



ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของแหล่งไนโตรเจนและอุณหภูมิที่มีต่อคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย

Nostoc commune

Effect of nitrogen source and temperature on nutritional value of *Nostoc commune*

โดย

นางสาว ปิยนารท ศรชัย

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรุงเทพมหานคร 10520

Department of Fisheries Science Faculty of Agricultural Technology

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Bangkok 10520

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

ผลของแหล่งไนโตรเจนและอุณหภูมิที่มีต่อคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย
Nostoc commune

Effect of nitrogen source and temperature on nutritional value of *Nostoc commune*

นางสาว ปิยนารถ ศรีชัย

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุณีรัตน์ เรืองสมบูรณ์



ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา

..... ศักดิ์ชัย ชูโชติ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุณีรัตน์ เรืองสมบูรณ์)

ภาควิชารับรองแล้ว

.....
(รองศาสตราจารย์ ศักดิ์ชัย ชูโชติ)

หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

วันที่ 18 เมษายน พ.ศ. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของแหล่งไนโตรเจนและอุณหภูมิที่มีต่อคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย

Nostoc commune

Effect of nitrogen source and temperature on nutritional value of *Nostoc commune*



T099196



โดย

นางสาว ปิยนารณ ศรีชัย

ร.พ.
ร. 619 ค
ร. 547

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 99196

วัน,เดือน,ปี 15 JUN 2009

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรุงเทพมหานคร 10520

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของแหล่งไนโตรเจนและอุณหภูมิที่มีต่อคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย

Nostoc commune

Effect of nitrogen source and temperature on nutritional value of *Nostoc commune*

การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย *Nostoc commune* สายพันธุ์ TISTR 8283 ที่อุณหภูมิแตกต่างกันไปที่ 15, 20, 25, 30 และ 35 องศาเซลเซียสในสูตรอาหาร Bold's basal medium ให้แสงฟลูออเรสเซนต์ต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มแสง 1,618 ลักซ์ พบว่า อุณหภูมิที่ต่างกันและแหล่งไนโตรเจนที่ต่างกันมีผลต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าทางอาหาร โดยที่อุณหภูมิที่ 15 องศาเซลเซียสมีการเจริญเติบโตสูงสุดและรองลงมาคือ 20, 25, 30 และ 35 องศาเซลเซียสตามลำดับซึ่งที่ 15 องศาเซลเซียสมีน้ำหนักแห้งสูงสุด 9.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ 3.6 มิลลิกรัมต่อลิตร และในส่วนของ การทดลองผันแปรด้านอุณหภูมิในการเลี้ยง พบว่าปริมาณโปรตีนมีค่ามากที่สุดที่การเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยมีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยสูงสุด 45.69 เปอร์เซ็นต์รองลงมาคือที่อุณหภูมิ 20, 30, 35, และ 15 องศาเซลเซียส มีปริมาณโปรตีน 31.45 เปอร์เซ็นต์, 30.74 เปอร์เซ็นต์, 28.82 เปอร์เซ็นต์ และ 27.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ อุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียสพบว่ามีปริมาณคาร์โบไฮเดรต มีค่ามากที่สุดที่โดยมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 54.34 เปอร์เซ็นต์รองลงมาคือที่อุณหภูมิ 35, 25, 15, และ 20 องศาเซลเซียส มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 39.70 เปอร์เซ็นต์, 30.82 เปอร์เซ็นต์, 19.93 เปอร์เซ็นต์ และ 16.69 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง

