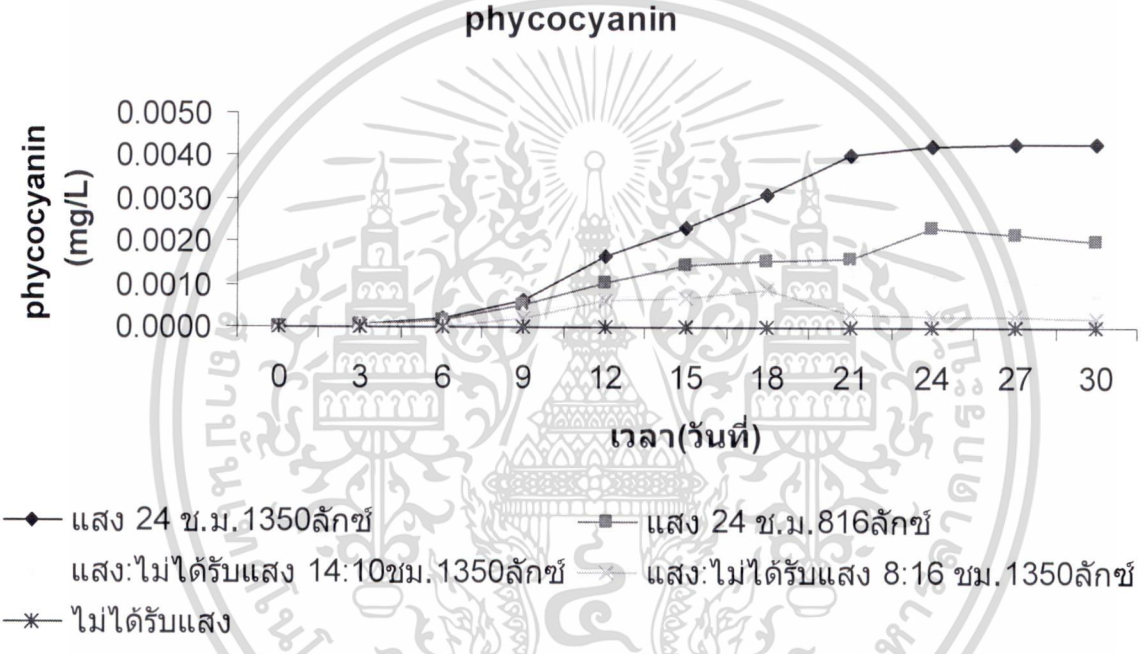
จากผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของสาหร่ายนอสตอคจากแหล่งต่าง ๆ ในประเทศไทย พบว่า สาหร่ายนอสตอคปริมาณ 100 กรัม มีโปรตีน 20.26-43.52% (อาภารัตน์ และคณะ, 2548) จากการทดลองจะเห็นว่าปริมาณโปรตีนเพิ่มมากขึ้นเมื่อความเข้มแสงและช่วงเวลาที่ได้รับแสงมากขึ้นด้วย Ana and Massimo (2003) กล่าวว่าการพัฒนาการประยุกใช้เทคโนโลยีชีวภาพของ exopolysaccharide (EPS)ของสาหร่ายขึ้นอยู่กับปัจจัยในการเลี้ยงซึ่งจะส่งผลต่อการควบคุมการสังเคราะห์ของ EPS และการกำหนดสภาวะการเลี้ยงเพื่อให้ได้ผลผลิตที่สูงที่สุด การเพิ่มขึ้นของความเข้มแสงส่งผลต่อการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตจะส่งผลปริมาณคลอโรฟิลล์และโปรตีนด้วย

ปริมาณไฟโคไซยานิน

จากการทดลองหาปริมาณไฟโคไซยานินของสาหร่ายในกลุ่มการทดลองที่เลี้ยงภายใต้สภาวะแสงที่แตกต่างกันต่อวัน 5 กลุ่มการทดลอง คือ กลุ่มที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ กลุ่มที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 816 ลักซ์ กลุ่มที่ได้รับแสง 14 ชั่วโมงไม่ได้รับแสง 10 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ กลุ่มที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงไม่ได้รับแสง 16 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ และกลุ่มที่ไม่ได้รับแสง ซึ่งวิเคราะห์หาปริมาณไฟโคไซยานินเมื่อเริ่มต้นการทดลอง และทุกๆ 3 วัน เป็นเวลา 30 วัน พบว่าแนวโน้มของปริมาณไฟโคไซยานินค่อยเพิ่มมากขึ้นทุกกลุ่มการทดลองยกเว้นกลุ่มที่ไม่ได้รับแสง โดยกลุ่มที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ มีปริมาณไฟโคไซยานินสูงที่สุดในวันที่ 27 ของการทดลองซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0043 ±0.0001 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 14) และลดลงเมื่อสิ้นสุดการทดลองซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.00426±0.0001 มิลลิกรัมต่อลิตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) กับกลุ่มการทดลองอื่นๆ (ตารางที่ 6)

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับกลุ่มที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 816 ลักซ์ กลุ่มที่ได้รับแสง 14 ชั่วโมงไม่ได้รับแสง 10 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ และกลุ่มที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงไม่ได้รับแสง 16 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ มีปริมาณไฟโคไซยานินสูงที่สุดในวันที่ 24, 21 และ 18 ของการทดลองซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0023±0.0001 ,0.0014 ±0.0002 และ 0.0009±0.0001 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่อยๆ ลดลงเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.0020±0.0001 ,0.0008±0.0001 และ 0.0002±0.0001 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ นอกจากนี้กลุ่มที่ไม่ได้รับแสงมีการสังเคราะห์ไฟโคไซยานินน้อยมาก หรือถือว่าไม่มีการสังเคราะห์เลย



ภาพที่ 14 ปริมาณไฟโคไซยานินจากสาหร่าย *N.commune* ที่เลี้ยงภายใต้สภาวะแสงที่แตกต่างกัน

จากการทดลองจะเห็นว่าปริมาณของไฟโคไซยานินจะเพิ่มปริมาณมากขึ้นเมื่อได้รับแสงและช่วงที่ได้รับแสงมากขึ้น แต่เมื่อถึงระยะเวลาหนึ่งจะเริ่มลดลง ซึ่ง Sarada et al (1999) กล่าวว่าความสามารถในการสร้างรงควัตถุจะขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมในการเจริญ ทั้งความเข้มแสง ชนิด และปริมาณสารอาหารรวมทั้งอุณหภูมิ ซึ่งจากการทดลอง Myers and Kratz (1990) พบว่า ไฟโคไซยานินจะมีปริมาณมากขึ้นเมื่อได้รับแสงจำกัด นอกจากนี้ในไซยาโนแบคทีเรีย ไฟโคไซยานินยังเป็นแหล่งสะสมไนโตรเจน ซึ่งจะทำหน้าที่ให้ธาตุไนโตรเจนแก่เซลล์สาหร่ายในยามที่ขาดแคลนธาตุอาหารไนโตรเจน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Dryby (2001) กล่าวว่าจากการที่ไฟโคไซยานินทำหน้าที่เป็นรงควัตถุประกอบ ทำให้ไฟโคไซยานินมีปริมาณลดลง เมื่อความเข้มแสงและช่วงเวลาที่ได้รับแสงเพิ่มขึ้น

Ana and Massimo (2003) ได้ศึกษาผลของ 2 ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการไหลเวียนของพลังงานในการตรึงไนโตรเจนของไซยาโนแบคทีเรียและความสามารถนำไนโตรเจนเข้ามาในเซลล์ต่อการ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สังเคราะห์พอลิแซ็กคาไรด์ภายนอกเซลล์ ของสาหร่าย *Nostoc* 3 จีนัส (PCC 7413, PCC 7936 และ PCC 8113) โดยเลี้ยงในสภาวะที่มีสารอาหารที่ประกอบด้วยสาประกอบไนโตรเจน และที่ไม่มีสารประกอบไนโตรเจนและเลี้ยงในที่ความเข้มแสงสูง (160 ไมโครโมลโฟตอนต่อตารางเมตรต่อวินาที) และความเข้มแสงต่ำ (70 ไมโครโมลโฟตอนต่อตารางเมตรต่อวินาที) โดยเลี้ยงให้อาการศแบบ Batch culture การเจริญเติบโตของรงควัตถุทั้งคลอโรฟิลล์ ไฟโคไซยานิน และไฟโคอิริทริน แสดงให้เห็นถึงแต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับผลตอบรับจากความสามารถของไนเตรท คือที่มีความเข้มแสงสูงและในอาหารที่มีไนเตรทจะมีรงควัตถุมากกว่าที่เลี้ยงในอาหารที่มีแสงต่ำและในอาหารที่ไม่มีไนเตรท