การทดลองผันแปรด้านแหล่งไนโตรเจนที่ต่างกันไปในสูตรอาหาร BBM โดยมีแหล่งไนโตรเจน 3 แหล่ง คือ CH_4NO_2 (ยูเรีย), NaNO_3 และ KNO_3 ตามลำดับ โดยมี CH_4NO_2 เป็นแหล่งไนโตรเจนที่ทำให้สาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด ซึ่งมีคลอโรฟิลล์ 8.2 กรัมต่อลิตร และ น้ำหนักแห้ง 8.9 มิลลิกรัมต่อลิตรและแหล่งไนโตรเจนที่มีการเจริญเติบโตรองลงมาคือ KNO_3 และ NaNO_3 ตามลำดับ คุณค่าทางอาหารของ *Nostoc commune* ที่เลี้ยงโดย CH_4NO_2 , NaNO_3 และ KNO_3 เป็นแหล่งไนโตรเจน พบว่าแหล่งไนโตรเจนที่ต่างกันมีผลทำให้ปริมาณ ส่วนโปรตีน และ คาร์โบไฮเดรตไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในสภาวะการเพาะเลี้ยงโดยมี CH_4NO_2 เป็นแหล่งไนโตรเจน มีปริมาณสูงสุด 46.88 ± 2.46 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง รองลงมาคือ NaNO_3 มีปริมาณ 43.40 ± 0.23 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง ตามด้วย KNO_3 ที่มีปริมาณโปรตีน 43.36 ± 1.34 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์สุนีรัตน์ เรืองสมบุญ เป็นอย่างยิ่งที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ครู-อาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้มาด้วยความเคารพเป็นอย่างสูง และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมงทุกท่าน และเพื่อน ๆ ที่มีส่วนช่วยเหลือข้าพเจ้าจนสำเร็จการศึกษา

นางสาวปิยนารถ ศรชัย

เมษายน 2548



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	III
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	12
ผลการทดลองและวิจารณ์	25
สรุปและข้อเสนอแนะ	32
เอกสารอ้างอิง	33
ภาคผนวก	35



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายเห็ดดลาบ	10
2	การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการสาหร่าย <i>N. commune</i> จากแหล่งไนโตรเจน 3 แหล่ง	29

ตารางผนวกที่		หน้า
1	สูตรอาหารเลี้ยงแบคทีเรีย BBM	35
2	ผลการวิเคราะห์โปรตีนของสาหร่าย <i>Nostoc commune</i> จากอุณหภูมิที่ต่างกันโดยวิธี Lowry's method	36
3	ผลการวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรตของสาหร่าย <i>Nostoc commune</i> จากอุณหภูมิที่ต่างกัน	37
4	ผลการวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรตจาก media ของสาหร่าย <i>Nostoc commune</i> จากอุณหภูมิที่ต่างกัน	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กราฟปริมาณคลอโรฟิลล์ของสาหร่าย <i>Nostoc commune</i> ที่มีแหล่งไนโตรเจน 3 แหล่ง	25
2	กราฟปริมาณน้ำหนักแห้งของสาหร่าย <i>Nostoc commune</i> ที่มีแหล่งไนโตรเจน 3 แหล่ง	26
3	กราฟปริมาณคลอโรฟิลล์ของสาหร่าย <i>Nostoc commune</i> เลี้ยงที่อุณหภูมิต่างกัน 6 ระดับ	27
4	กราฟปริมาณน้ำหนักแห้งของสาหร่าย <i>Nostoc commune</i> เลี้ยงที่อุณหภูมิต่างกัน 6 ระดับ	27
5	กราฟเปอร์เซ็นต์โปรตีนของสาหร่าย <i>Nostoc commune</i> เลี้ยงที่อุณหภูมิต่างกัน 6 ระดับ	31
6	กราฟเปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตของสาหร่าย <i>Nostoc commune</i> เลี้ยงที่อุณหภูมิต่างกัน 6 ระดับ	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ในปัจจุบันได้มีการนำสาหร่ายมาใช้ประโยชน์ต่างๆมากมายทั้งด้านบริโภคและอุตสาหกรรมซึ่งการนำสาหร่ายเพื่อบริโภคในมนุษย์มีมากขึ้นเนื่องมาจากปริมาณคุณค่าทางอาหารของสาหร่ายที่มีอยู่มากมาย ในประเทศไทย สาหร่ายที่นิยมรับประทานทางภาคอีสานเช่น สาหร่าย *Nostoc commune* เป็นที่นิยมมากด้วยสาเหตุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นตามลำธารและน้ำตกซึ่งพบว่าสาหร่ายชนิดนี้ให้โปรตีนสูงถึง 40-60 เปอร์เซ็นต์ ด้วยสาเหตุที่ว่าเป็นแหล่งโปรตีนแหล่งใหม่ที่หาได้ง่ายจึงเป็นที่ต้องการมาก ในปัจจุบันสาหร่ายชนิดนี้จึงใกล้จะสูญพันธุ์ทำให้ต้องศึกษาปัจจัยการเจริญเติบโตของสาหร่ายชนิดนี้เพื่อทำการเพาะเลี้ยงโดยมีทั้งปัจจัยด้านกายภาพและเคมีเป็นสิ่งสำคัญซึ่งผู้ผลิตสามารถกำหนดได้เพื่อคัดเลือกความเหมาะสมและให้ได้มาซึ่งคุณค่าทางโภชนาการที่สูง เพื่อทดแทนความต้องการของมนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปัจจุบันมีผู้สนใจในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเพื่อการค้าและอุตสาหกรรมมากขึ้นและเพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าทางอาหารของสาหร่ายในการเพิ่มผลผลิตให้ดียิ่งและเพื่อประโยชน์ต่อมนุษย์เอง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์ปริมาณคุณค่าทางอาหารของสาหร่าย *Nostoc commune* เลี้ยงในสูตรอาหาร Bold 's Basal medium ที่แหล่งไนโตรเจนต่างกัน โดยมี NaNO_3 , KNO_3 และ CH_4 , NO_2
2. เพื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารของสาหร่าย *Nostoc commune* ที่เลี้ยงในสูตรอาหาร Bold 's Basal medium ที่อุณหภูมิต่างกัน ที่ 15, 20, 25, 30 และ 35 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาชตรวจเชิงกตาร