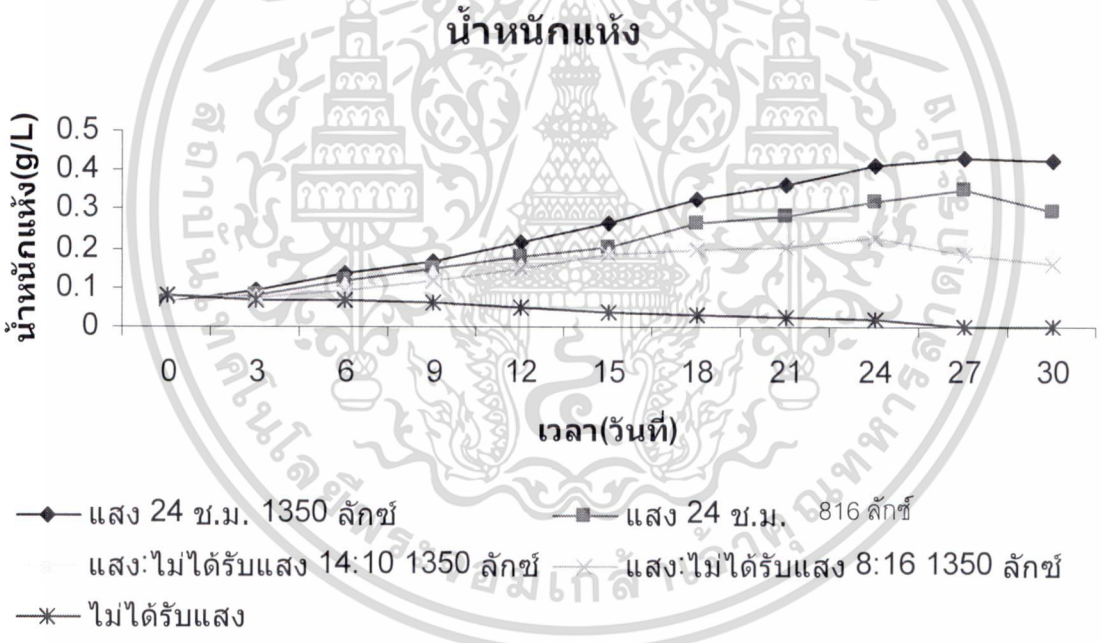
ราเชนทร์ และ คณะ (2550) ศึกษาความแตกต่างของสาหร่ายเกลียวทอง 10 สายพันธุ์จากสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่*Spirulina platensis* (SP1 SP4 SP6 SP13 SP21 ATT SA4 SA5 และ Burma1) และ *Spirulina maxima* เพื่อคัดสายพันธุ์ที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้สกัดไฟโคไซยานิน โดยศึกษาลักษณะทั่วไปของเซลล์สาหร่าย ปริมาณไฟโคไซยานินทั้งหมด และความสามารถในการสกัดได้ด้วยวิธีการแช่เยือกแข็ง (freeze-thawed) และวิธีใช้คลื่นอัลตราโซนิค โดยเลี้ยงสาหร่ายในห้องปฏิบัติการด้วยอาหารเหลว Zarrouk เป็นเวลา 7 วัน พบว่า ความหนาของผนังเซลล์มีขนาดระหว่าง 46.80 – 164.80นาโนเมตร ความยาวของเซลล์มีขนาดระหว่าง 192.10 – 321.19 ไมโครเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของเกลียวมีขนาดระหว่าง21.00 – 39.92 ไมโครเมตร ระยะช่วงเกลียวมีขนาดระหว่าง 28.94 – 90.39 ไมโครเมตร และความหนาของเซลล์มีขนาดระหว่าง 8.49 – 12.28 ไมโครเมตร ทุกสายพันธุ์มีอัตราการเจริญเติมโตไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ปริมาณไฟโคไซยานินทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยที่ SA5 SP6 Burma1 และ SP1 มีปริมาณไฟโคไซยานินทั้งหมดสูงที่สุด (ร้อยละ 16.58 16.05 15.98 และ 15.98 ของน้ำหนักสาหร่ายแห้งตามลำดับ) ส่วน SA4 มีปริมาณไฟโคไซยานินทั้งหมดต่ำที่สุดในกลุ่ม (ร้อยละ 12.94 ของน้ำหนักสาหร่ายแห้ง) ความสามารถในการสกัดไฟโคไซยานินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยพบว่าการสกัดด้วยวิธีแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส SP13 Burma1 SP1 ATT SA4 และ SA5 เป็นสายพันธุ์ที่สกัดได้ง่ายที่สุด ในขณะที่ SP21 สกัดได้ยากที่สุด ส่วนการสกัดโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิค SP13 สกัดได้ง่ายที่สุด ในขณะที่ SP21 สกัดได้ยากที่สุด

น้ำหนักแห้ง

จากการหาปริมาณน้ำหนักแห้งของสาหร่ายในกลุ่มการทดลองที่เลี้ยงภายใต้สภาวะแสงที่แตกต่างกันต่อวัน 5 กลุ่มการทดลอง คือ กลุ่มที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ กลุ่มที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 816 ลักซ์ กลุ่มที่ได้รับแสง 14 ชั่วโมงไม่ได้รับแสง 10 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ กลุ่มที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงไม่ได้รับแสง 16 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ และกลุ่มที่ไม่ได้รับแสงตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งวิเคราะห์หาปริมาณน้ำหนักแห้งเมื่อเริ่มต้นการทดลอง และทุก ๆ 3 วัน เป็นเวลา 30 วัน พบว่าแนวโน้มปริมาณน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นในทุกกลุ่มการทดลอง ยกเว้นกลุ่มที่ไม่ได้รับแสง โดยกลุ่มที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ และกลุ่มที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 816 ลักซ์ มีน้ำหนักแห้งสูงที่สุดในวันที่ 27

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของการทดลองโดยที่กลุ่มที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์มีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 0.43±0.008 กรัมต่อลิตร (ภาพที่ 15) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 0.42±0.012 กรัมต่อลิตรและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) กับกลุ่มการทดลองอื่นๆ (ตารางที่ 6) และกลุ่มที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 816 ลักซ์ มีน้ำหนักแห้งสูงที่สุดเท่ากับ 0.35±0.01 กรัมต่อลิตรและลดลงเมื่อสิ้นสุดการทดลองซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.29±0.05 กรัมต่อลิตร สำหรับกลุ่มที่ได้รับแสง 14 ชั่วโมงไม่ได้รับแสง 10 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ และกลุ่มที่ได้รับแสง 8 ชั่วโมงไม่ได้รับแสง 16 ชั่วโมงที่ความเข้มแสงเฉลี่ย 1350 ลักซ์ มีน้ำหนักแห้งสูงที่สุดในวันที่ 21 และ 24 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.24 ±0.02 และ 0.23±0.01 กรัมต่อลิตรและค่อยๆลดลงเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีน้ำหนักแห้งซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.20 ±0.02 และ 0.16±0.01 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ นอกจากนี้กลุ่มที่ไม่ได้รับแสงมีน้ำหนักแห้งลดลงอย่างต่อเนื่องจากเริ่มต้นการทดลองและสามารถหาปริมาณน้ำหนักแห้งได้ถึงวันที่ 24 ของการทดลองซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.02±0.005 กรัมต่อลิตรและตายในระยะเวลาต่อมา



ภาพที่ 15 ปริมาณน้ำหนักแห้งจากสาหร่าย *N.commune* ที่เลี้ยงภายใต้สภาวะแสงที่แตกต่างกัน

จากการศึกษาของ สุมิตรา (2546) ศึกษาปริมาณการผลิตโพลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่าย *Nostoc commune* โดยการเลี้ยงในอาหารสูตร Jaworsky แต่ปรับระดับของโซเดียมไนเตรต ($NaNO_3$) เลี้ยงแบบตั้งภาชนะไว้นิ่ง ๆ (static condition) และแบบเขย่าอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยง (shaker condition) พร้อมทั้งวัดปริมาณพอลิแซ็กคาร์ไรด์ *Nostoc commune* 24 วันถูกเขย่าในอาหารเลี้ยงนาน 24 วัน ความเข้มแสง 8,390 ลักซ์ หาน้ำหนักแห้ง และ เอกซ์ตราเซลลูลาร์พอลิแซ็กคาร์ไรด์อายุ 20 วัน พบว่า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักแห้งเซลล์สูงสุด 3 กรัมต่อลิตร จากการทดลองครั้งนี้จะเห็นว่าความเข้มแสงที่ใช้ในการทดลองเพียง1350 ลักซ์และ 816 ลักซ์เท่านั้นจึงมีปริมาณของน้ำหนักแห้งที่สูงที่สุดเท่ากับ0.43±0.008 กรัมต่อลิตรในกลุ่มที่ได้รับแสงตลอด 24 ชั่วโมงที่ความเข้มแสง 1350 ลักซ์ จะเห็นว่าปริมาณของน้ำหนักแห้งแตกต่างจากการศึกษาของ สุมิตรา (2546) อย่างมากเพราะความเข้มแสงที่ใช้แตกต่างกันมากและจำนวนวันที่เก็บเซลล์ของการทดลองในครั้งนี้ที่ได้ปริมาณมากที่สุดแตกต่างกันถึง 7 วัน จะเห็นได้ว่าความเข้มแสงและช่วงของเวลาที่ได้รับแสงส่งผลต่อปริมาณของเซลล์สาหร่าย

ตารางที่ 6 ปริมาณคลอโรฟิลล์ คาร์โบไฮเดรตภายในและภายนอกเซลล์ โปรตีน ไฟโคไซยานิน และน้ำหนักแห้งของ *N.commune* ภายใต้การเลี้ยงที่สภาวะแสงแตกต่างกันเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 30 วัน (เฉลี่ย±SE)

	สภาวะแสงที่แตกต่างกันในการเลี้ยงสาหร่าย *N.commune*				
	แสง 24 ชม. 1350 ลักซ์	แสง 24 ชม. 816 ลักซ์	แสง 14 ชม. 1350 ลักซ์	แสง 8 ชม. 1350 ลักซ์	ไม่ได้รับแสง
คลอโรฟิลล์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	8.35±0.12d	1.98±0.42c	0.81±0.07b	0.34±0.29b	0.03±0.007a (วันที่ 24)
คาร์โบไฮเดรตภายในเซลล์ (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	0.30±0.006e	0.20±0.004d	0.12±0.005c	0.11±0.006b	0.0003±0.0014a (วันที่ 24)
คาร์โบไฮเดรตภายนอกเซลล์ (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	0.16±0.003e	0.14±0.003d	0.06±0.004c	0.03±0.003b	0.012±0.003a (วันที่ 24)
โปรตีน (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	1.58± 0.04a	1.26± 0.083b	1.145± 0.018c	0.69±0. 028d	0.027± 0.006e (วันที่ 24)
ไฟโคไซยาน์นิน (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	0.00426± 0.0001c	0.0020± 0.0001b	0.0008± 0.0001a	0.0002± 0.0001a	-
น้ำหนักแห้ง (กรัมต่อลิตร)	0.42±0.012d	0.29±0.05c	0.20 ±0.02 c	0.16±0.01b	0.02±0.005a (วันที่ 24)

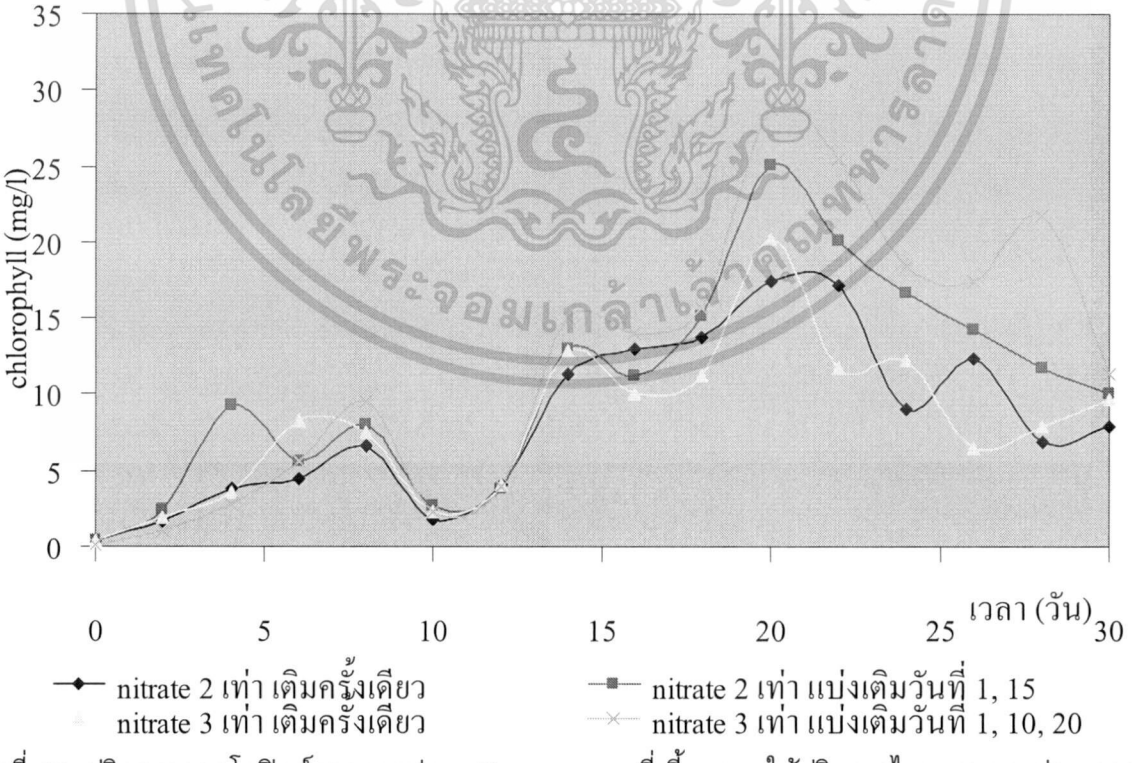
หมายเหตุ ตัวอักษรในแถวแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกัน คือมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของปริมาณไนเตรทต่อไฟโคไซยานิน คาร์โบไฮเดรต และโปรตีน

จากการทดลองเลี้ยงสาหร่าย *N. commune* ภายใต้การได้รับปริมาณไนเตรทที่แตกต่างกัน โดยเลี้ยงภายใต้สูตรอาหาร BG 11 ปกติ และผันแปรปริมาณโซเดียมไนเตรท จากสูตรอาหารเป็น 2 เท่า และ 3 เท่า โดยแบ่งช่วงเวลาการเติมโซเดียมไนเตรทเป็นสองแบบ โดยการเพิ่มไนเตรทเป็น 2 เท่า จะเติมไนเตรททั้งหมด ในวันแรกที่ทำการเลี้ยง ส่วนอีกแบบคือแบ่งไนเตรทเป็นสองส่วน เติมครึ่งหนึ่งในวันแรกที่เลี้ยง อีกครึ่งหนึ่งในวันที่ 15 ของการเลี้ยง ส่วนการเพิ่มไนเตรทเป็นสามเท่า แบบแรกคือเติมไนเตรทที่เพิ่มขึ้นทั้งหมดในวันแรกของการเลี้ยง แบบที่สองคือแบ่งไนเตรทเป็นสามส่วนเท่า ๆ กัน และเติมในวันแรก วันที่ 20 และวันที่ 30 ของการเลี้ยง

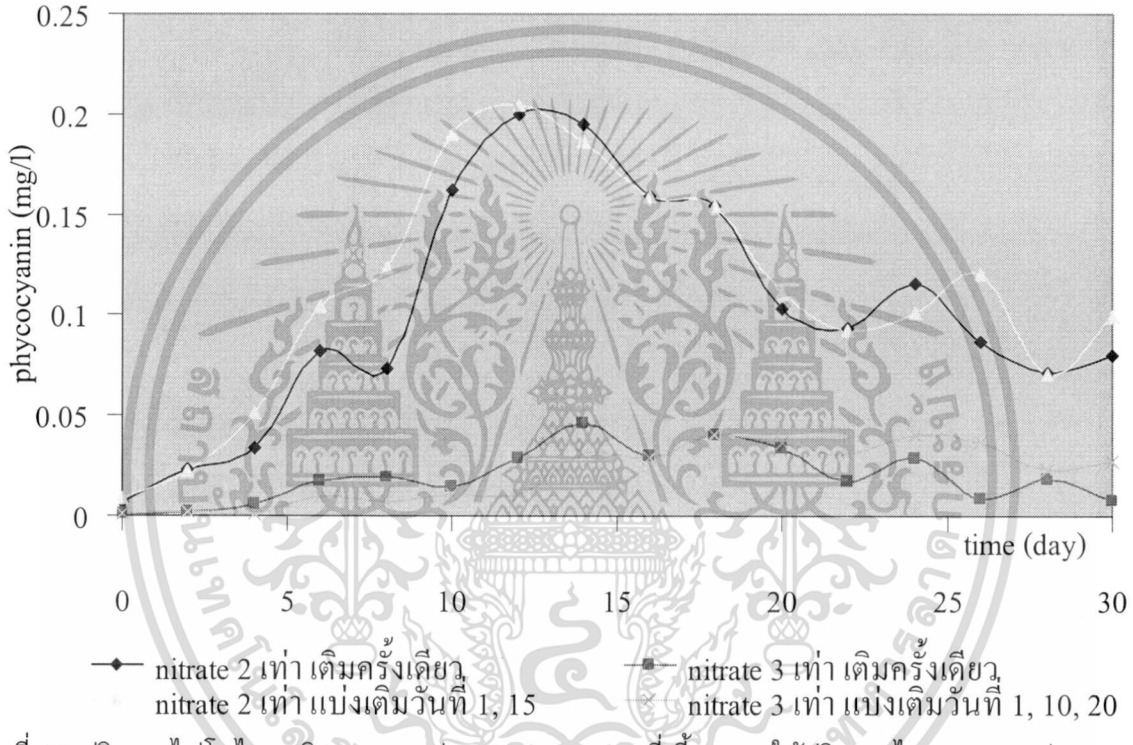
ผลพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์มีการผันแปรสูงมากในทุกการเลี้ยง โดยการเลี้ยงแบบเติมไนเตรท 3 เท่า โดยแบ่งเติมในวันที่ 1, 10, และ 20 ให้ปริมาณคลอโรฟิลล์สูงที่สุด โดยการผันแปรของปริมาณคลอโรฟิลล์ มีสาเหตุมาจากลักษณะโคโลนีของสาหร่าย *N. commune* ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นขนาดใหญ่ การเก็บตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์จะทำให้เก็บได้ทั้งโคโลนีที่เต็ม และขาด หรืออาจได้ปริมาณโคโลนีไม่เท่ากัน จึงทำให้ข้อมูลค่อนข้างผันแปรสูง (ภาพที่ 16)



ภาพที่ 16 ปริมาณคลอโรฟิลล์จากสาหร่าย *N.commune* ที่เลี้ยงภายใต้ปริมาณไนเตรทและช่วงเวลาการเติมไนเตรทที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

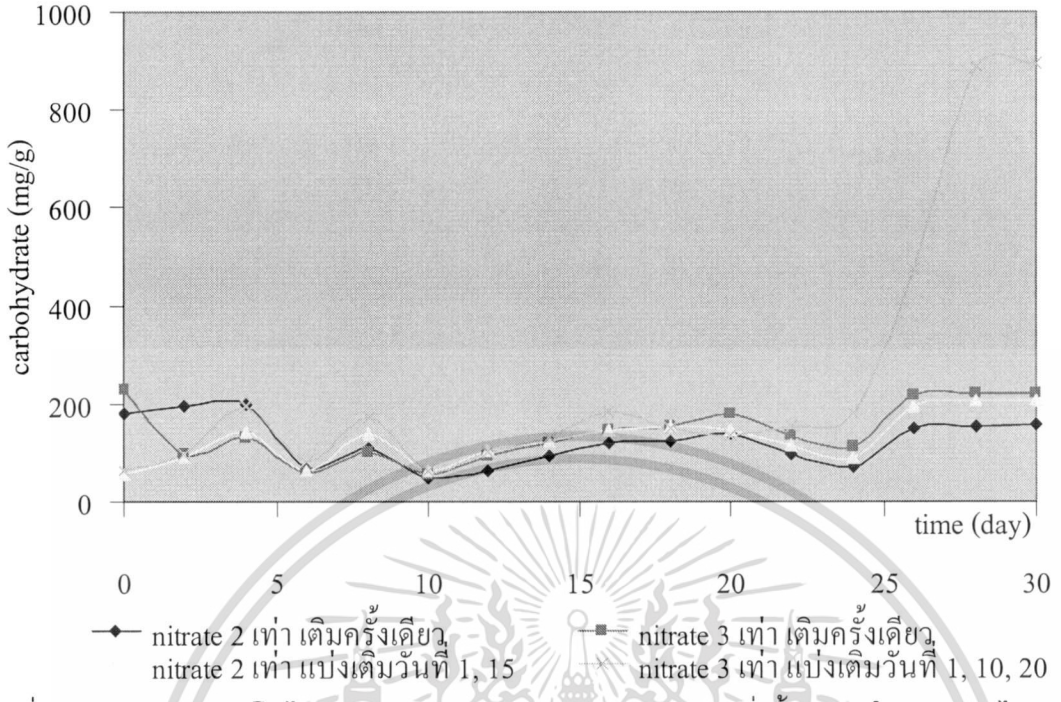
ปริมาณไฟโคไซยานินพบว่า *N. commune* ที่ได้รับไนเตรทเพิ่มเป็น 2 เท่า มีปริมาณสูงที่สุด โดยการเติมครั้งเดียวจะให้ผลที่ต่ำกว่าการแบ่งเติมสองครั้งในช่วง 15 วันแรก หลังจากนั้นมีปริมาณไฟโคไซยานินที่ใกล้เคียงกัน ปริมาณไนเตรทที่เพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้ไฟโคไซยานินต่ำลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปริมาณไนโตรเจนที่มีมากเกินไปหรือมีมากเกินพอ จึงทำให้สาหร่ายไม่มีการสร้างไฟโคไซยานินมาเพื่อสะสม (ภาพที่ 17)