แพลงก์ตอนพืชเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ล่องลอยตามกระแสน้ำและคลื่นลมมีบทบาทสำคัญ เป็นผู้ผลิตในแหล่งน้ำ เนื่องจากมีรงควัตถุในการสังเคราะห์แสงเช่นเดียวกับพืชชั้นสูง นอกจากเป็น แหล่งอาหารเบื้องต้นของสัตว์น้ำแล้ว เป็นแหล่งที่ให้ก๊าซออกซิเจนแก่แหล่งน้ำที่สำคัญ จาก กระบวนการสังเคราะห์แสงแล้ว เรายังใช้ประโยชน์ได้อีกหลายประการเช่น ใช้เป็นอาหาร ใช้เป็น ตัวบ่งชี้ระดับความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ ใช้เป็นตัวชี้กระแสน้ำในทะเล และมหาสมุทร ใช้ตรวจสอบมลพิษของแหล่งน้ำ ใช้ในอุตสาหกรรม ใช้ในการศึกษาและทดลองวิทยาศาสตร์ ใช้เป็นยา รักษาโรค และใช้ในการกำจัดน้ำเสีย (ลัดดา 2538) เนื่องจากประโยชน์ที่มากมายจึงมีผู้ค้นคว้า และศึกษาวิจัยทางด้านต่าง ๆ เพื่อการเจริญเติบโตและศึกษาถึงคุณค่าทางอาหารของแต่ละตัว อนุกรมวิธานของสาหร่าย

Division Cyanophyta

Class Cyanophyceae

Order Nostocales

Family Rivulariaceae

Nostoc sp.

ในประเทศไทยเรียก “ไซหิน” “ดอกหิน” หรือ “เห็ดลาบ” ประเทศจีนเรียกว่า “Koxianmi” และในประเทศญี่ปุ่นเรียกว่า “Ishikurage” ในยุโรปเรียกว่า “Star shot” ซึ่งเป็น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ที่มีการเจริญเติบโตโดยพริยโคมอยู่เดี่ยวๆเป็นเส้นสายที่มีความกว้าง ของเซลล์เท่ากันทั้งสายไม่แตกแขนง มีเมือกหุ้ม มีเฮเทอโรซิสต์ ลักษณะภายนอกคล้ายก้อนเยลลี่ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Nostoc commune* Vaucher อภาร์ตัน (2546) ได้กล่าวถึงสาหร่าย *Nostoc* ว่าพบในประเทศไทยครั้งแรกที่ พื้นที่คุ้มครองทรัพยากรธรรมชาติ ป่าคุณดำพัน อำเภอนา เขือก จังหวัด มหาสารคาม ในฤดูฝนเมื่อสาหร่ายชุ่มน้ำจะมีลักษณะเป็นแผ่นวุ้นสีเขียวแผ่อยู่บน ดินคล้ายเห็ดหูหนูสีเขียว มีเนื้อนิ่มหยุ่นแต่กรอบ คล้ายสาหร่ายทะเล *Undaria pinnatifida* หรือ Wakame ที่นิยมบริโภคกันในญี่ปุ่น ประเทศไทยชาวบ้านนิยมมาบริโภค ทำเป็นลาบ ซึ่งใน ปัจจุบันความนิยมเพิ่มมากขึ้นจนเกรงว่าจะเป็นของการสูญสิ้นของ สาหร่ายชนิดนี้ในท้องถิ่น และ สาเหตุอีกประการเนื่องจากสาหร่ายชนิดนี้ มีประโยชน์ทางด้านยา และอุตสาหกรรมมาก จึงทำให้ มีการศึกษาวิจัยการเจริญเติบโตทั้งกายภาพ และด้านเคมีเพื่อส่งเสริมการผลิตและการเจริญอยู่ ของสายพันธุ์ในพื้นที่ดั้งเดิมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