ภาพที่ 17 ปริมาณไฟโคไซยานินจากสาหร่าย *N.commune* ที่เลี้ยงภายใต้ปริมาณไนเตรทและช่วงเวลาการเติมไนเตรทที่แตกต่างกัน

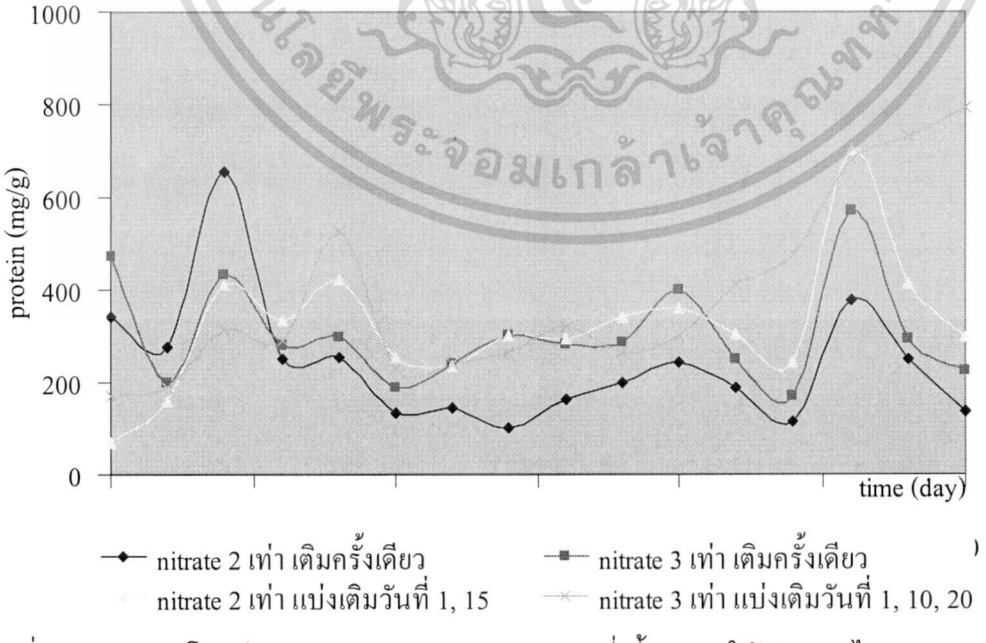
ปริมาณคาร์โบไฮเดรตมีความใกล้เคียงกันในทุกระดับของไนเตรท และทุกวิธีการเติมไนเตรทในช่วง 25 วันแรก หลังจากนั้นพบว่าการเติมไนเตรท 3 เท่า โดยแบ่งการเติมเป็น 3 ช่วงนั้น ทำให้ *N. commune* มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงมากที่สุด แตกต่างจากชุดการทดลองอื่น ๆ (ภาพที่ 18)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 18 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตจากสาหร่าย *N.commune* ที่เลี้ยงภายใต้ปริมาณไนเตรทและช่วงเวลาการเติมไนเตรทที่แตกต่างกัน

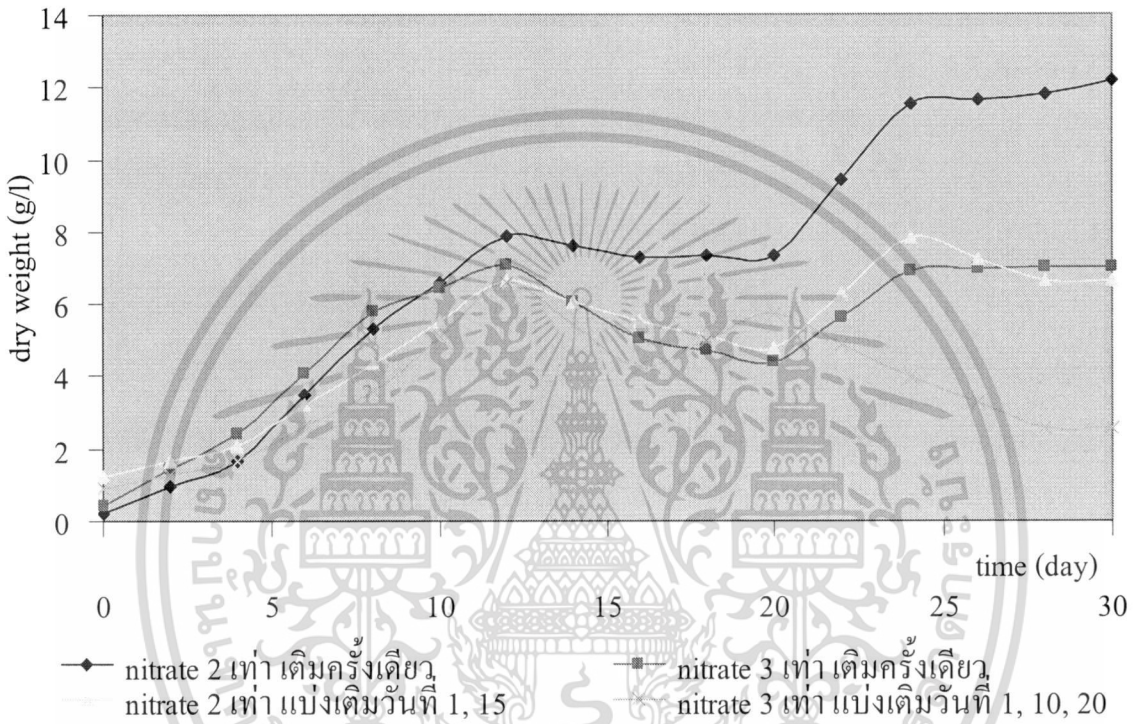
โปรตีนของ *N. commune* มีความผันแปรสูงมากเช่นเดียวกับปริมาณคลอโรฟิลล์ ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะโคโลนีของสาหร่ายนั่นเอง แต่โดยรวมแล้วพบว่าสาหร่ายที่ได้รับ ไนเตรท 3 เท่า และแบ่งการเติมเป็น 3 ช่วง มีโปรตีนมากที่สุด (ภาพที่ 19)



ภาพที่ 19 ปริมาณโปรตีนจากสาหร่าย *N.commune* ที่เลี้ยงภายใต้ปริมาณไนเตรทและช่วงเวลาการเติมไนเตรทที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักแห้งของ *N. commune* ที่เลี้ยงภายใต้การได้รับไนเตรทที่แตกต่างกัน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดการเลี้ยง โดยการได้รับไนเตรททุกระดับมีค่าใกล้เคียงกันในช่วง 12 วันแรก ของการเลี้ยง หลังจากนั้นพบว่าสาหร่ายที่ได้รับไนเตรท 2 เท่า และมีการเติมเพียงครั้งเดียวมีค่าน้ำหนักแห้งสูงที่สุด ส่วนไนเตรทสามเท่า มีการเติม 3 ช่วง กลับมีค่าน้ำหนักแห้งต่ำที่สุด (ภาพที่ 20)