1. ปัจจัยทางกายภาพ

1.1 อุณหภูมิ สำหรับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเจริญได้ดีในช่วง 30-35 องศาเซลเซียส แต่ สาหร่ายน้ำจืดส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วง 15-25 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส จะตายเป็นส่วนใหญ่

1.2 แสง แสงจากหลอดไฟธรรมดา (incandescent) จะให้ผลดีที่สุด รองลงมาคือแสงจากดวงอาทิตย์และแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ซึ่งมีข้อดีที่ทำให้ไม่เกิดความร้อนและช่วงแสงสว่าง เป็นเรื่องที่สำคัญมากในการเลี้ยงโดยการให้แสงส่วนใหญ่ที่นิยมคือ 12 ชั่วโมงและปริมาณความเข้มแสงที่ นิยมส่วนใหญ่จะต่างกันไปตามแต่นชนิดสาหร่าย

1.3 ความเค็ม ถ้าเป็นสาหร่ายน้ำจืดความเค็มอยู่ที่ 0 พีพีที ถ้าเป็นสาหร่ายน้ำเค็มส่วนใหญ่อยู่ที่ 27-35 พีพีที

2. ปัจจัยทางเคมี

1.1 ค่าความเป็นกรด-เบส ค่าเหมาะสมจะแตกต่างกันตามชนิดสาหร่าย ส่วนใหญ่สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน จะเติบโตได้ดีในน้ำที่มีสภาพเป็นกลางประมาณ 6.5-7.5 ความเป็นเบสยิ่งสูง การเจริญเติบโตและการตรึงไนโตรเจนยิ่งเพิ่มขึ้น

1.2 ไนโตรเจน ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมีความสำคัญมากที่สุดต่อการเติบโตของสาหร่าย เนื่องจากธาตุทั้ง 2 นี้เป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตของพืชน้ำและแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำเป็นส่วนใหญ่และ มักมีปริมาณไม่เพียงพอต่อการเจริญของสาหร่าย (Goldman, 1983; Reynold, 1987; ศิริเพ็ญ, 2537) ลมใจ (2532) กล่าวถึงการประเมินระดับโทรฟิคของแหล่งน้ำว่า มักใช้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบในการประเมินหรือบางกรณี อาจใช้แต่ฟอสฟอรัส เพราะส่วนใหญ่ฟอสฟอรัสมักจะเป็นธาตุที่ขาดแคลนก่อนไนโตรเจน (เป็น primary limiting factor) ในแหล่งน้ำทั่ว ๆ ไปที่ถือว่าไม่ขาดแคลนฟอสฟอรัส นั้นอัตราส่วนระหว่างไนโตรเจน : ฟอสฟอรัสเท่ากับ 7:1 (ศิริเพ็ญ, 2537) แพลงก์ตอนพืชใช้ธาตุไนโตรเจนเป็นส่วนสำคัญในการสังเคราะห์กรดอะมิโนและ โปรตีนไนโตรเจนที่ใช้จะอยู่ในรูปต่าง ๆ เช่น แอมโมเนีย (NH_4^+) ไนเตรท (NO_3^-) และไนไตรท์ (NO_2^-) แต่รูปที่จะถูกนำไปใช้ก่อนคือแอมโมเนีย ไนโตรเจน โดยแพลงตอนพืชจะดูดแอมโมเนียไปใช้ก่อนต่อเมื่อปริมาณแอมโมเนียลดลงจึงจะใช้ไนเตรทและไนไตรท์ โดยจะทำการลดออกซิเจน (reduce) ให้เป็นแอมโมเนียก่อนจึงค่อยนำไปใช้โดยเอนไซม์ nitrate-nitrite reductase (ศิริเพ็ญ, 2537) รายงานว่าสารประกอบไนโตรเจนที่ถูกใช้มากที่สุด คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอมโมเนีย ไนโตรเจนถึง 79 % ของปริมาณสารประกอบไนโตรเจนทั้งหมด รองลงมาคือไนเตรท และไนไตรท์ ตามลำดับ