ภาพที่ 20 ปริมาณน้ำหนักแห้งของสาหร่าย *N.commune* ที่เลี้ยงภายใต้ปริมาณไนเตรทและช่วงเวลาการเติมไนเตรทที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจาก *Nostoc commune* ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 7 จากตารางจะเห็นได้ว่าสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) และสารสกัดไขมันหยาบ (crude lipid) จาก *Nostoc commune* แสดงการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียเพียงชนิดเดียว คือ *Streptococcus agalactiae* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมบวก สารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์แสดงบริเวณยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. agalactiae* ดังภาพที่ 21 มากที่สุดที่ความเข้มข้น 50 กรัมต่อลิตร คือ 14.67±0.19 มิลลิเมตรและบริเวณยับยั้งเชื้อแบคทีเรียน้อยที่สุดที่ความเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร คือ 10.67±0.19 มิลลิเมตร สารสกัดไขมันหยาบบริเวณยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. agalactiae* (ภาพที่ 22) มากที่สุดความเข้มข้น 50 กรัมต่อลิตร คือ 21.67±0.69 มิลลิเมตร และบริเวณยับยั้งเชื้อที่น้อยที่สุดที่ความเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร คือ 14.67±1.02 มิลลิเมตร ในส่วนของแบคทีเรียชนิดอื่นที่ทดสอบ คือ *Aeromonas hydrophila*, *Vibrio alginolyticus*, *Pseudomonas* sp. และ *Pseudomonas fluorescens* เป็นแบคทีเรียแกรมลบทั้งหมด ไม่แสดงบริเวณการยับยั้ง (ภาพที่ 23) รายงานของ Issa (1999) จากตารางที่ 8 พบว่าบริเวณการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของ *Oscillatoria angustissima* และ *Calothrix parietina* แสดงการยับยั้งอย่างชัดเจนกับเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกคือ *Bacillus cereus* และ *Staphyllococcus aureus* โดยปรากฏบริเวณการยับยั้งเส้นผ่าศูนย์กลาง 11-15 มิลลิเมตร บริเวณการยับยั้งของแบคทีเรียแกรมบวกมากกว่าแบคทีเรียแกรมลบคือ *Escherichia coli* และ *Pseudomonas aeruginosa* โดยปรากฏบริเวณการยับยั้งเส้นผ่าศูนย์กลาง 6-10 มิลลิเมตร ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองครั้งนี้ที่สกัดสารจาก *Nostoc commune* ทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก *Streptococcus agalactiae* และสอดคล้องกับผลของ Kreitlow et al. (1999) รายงานว่าสารสกัดด้วย Dichlormethane, Methanol, Hexane, Ethylacetate และน้ำ จาก *Anabaena* sp. 7120, *Osillatoria tenuis* 03, *Oscillatoria rubescens* 016, *Anabaena solitaria* AS, *Oscillatoria* sp. 022, *Limnothrix* sp. 051 และ *Nodularia* sp. ไม่แสดงบริเวณการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ ในตารางที่ 9 แสดงสารสกัดที่ละลายในน้ำและละลายในไขมันที่สกัดมาจากไซยาโนแบคทีเรียที่แตกต่างกันมีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแกรมบวกอย่างน้อย 1 ชนิดโดยใช้เชื้อแบคทีเรียแกรมบวก 3 ชนิดมาทดสอบ ได้แก่ *Micrococcus flavus*, *Staphylococcus aureus* และ *Bacillus subtilis* จะเห็นได้ว่า *M. flavus* มีความว่องไวต่อสารสกัดมากที่สุด เนื่องจากสารสกัดเกือบทุกชนิดที่ทดสอบสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตได้ สกัดด้วย dichlormethane จาก *Oscillatoria* sp. แสดงกิจกรรมต่อต้านการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ได้มากที่สุด ตารางที่ 10 แสดงปริมาณสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่ใช้ในการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 แสดงความสามารถของการต่อต้านเชื้อแบคทีเรียแต่ละชนิด ในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกันของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย (average±S.E.)

ความเข้มข้นของไซยาโนแบคทีเรียที่ใช้ในการทดสอบ(กรัมต่อลิตร)	ความสามารถในการต่อต้านเชื้อแบคทีเรียแต่ละชนิด (เส้นผ่าศูนย์กลางหน่วยเป็นมิลลิเมตร)				
1.ความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ *N. commune*	*S. agalactiae*	*P. fluorescent*	*P Pseudomonas* sp.	*A. hydrophila*	*V. alginolyticus*
0	0[a]	-	-	-	-
10	10.67±0.19[b]	-	-	-	-
20	11.67±0.19[bc]	-	-	-	-
30	12.67±0.19[cd]	-	-	-	-
40	13.67±0.19[de]	-	-	-	-
50	14.67±0.19[e]	-	-	-	-
2.ความเข้มข้นของไขมันหยาบ *N. commune*					
0	0[a]	-	-	-	-
10	14.67±1.02[b]	-	-	-	-
20	17.00±0.88[bc]	-	-	-	-
30	19.00±0.88[cd]	-	-	-	-
40	20.00±0.88[de]	-	-	-	-
50	21.67±0.96[e]	-	-	-	-
3. ความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์					
Gloeocapsa sp.					
40	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-
Calothrix parietina					
30	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกัน คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 กิจกรรมต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ของ *Oscillatoria angustissima* และ *Calothrix parietina* ทดสอบสิ่งมีชีวิตความเข้มข้นของแผ่นยา 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

	Activity[a]	
Strain tested	*Oscillatoria anguntissima*	*Calothrix parietina*
Bacteria		
Bacillus cereus(+)	+++	+++
Staphylococcus aureus(+)	+++	+++
Escherichia coli(-)	++	++
Pseudomonas aeruginosa(-)	++	++

[a]++ หมายถึงบริเวณการยับยั้งมีความกว้าง 6-10 มิลลิเมตร และ +++ หมายถึงบริเวณการยับยั้งมีความกว้าง 11-15 มิลลิเมตร

ที่มา : Issa (1999)

ตารางที่ 9 แสดงกิจกรรมของสารสกัดที่ชอบไขมันและชอบน้ำจากไซยาโนแบคทีเรียที่ต่างชนิดกันที่ความเข้มข้นของแผ่นยา 2 มิลลิกรัม

		Zone of inhibition(in mm diameter)		
Cyanobacteria	Extract	*S. aureus*	*B. subtilis*	*M. flavus*
	Dichlormethane	++	+	-
Osicalloria tenuis 03	Methanol	++	-	++
O. rubescens 016	Methanol	+++	++	++
Anabaena sp. 7120	Hexane	-	-	++
A. solitaria AS	Hexane	-	+	++
Oscillatoria sp. 022	Dichlormethane	+++	++	++
Limnothrix sp. 051	Hexane	++	++	++
	Ethylacetate	-	++	+++
Waterbloom 97-8	Water	-	-	++

[a] — หมายถึง ไม่มีบริเวณการยับยั้ง, + หมายถึงบริเวณการยับยั้งน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร, ++ หมายถึงบริเวณการยับยั้งมีความกว้าง 1-8 มิลลิเมตร และ +++ หมายถึงบริเวณการยับยั้งมีความกว้างมากกว่า 8 มิลลิเมตร

ที่มา : Kreitlow *et al.* (1999)

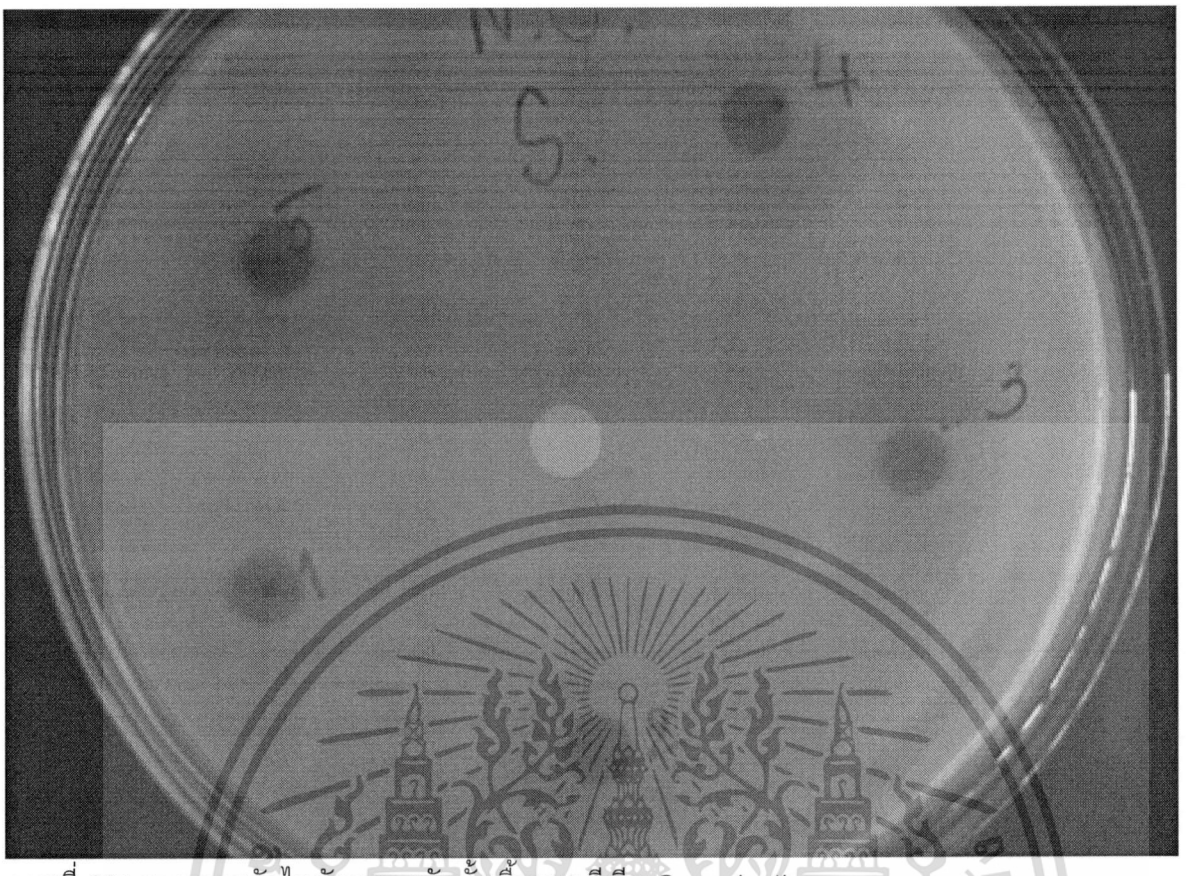
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 แสดงปริมาณสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรียที่ใช้ในการทดสอบ

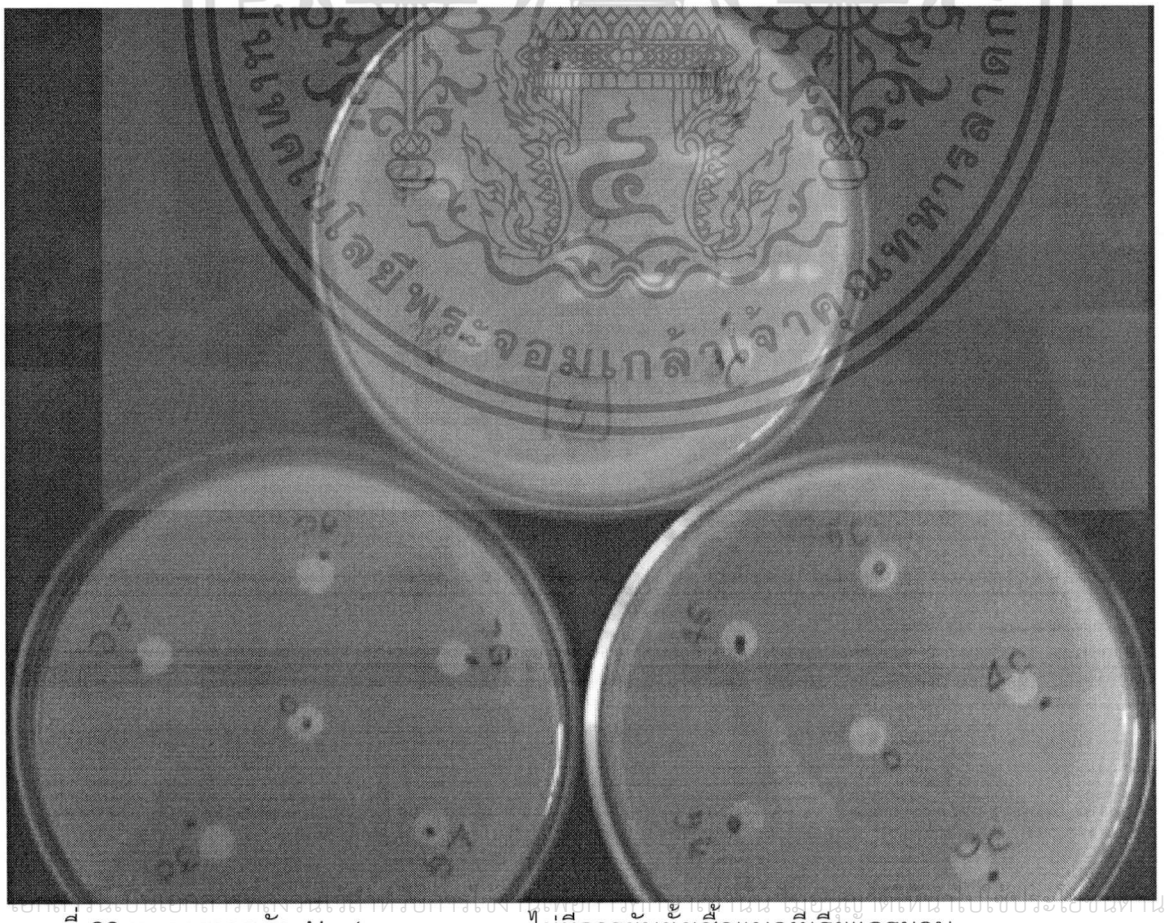
ครั้งที่	สาหร่าย	น้ำหนักอบแห้ง (กรัม)	น้ำหนักพอลิแซ็กคาไรด์ (กรัม)	น้ำหนักไขมันหยาบ (กรัม)
1	*N. commune*	45	4.29	5.50
2	*N. commune*	18	0.18	0.53
3	*N. commune*	9	-	0.50
	Gloeocapsa sp.	-	0.50	-
	Calothrix parietina	-	0.50	-

ภาพที่ 21 แสดงสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. agalactiae*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 22แสดงสารสกัดไขมันหยาบยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. agalactiae*



ภาพที่ 23 แสดงสารสกัด *Nostoc commune* ไม่มีการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ไม่วากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการยับยั้งเชื้ออื่น ๆ

การทดสอบการออกฤทธิ์ของสารสกัดไขมันจากสาหร่าย *N. commune* และ *Gloeocapsa gelatinosa* ในการยับยังเชื้ออื่น ๆ ได้แก่

	N. commune	*Gloeocapsa gelatinosa*
การทดสอบฤทธิ์ต้านมะเร็ง KB (human mouth carcinoma)	Inactive (% inhibition < 50%)	Inactive (% inhibition < 50%)
การทดสอบฤทธิ์ต้านมะเร็ง mcf7 (breast cancer)	Inactive (% inhibition < 50%)	Inactive (% inhibition < 50%)
การทดสอบฤทธิ์ต้านมะเร็ง NCI-H187 (small cell lung cancer)	Inactive (% inhibition < 50%)	Inactive (% inhibition < 50%)
การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อยีสต์ (CANDIDA ALBICANS)	Inactive (IC_{50} >50 μg/ml)	Inactive (IC_{50} >50 μg/ml)
การทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ VERO (cytotoxicity against vero cell)	Non cytotoxic(cell growth > 50%)	Cytotoxic (cell growth $\leq$ 50%)
การทดสอบฤทธิ์ต้านไวรัสก่อโรคเริมชนิดที่ปาก (ANTI-HERPES SIMPLEX VIRUS TYPE 1)	Inactive (% viral inhibition < 25%)	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

การศึกษาปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ โปรตีนและไฟโคไซยานินของสาหร่าย *Nostoc commune* ภายใต้สภาวะแสงที่แตกต่างกันพบว่า *Nostoc commune* ที่เลี้ยงภายใต้การได้รับแสง 1350±309 ลักซ์ 24 ชั่วโมง มีปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ โปรตีน และ ไฟโคไซยานิน สูงที่สุด ส่วนการเลี้ยง *N. commune* ภายใต้การได้รับปริมาณไนเตรทที่แตกต่างกัน ผลพบว่า *Nostoc commune* ที่เลี้ยงภายใต้การได้รับไนเตรท 3 เท่า แบ่งการเติมเป็น 3 ครั้ง มีปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์และโปรตีนสูงที่สุด และสาหร่ายที่เลี้ยงภายใต้การได้รับไนเตรท 2 เท่า แบ่งการเติมเป็น 2 ครั้ง มีการสร้างไฟโคไซยานินสูงที่สุด

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากสาหร่าย *Nostoc commune* สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. agalactiae* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมบวก และสารสกัดไขมันหยาบยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. agalactiae* ได้ดีกว่าสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

Ahuja, P., Gupta, R. and Saxena, R.K. 1997. *Oscillatoria anguistissima*: A promising Cu^{2+} biosorbent. *Current Microbiology*. 35(1997): 151-154.

Bender, J., Washington, J.R., Graves, B., Phillip, P. and Abotsib. 1994. Deposit of Zinc and Manganese in an aqueous environment mediated by microbial mats. Water Air and Soil Pollution. 75(3-4):195-204.

Boonme, S., Kaewroonkurn, S., Yongmanitchai, P. 1991. Cultivation of *Spirulina* sp. 5 in carbonated beverage industrial waste. Proceedings: Research Seminar and Workshop on Mass Culture of Microalgae, November 18-23, 1991. Faculty of Science, Silpakorn University, nakorn Pathom, Thailand, UNESCO, p. PT1-PT6.

Borowitzka, M.A. and L.J. Borowitzka. 1989. Micro-Algae Biotechnology. Cambridge University Press, Melbourne. 477 p.

Chatterjee S., Asthana R.K. Tripathi A.K. and Singh S.P. 1995. Metal removal by selected sorbents. Process Biochemistry. 31(5): 457-462.

Chen, J.P., Chen, W.R., and Hsu, R.C. 1996. Biosorption of copper from aqueous solution by plant root tissue. *J. Ferment. Bioeng.*, 81,458.

Chiras, D.D. 1994. Environmental Science, Action for a sustainable future. The Benjamin cummings Publishing Company, Inc., California. 611 pp.

Cho, D.U., Lee, S.T., Park, S.W., Chung, A.A. 1994. Studies on the biosorption of heavy metals onto "*Chlorella vulgaris. J. Environ. Sci. Health.* 29, 389.

Daniel, S., M.Andreas, C. Zsuzsa, H.F. Fritz and P. Clemens. 2001. The adsorption Kinetics of metal ions onto different microalgae and siliceous earth. Water Research. 35(3):779-785.

De Philippis, R., C. Faraloni, M.C. Margheri, C. Sili, M. Herdman and M. Vincenzini. 2000. Morphological and biochemical characterization of the exocellular investments of polysaccharide-producing Nostoc from the Pasteur Culture Collection. World J. Microbiol & Biotechnol. 16: 655-661.

Desikachary, T.V. 1959. Cyanophyta. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi. 686 pp.

Dryby M, Westergaard N and Stapelfeldt H. Light and heat sensitivity of red cabbage extract in soft drink model systems. Food Chemistry 2001 ; 72 : 431-437.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fehrmann, C., Pohl, P. 1993. Cadmium adsorption by the non-living biomass of microalgae grown in axenic mass culture. *J.Appl. Phycol.* 5, 555.

Fischer, D., U.G. Schlosser and P. Pohl. 1997. Exopolysaccharide production by yanobacteria grown in closed photobioreactors and innobilized using white cotton towelling. J. Appl. Phycol. 9: 205-213.

Flaibani, A., Y. Olsen and T.J. Painter. 1989. Polysaccharides in desert reclamation: compositions of exocellular proteoglycan complexes produced by filamentous blue-green and unicellular green edaphic algae. Carbohydr. Res. 190: 235-8.

Gantar, M., P. Rowell, N.W. Kerby and I.W. Sutherland. 1995. Role of extracellular polysaccharide in the colonization of wheat (Triticum vulgare L.) roots by N-fixing cyanobacteria. Biol. Fertil. Soils. 19: 41-48.

Gastafson, K.R., Sowder,R.C., Henderson, L.E., Cardellina, J.H., McMahon, J.B., Rajamani, U., Pannell, L.K. and Boyd, M.R. 1997. Isolation, Primary Sequence Determination, and Disulfide Bond Structure of Cyanovirin-N, and Anti-HIV (Human Immunodeficiency Virus) Protein from the Cyanobacterium *Nostoc ellipsossporum*. Biochemical and Biophysical research. 238:223-228.

Hammouda, O., Gaber, A. and Abdel, R.N. 1995. Microalgae and wastewater treatment. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 31:205-210.