1.3 ฟอสฟอรัส มีความสำคัญมากในระบบนิเวศ ทั้งนี้เพราะฟอสฟอรัสมีความเกี่ยวข้องในการแปรรูปของพลังงาน เช่น เป็นส่วนประกอบของ deoxyribonucleic acid (DNA) ribonucleic acid (RNA) และ adenosinetriphosphate (ATP) ในน้ำฟอสฟอรัสมักอยู่ในรูปอินทรีย์สาร

(particulated phosphate) ในสิ่งมีชีวิตและซากของสิ่งมีชีวิตและตะกอนเป็นส่วนใหญ่มีเพียงส่วนน้อยที่อยู่ในรูปอินทรีย์สารเป็น dissolved-P หรือ ออร์โธฟอสเฟต (orthophosphate) ซึ่งแพลงก์ตอนพืชสามารถนำไปใช้ได้ ศิริเพ็ญ (2537) กล่าวว่าออกซิเจนและ pH ควบคุมการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากตะกอนออกสู่สูน้ำในรูปของออร์โธฟอสเฟตได้ โดยที่ปลดปล่อยฟอสฟอรัสนี้จะเกิดขึ้นในสภาพที่มี pH และออกซิเจนต่ำได้มากกว่าในสภาพที่มี pH และออกซิเจนสูงเป็น 1,000 เท่า ในแง่ความสัมพันธ์ระหว่างสารอาหารกับชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืชนั้น รายงานถึงการศึกษาคูณภาพน้ำและการเจริญของแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำสำนักงานเกษตรภาคเหนือ พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ออร์โธฟอสเฟต ไนเตรท ไนโตรเจน มีความสัมพันธ์กับปริมาณแพลงก์ตอนพืช พงษ์ (2536) พบว่าสารอาหารและแพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิในบ่อสำรวจที่มีปริมาณฟอสฟอรัสรวม ออร์โธฟอสเฟตและคลอโรฟิลล์ เอ สูง จะมีแพลงก์ตอนพืชในปริมาณสูงด้วย และยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณของไนเตรทไนโตรเจนอีกด้วย นารี (2529) พบว่าปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตมีผลทำให้ชนิดและจำนวนของสาหร่ายเพิ่มขึ้น และอาจเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดการกระจายของสาหร่ายได้ และ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิดจะสร้างเฮทเทอโรซิเจนเฉพาะในขณะที่ยังขาดสารประกอบไนโตรเจนเท่านั้นในสารอาหารที่มีแอมโมเนียไนเตรท แอมโมเนียจะถูกดูดซึมไปใช้ก่อน ทำให้ pH ของสารอาหารสูงขึ้น สาหร่ายจะใช้แอมโมเนียได้ดีกว่าไนเตรท แต่ถ้าในสารอาหารมีโปตัสเซียมไนเตรท เมื่อสาหร่ายนำเอาไนเตรทไปใช้ จะมีผลทำให้เกิดการสะสมของอิออนที่มีประจุบวกมากและ pH จะต่ำลง ฟอสฟอรัสสารประกอบฟอสฟอรัสจะส่งเสริมการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ในการทดลองเติมสารประกอบฟอสเฟต เช่น KH_2PO_4 หรือ $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ จะกระตุ้นให้มีการตรึงไนโตรเจนของสาหร่าย *Anabaena* sp. และ *Tolypothrix* sp. มากขึ้นกว่าพวกที่เพาะเลี้ยงในสารอาหารที่ไม่มีสารประกอบฟอสเฟตเหล่านี้

2.4 แคลเซียม สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินต้องการแคลเซียมสำหรับการเจริญเติบโตมากกว่าสารประกอบไนโตรเจน เนื่องจากสามารถที่จะตรึงเอาไนโตรเจนจากอากาศมาใช้เองได้ แต่ผลของแคลเซียม เช่น CaCO_3 จะไปมีผลในการปรับสภาพ pH ที่เหมาะสมต่อสาหร่ายมากกว่าเป็นสารอาหารโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 โมลิบดินัม เป็นธาตุที่สาหร่ายต้องการในการเจริญเติบโต กล่าวว่ามีลิบดินัมเป็นธาตุที่เกี่ยวข้องกับขบวนการตรึงไนโตรเจนของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินโดยทั่วไปสาหร่ายต้องการโมลิบดินัมในการเจริญเติบโต 0.2 ppm แต่ในขบวนการตรึงไนโตรเจนของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ปริมาณโมลิบดินัมมีส่วนในการกำหนดอัตราการตรึงไนโตรเจน การเพิ่มปริมาณไซโตเคมิคัลโมลิบเดท (0.25 กก./เฮคเตอร์) จะไปช่วยเพิ่มการเจริญของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่ตรึงไนโตรเจน

2.6 ธาตุอื่น ๆ

1. โบตัสเซียม เติมลงในสารอาหารในรูปของสารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

2. แมกนีเซียม ปริมาณของอิออนของแมกนีเซียมมีผลในการเพิ่มอัตราการเจริญและความสามารถในการตรึงไนโตรเจนของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินโดยจะไปเป็นตัวการกำหนดการทำงานของระบบเอนไซม์ ไนโตรจีเนส และกลูตามีน ซินเทตัส แมกนีเซียมซัลเฟต จะไปมีผลยับยั้งการเจริญของสาหร่าย ถ้าใช้กับสาหร่ายโดยไม่มีสารประกอบพวกฟอสเฟต

3. เหล็ก ในสภาพเป็นกรดเหล็กจะมีผลยับยั้งการเจริญของสาหร่ายสีเขียวน้ำเงินได้

4. Trace element ได้แก่ Na, S, Cl, Co, Zn, Cu ฯลฯ

2.7 สารอินทรีย์ การเพิ่มนีโอเปปโตน (non-peptone) 0.4 กรัม/ลิตร ในระยะ exponential phase ของสาหร่าย *Anabaena cylindrica* ที่เลี้ยงในสารอาหารที่ปราศจากไนโตรเจน (N-free medium) จะช่วยส่งเสริมการสร้างเฮทเทอโรซิส และสปอร์ (akinetes) น้ำเสียจากโรงงานน้ำตาลที่ปล่อยออกสู่แหล่งน้ำ ทำให้เกิดมลพิษของน้ำนั้น พบว่ามันจะไปส่งเสริมการเจริญของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน พวก *Oscillatoria* spp. และ *Lyngbya* spp. อย่างไรก็ตามผลของปุ๋ยอินทรีย์กับการตรึงไนโตรเจนของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน มีความไม่แน่นอน และไม่ค่อยกระจ่างชัดนัก เพราะจากการทดลองหลายการทดลอง พบทั้งที่ส่งผลส่งเสริมและยับยั้งการตรึงไนโตรเจน

2.8 สารอาหาร จงจินต์ (2526) กล่าวถึงสารอาหารที่นิยมใช้ในห้องปฏิบัติการดังนี้

1. Soil-water medium สารอาหารในสูตรอาหารชนิดนี้มาจากการสกัดจากดิน โดยจะเพิ่มแคลเซียมคาร์บอเนตลงไปเล็กน้อย เพื่อปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง ให้เหมาะสม ข้อดีคือ ไม่ทำให้รูปร่างของสาหร่ายเปลี่ยนแปลง เหมาะสำหรับเพาะเลี้ยงไว้เพื่อทำการศึกษา ข้อเสียคือ ต้องหาแหล่งดินที่เหมาะสม

2. Allen's blue-green medium (modified) เป็นสารอาหารพื้นฐานที่เหมาะสมสำหรับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินหลายชนิด เช่น *Arthrospira* spp. และ *Gloeocapsa* spp. เจริญได้ดีที่สุดในอาหารชนิดนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Bold's basal medium เป็นอาหารที่ปรับปรุงมาจากสูตรอาหารชนิดเก่าแก่ เป็นอาหารที่ดีสำหรับการเพาะเลี้ยงระยะยาว ซึ่งเปลี่ยนแปลงมาจาก Bristol medium