Hayakawa, Y., T. Hayashi, H. Kyoko, T. Ozawa, K. Niiya, and N. Sakuragawa. 1997. Calcium spirulan as an inducer of tissue-type plasminogen activator in human fetal lung fibroblasts. Biochimica et Biophysica Acta. 1355: 241-247.

Herrera, A., S. Boussiba, V. Napoleone and A. Hohlberg. 1989. Recovery of c-phycocyanin from cyanobacterium *Spirulina maxima*. J. Appl. Phycol.1:325-331.

Hori, K., G. Ishibashi and T. Okita. 1994. Hypocholesterolemic effect of blue-green alga, ishikurage (Nostoc commune) in rats fed atherogenic diet. Plant Foods Hum. Nutr. 45: 63-70.

Huang, Z., Y. Liu, B.S. Paulsen and D. Klaveness. 1998. Studies on polysaccharides from three edible species of Nostoc (cyanobacteria) with different colony morphologies: comparison of monosaccharide compositions and viscosities of polysaccharides from field colonies and suspension cultures. J. Phycol. 34: 962-968.

Inha, R.P., H.D. Kumar, A. Kumar and D-P. H?der. 1995. Effects of UV-B irradiation on growth, survival, pigmentation and nitrogen metabolism enzymes in cyanobacteria. Acta Protozool. 34: 187-92.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Inthorn, D. 2001. Removal of Heavy metal by using microalgae *In* Photosynthetic Microorganisms in Environmental Biotechnology. Springer-Verlag Hong Kong Ltd, Hong-Kong. p. 111-136.

Issa, A.A. 1999. Antibiotic production by cyanobacteria *Oscillatoria angustissima* and *Calothrix parietina*. Environment Toxicology and Pharmacology. 8: 33-37.

Jackson A.R.W. and Julie M. Jackson. 1996. Environmental Science : The natural environment and human impact. Longman Singapore Publishers Ltd, Singapore. 370 pp.

Kaji, T., Y. Fujiwara, Y. Inomata, C. Hamada, C. Yamamoto, S. Shimada, J.B. Lee, and T. Hayashi. 2002. Repair of wounded monolayers of cultured bovine aortic endothelial cells is inhibited by calcium spirulan, a novel sulfated polysaccharide isolated from *Spirulina platensis*. Life Sciences. 70: 1841-1848.

Kajiyama S., Kanzaki H., Kawazu K., and Kobayashi A. 1998. Nostofungicidine, an antifungal lipopeptide from the field-grown terrestrial blue-green alga *Nostoc commune*. Tetrahedron Letter 39:3737-3740.

Kaplan, D., A. E. Richmond, Z. Dubinsky and S. Aaronson. 1986. Algal nutrition, pp.147-198. In A. Richmond(ed.). CRC Handbook of Microalgae Mass Culture. CRC Press,

Kirk R.G., Raymond C.S., Louis E.H., John H.C., James B. M., Umamaheswari R., Lewis K,P. and Michael R.B. 1997. Isolation, Primary sequence determination and disulfide bond structure of Cyanovirin-N, and Anti-HIV (Human Immunodefieiency Virus) Protein from the Cyanobacterium *Nostoc ellipsosporum*. Biochemical and Biophysical research 238(1997):223-228.

Kreitlow, S., S. Mundtoyd and U. lindequist. 1999. Cyanobacteria-a potential source of new biologically actived substances. Journal of Biotechnology. 70: 61-63.

Kumar, H. 1994. Studies in biofiltration efficiency of cyanobacteria *Oscillatoria annae* towards industrial and sewage water treatment. Fresenius Environmental Bulletin. 3(4):195-200.

Latcha, T. 1990. Carotenoid in animal nutrition. F. Hoffmann-La Roche Ltd., Seitzerland, 110 p.

Lembi, C.A. and J.B. Waaland. 1988. Algae and Human Affairs. Cambridge University Press, New York. 590 p.

Les, A. and Walker, R.W. 1984. Toxicity and binding of Cu, Zn and Cd by blue-green algae, *Chroococcus paris. Water Air Soil Pollut*. 23(1984):129-139.

Li, D.M. and Y.Z. Qi. 1997. *Spirulina* industry in China : Present status and future prospects. J. Appli. Phycol. 9 : 25-28.

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lund, H.C. and J.W.G. Lund. 1995. Freshwater Algae their Microscopic World Explored. Biopress Limited, England. pp. 234-237.

Mahakhant, A., Klungsupya, P., Arunpairojana, V., Sano, T., Watanave, M.M., Kaya, K. and Atthasampunna, P. 1998. Toxicity of cyanobacteria blooms in Thailand. Final report, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, project no. 39-02, 48 p.

Mallick, N. and Rai, L.C. 1994. Removal of inorganic ions from wastewater by immobilized microalgae. *W.J. Microbiol. Biotechnol.* 10(1994):439-443.

Manoharan,C. and G. Subramanian. 1993. Feasibility studies on using cyanobacteria in ossein effluent treatment. Indiana Journal of Environmental Health. 35(2):88-96

Mundt, S., S. Kreitlow, A. Nowotny, and U. Effmert. 2001. Biochemical and pharmacological investigations of selected cyanobacteria. Internation Journal of Hygiene and Environment Health. 203: 327-334.

Nagase, H., Inthorn, D., Isaji, Y., Oda, A., Hirata, K., and Miyamoto, K. 1997. Selective cadmium removal from hard water using NaOH-treated cells of the cyanobacterium. *Tolypothrix tenius. J. Ferment. Bioeng.* 84(1997):151.

Patricia A., Austin I., Stuart R. and John D.M. 1996. Regulation of pigment content and enzyme activity in the cyanobacterium *Nostoc* sp. Mac grown in continuous light , alight-dark photoperiod, or darkness. Biochimica et Biophysica Acta 1277:141-149.

Peterson, H.G. and N. Nyholm. 1993. Algal Bioassays for Metal Toxicity Identification. Water Poll. Res. J. Canada. 28(1):129-153.

Proulx, D. and De la Noue, J. 1998. Biological tertiary treatment of urban wastewaters by chitosan immobilized *Phormidium* sp. *Microbial. Biotechnol.* 29(1998):292-297.

Raven, R.H., Berg, L.R. and Johnson, G.B. 1993. Environment. Saunders College Publishing, New York. 569 pp.

Reis A., Mendes A., Lobo-Fernandes H., Empis J.A. and Maggiolly N.J. 1998. Production, extraction and purification of phycobiliproteins from *Nostoc* sp. Bioresource Technology. 66:181-187.

Santillan, C. 1982. Mass production of *Spirulina*. Experientia 38: 40-43.

Shuttleworth, K.L., Unz, R.F. 1993. Sorption of heavy metals to the filamentous bacterium *Thiothrix* strain A1. *Appl. Environ. Microviol.* 59, 1274.

Sindermann, C.J. 1996. Ocean Pollution Effects on Living Resources and Humans. CRC. Press, London. 275 pp.

Singh, S., Pradhan, S. and Rai, L.D. 1998. Comparative asssessment of Fe^{3+} and Cu^{2+} biosorption by field and laboratory-grown *Microcystis*. *Process Biochemistry*. 33(1998): 495-504.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sinha, R.P. and D-P. Hder. 1996. Photobiology and ecophysiology of rice field cyanobacteria. Photochem. Photobiol. 64: 887-96.

Stanier, R.Y., Kunisawa, R., Mandel, M. and Cohen, B.G. 1971. Purification and properties of unicellular blue green algae (Order Chroococcales). *Bacteriological Reviews*. 35(1971):171-205.

Suvapepun, S. 1988. Occurrence of Red Tide in the Gulf of Thailand. In Okaichi, T., D.M. Anderson, T. Nemoto (eds) Red Tide Biology, Environment Science and Toxicology, Elsevier, New York, pp. 41-44.

Svircev Z., Tamas I.; Nenin P. and Drobac A. 1997. Co-cultivation of N-fixing cyanobacteria and some agriculturally important plants in liquid and sand cultures. Applied Soil Ecology 6: 301-308.

Takenaka H., Yamaguchi Y., sakaki S., Watarai K., Tanaka N., Hori M., Seki H., Tsuchida M., Yamada A., Nishimori T., and Morinaga T. 1998. Safety evaluation of *Nostoc flagelliforme* (nostcales, Cyanophyceae) as a potential food. Food and Chemical Toxicology 36: 1073-1077.

Tansakul, P. and antasilp, A. 1991. Cultivation of Spirulina sp. In effluent from natural rubber- procssing factory Proceedings: Research Seminar and workshop on Mass Culture of Microalgae,Novemer 18-23, 1991, Facly of Scinc, Silpakorn iversit, akorn Patom, Thailand.

Tantichareon, M., Bunnag, B. and Vonshak, A. 1993. Cultivation of Spirulina using secondary treated starch wastewater. Australasina Biotechnology 3:223-226.

Tchernov A.A., Minkova K.M., Houbavenska N.B. and Kovacheva N.G. 1999. Purification of phycobiliproteins from *Nostoc* sp. by aminohexyl-sepharose chromatography. Journal of Biotechnology 69: 69-73.

Terauchi N., Ohatani T., Yamanaka K., Tsufi T,. Sudou T.I and Ito K. 1995. Studies on a biological filter for musty odor removal in drinking water treatment processes. *Water Science and Technology*. 31(1995): 229-235.

Venkataraman, L.V. 1986. Blue-green algae as biofertilizer. Pp. 455-472. In : CRC Handbook of microalgal mass culture. Richmond, A. (ed.). CRC Press, Inc., Florida.

Volesky, B., May-Phillips, H.A. 1995. Biosorption of heavy metals *by Saccharomyces cerevisiae. Appl. Microbiol. Biotechnol*. 42,797.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Volk, R. and F.H. Furkert. 2006. Antialgal, antibacterial and antifungal activity of two metabolites produced and excreted by cyanobacteria during growth. Microbiological Research. 161: 180-186.

Wang, W., Gorsuch, J.W. and Hughes, J.S.. 1997. Plants for Environmental Studies : Laboratory bioasssays with microalgae. Lewis Publishers, New York. p. 226-276.

Wilde, E.W. ane Benemann, J.R. 1993. Bioremoval of heavy metals by the use of microalgae. *Biotech. Adv.* 11(1993):781-812.

www.mahasarakham.go.th/basic45/menu37-5.html

www.nakhonsithammarat.go.th/parmong.php

www.oae.go.th/research/month.htm

www2.doae.go.th//www/work/web/kannlka/pate1.html

Zheng, W., C.Chen, Q. Cheng, Y. Wang, and C. Chu. 2006. Oral administration of exopolysaccharide from *Aphanothece halophytica* (Chroococcales) significantly inhibits influenza virus (H1N1)-induced pneumonia in mice. International Immunopharmacology. 6: 1093-1099.

เจษฎา ทิพยะสุขศรี, อุษา กลิ่นหอม, มยุรี ตั้งธนานุวัฒน์ และอาภารัตน์ มหาขันธ์. 2546. การศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของสาหร่ายเห็ดลาบ (*Nostoc commune*). ใน รายงานการประชุมวิชาการสาหร่ายและแพลงก์ตอนแห่งชาติ ครั้งที่ 1 หน้า 15.

เพ็ญจันทร์ วงศ์ทวีสุข, มรกต ตันติเจริญ, อนุรักษ์ ปิติรักษ์สกุล, ศักรินทร์ ภูมิรัตน, โสพส สุวรรณยืน, บุษยา บุนนาค และนฤมล จียโชค. 2534. การใช้น้ำทิ้งโรงงานแป้งมันสำปะหลังเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองในระดับอุตสาหกรรม วทท. 17, บทความที่ F-28, หน้า 716-717.

กรมควบคุมมลพิษ. 2540. บันทึกสีน้ำตาล รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย. กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพ. หน้า 1-36.

กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์. 2527. สาหร่าย. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 343 หน้า.

จารุวรรณ สมศิริ, มุกดา อุตรพงศ์. 2533. การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมาใช้เลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง. รายงานการสัมนาวิชาการประจำปี 2533. กรมประมง, หน้า 253-256.

จีระพรรณ สุขศรีงาม. 2536. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองในของเสียจากอุตสาหกรรมพื้นบ้าน. รายงานการวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 165 หน้า.

จีระพรรณ สุขศรีงาม, สนอง จอมเกาะ และเสน่จิต กิตตินานนท์. 2540. แนวทางการเพิ่มผลผลิตสาหร่ายเกลียวทองที่เพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีน. รายงานการวิจัยคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 68 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นฤมล ศุภจรรยา, บุษยา บุนนาค และ พิสมัย ภูวิสินสิทธิ์. 2528. การสำรวจสาหร่ายเกลียวทอง (สไปรูไลนา) ในบ่อน้ำทิ้งโรงงานแป้งมันสำปะหลัง วารสารวิจัยและพัฒนา สจ.ธ. 8(2): 20-32.

นันทริกา ชันซื่อ. 2539. แบคทีเรียวิทยาในปลา. คณะสัตว์แพทยศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. หน้า 38-69

นารินทร์ จันทร์สว่าง, สุขใจ ชูจันทร์, และอาภารัตน์ มหาขันธ์. 2548. น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวในพอลิแซ็กคาไรด์ที่ผลิตจากสาหร่ายเห็ดลาบ. บทคัดย่อการประชุมวิชาการสาหร่ายและแพลงก์ตอนแห่งชาติครั้งที่ 2.

บญจวรรณ ชีวปรีชา. 2543. การศึกษาไซยาโนแบคทีเรียและสาหร่ายสีเขียวในป่าดิบแล้งสถานีวิจัยสัตว์ป่าเขานางรำเขตรักษาพันธ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 10 น.

บุปผา แช่มประเสริฐ. 2527. ผลกระทบของแคดเมียมในแอคติเวตเตดสลัดจ์ที่มีต่อพืชผักและธาตุอาหารพืชบางชนิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

ปฐมสุดา สำเร็จ. 2549. ใยอาหารจากป่าคูณลำพัน. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 196 ถนนพหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

ปภาศิริ ศรีโสภาภรณ์. 2538. โรคและพยาธิของสัตว์น้ำ. ภาควิชาวาริชศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี. 190 น.

พเยาว์ เหมือนวงศ์ญาติ. 2525. สีธรรมชาติและสีสังเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 3. บริษัทสวิตาการพิมพ์ จำกัด, หน้าที่ 9-13

พงษ์เทพ ฟองสมุทร์ และ อดิเรก เต็มกันทา. 2539. การศึกษาวิธีการกวนที่เหมาะสมในบ่อสาหร่าย *Spirulina platensis* ที่ใช้น้ำเสียจากการผลิตกระดาษสา รายงานการวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 44 หน้า.

พรสวัสดิ์ มหาโชคเลิศวัฒนา. 2529. การกำจัดตะกั่วในน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่โดยวิธีตกตะกอนทางเคมี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพ.

พวงพร โชติไกร. 2537. จุลชีววิทยาของอาหารและนม . พิมพ์ครั้งที่7. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 344 น.

พิมพรรณ ตันสกุล และ อารักษ์ จันทศิลป์. 2531. การเพาะเลี้ยง *Spirulina* sp. ในบ่อน้ำทิ้งจากโรงงานยางพารา วารสารสงขลานครินทร์ 10(2):149-155; เมษายน- มิถุนายน 2531.

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2549. สาหร่ายวิทยา. ภาควิชาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 546 น.

รุ่งนภา พิทักษ์ตันสกุล. 2543. ความหลากหลายของสาหร่ายน้ำจืดในแหล่งยูโทรฟิคและสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรีย .วิทยานิพนธ์ปริญญาโท กรุงเทพฯ

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2543. คู่มือการเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .133 หน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบัติ สิริพันธ์วราภรณ์. 2528. การทดลองเลี้ยงสไปรูไลน่า (*Spirulina*) โดยใช้ธาตุอาหารจำเป็น (trace element) จากนาเกลือ. ปัญหาพิเศษ. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

สุขใจ โสมะฐิติ, นวลพรรณ ณ ระนอง. 2530. การผลิตและการใช้*สาหร่าย Spirulina pla*tensis เพื่อการกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานฆ่าไก่ วทท. 13, บทความที่ B-127, หน้า 606-607.

สุขใจ ชูจันทร์, ปฏิมา ไทยเจริญ และสุรัตน์ วิบูลย์สุขสันต์. 2535. การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina platensis* ในน้ำทิ้งโรงงานวุ้นเส้น วทท. 18, บทความที่ B-012, หน้า 310-311.

สุทธิชัย เตมียวณิชย์. 2527ข. การเปลี่ยนแปลงแพลงก์ตอนพืชและสาเหตุที่ชักนำให้เกิดพิษพัมพาตในหอยที่ปราณบุรี. รายงานการสัมมนาครั้งที่ 3 การวิจัยคุณภาน้ำและคุณภาพทรัพยากรมีชีวิตในน่านน้ำไทย 26-28 มี.ค. 2527 สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ณ ศูนย์วิทยาศาสตร์ ทางทะเล มศว บางแสน, หน้า 30-38.

สุทธิชัย เตมียวณิชย์. 2527ก. หอยสีเลือดอันเนื่องมาจากปรากฏการณ์ขี้ปลาวาพ . รายงานการสัมมนาครั้งที่ 3 การวิจัยคุณภาพน้ำและคุณภาพทรัพยากรมีชีวิตในน่านน้ำไทย 26-28 มี.ค. 2527 สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ณ ศูนย์วิทยาศาสตร์ทางทะเล มศว บางแสนหน้า 487-489.

สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์ บุปผา จงพัฒน์ ศักดิ์ชัย ชูโชติ และปวีณา ทวีกิจการ . 2548. คุณค่าทางโภชนาการของ *Nostoc commune* ที่เพาะเลี้ยงในสูตรอาหารที่แตกต่างกัน. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 23(2):38-47.

สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์ บุปผา จงพัฒน์ ศักดิ์ชัย ชูโชติ และปวีณา ทวีกิจการ . 2548. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเห็ดลาบ (*Nostoc commune*) และสาหร่ายสไปรูไลน่า (*Spirulina platensis*) ในน้ำนมดิบที่ทิ้งจากโรงงานผลิตนมเพื่อใช้เป็นอาหารปลาสวยงามและปลาเศรษฐกิจ:I การสร้างสารสีภายใต้สภาวะการเลี้ยงที่แตกต่างกัน. รายงานการวิจัยประจำปี 2549. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุมาลี ดุลยอนุกิจ. 2535. ผลของระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในสูตรอาหาร Zarrouk ต่อการเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina sp.*). ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 1 น.

สุวิมล จิรอำไพรัตน์. 2536. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองในน้ำทิ้งโรงงานขนมจีน ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม

หยกแก้ว ยามาลี, สมบูรณ์ ผู้พัฒน์, ไพลิน ผู้พัฒน์ และอรุณวรรณ บุญก่อสร้าง. 2534. การเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* จากน้ำทิ้งแหล่งชุมชนเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ รายงานค้นคว้าวิจัยประจำปี 2531-2534. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 206-215.

อักษร ศรีเปล่ง. 2525. ไซยาโนแบคทีเรีย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาภารัตน์ มหาขันธ์, อุษา กลิ่นหอม, มยุรี ตั้งธนานุวัฒน์, เจษฎา ทิพยะสุขศรี และ วัชรี กัลยาลัง. 2546. วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากสาหร่ายเห็ดลาบ (*Nostoc commune*). ใน รายงานการประชุมวิชาการประจำปีโครงการ BRT ประจำปี 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้