4. Bristol's medium เป็นอาหารสูตรง่าย ๆ ที่มีเกลือแร่พื้นฐานซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงแปรผันไปได้หลายสูตร สามารถใช้เลี้ยงสาหร่ายได้หลายชนิด และเหมาะสำหรับการเพาะเลี้ยงระยะยาวนอกจากนี้ ยังมีสูตรอาหารอีกหลายชนิด ซึ่งสามารถประยุกต์นำมาใช้ชื่อต่าง ๆ กัน (Stein, 1971) BG-11 มีส่วนประกอบเหมือนกับ Allen's blue-green สูตร GO มีลักษณะคล้ายกับ BG-11 แต่มีความเข้มข้นของสารอาหารมากกว่าสูตรอาหาร soil extract ดูเหมือนจะประยุกต์มาจาก Soil-water medium

การวัดการเจริญเติบโตและชีวมวล (Growth and biomass measurements)

1. การนับเซลล์ (cell counts)

เป็นวิธีที่นิยมใช้มากในการวัดการเจริญเติบโตของสาหร่าย อุปกรณ์ที่ใช้คือ กล้องจุลทรรศน์ และสไลด์นับเซลล์

2. การวัดการกระจายของแสงหรือความขุ่น (Light scattering or turbidity)

นิยมใช้มากในการวัดการเจริญเติบโตของเชื้อสาหร่ายบริสุทธิ์ ข้อดีของวิธีนี้คือวัดง่ายและสะดวก ข้อมูลที่ได้เป็นค่าของชีวมวล ที่เพิ่มขึ้นโดยการวัดจากค่าน้ำหนักแห้ง อุปกรณ์ที่ใช้เรียกว่า colorimeter หรือ สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ความเข้มแสงจะลดลง เมื่อจำนวนเซลล์เพิ่มขึ้น

3. การวัดน้ำหนักแห้ง (Dry weight measurement)

เหมาะกับสาหร่ายชนิดที่ไม่ใช่เซลล์เดี่ยวที่นับจำนวนเซลล์ไม่ได้ ฉะนั้นจึงนิยมใช้กับสาหร่ายชนิดที่เป็นเส้น วิธีวัด ควรจะวัดทุกวันแล้วนำผลมาพล็อตกราฟ เริ่มการวัดโดยเก็บตัวอย่างจากภาชนะเลี้ยง กรองสาหร่ายออกจากน้ำ โดยการปั่นให้ตกตะกอน รินน้ำไลข้างบนออก นำตัวอย่างไปอบแห้ง อุณหภูมิที่ใช้อบแห้งประมาณ 70-110 องศาเซลเซียส นานประมาณ 10-12 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักจะคงที่

4. การวัดคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll determination)

เป็นวิธีวัดชีวมวลที่รวดเร็ว เริ่มแรกให้เก็บตัวอย่างจากภาชนะเลี้ยงแยกเซลล์ออก โดยการปั่นให้ตกตะกอนต่อจากนั้น จึงสกัดสารสี โดยเติมสารละลายเคมีชนิดที่นิยมใช้ได้แก่ อะซีโตน เมทานอล อีเธอร์ เมื่อสกัดสารสีออกจากเซลล์แล้วให้กรองอีกครั้งหนึ่งเพื่อกำจัดตะกอนหรือสิ่งปนเปื้อนออกให้หมด นำสารละลายที่กรองได้ใส่ในหลอดแก้วที่สะอาดสำหรับวัดค่าคลอโรฟิลล์

ผลกระทบด้านอุณหภูมิและแหล่งไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rwnaud (2001) ได้ศึกษาถึงปัจจัยด้านอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายในแถบประเทศออสเตรเลียเขตร้อน โดยทดลองกับสาหร่าย 5 ชนิด *Chaetoceros* sp., *Rhodomonas* sp., *Cryptomonas* sp., *Isochrysis* sp. และที่ไม่ทำการแยกชนิด พบว่าการเจริญเติบโตของสาหร่ายในช่วงอุณหภูมิของ *Rhodomonas* sp. ที่ 25-27 องศาเซลเซียส และ อุณหภูมิที่เหมาะสมของพวกที่ไม่แยกชนิด *Cryptomonas* sp., *Isochrysis* sp., *Chaetoceros* sp. 27-30 องศาเซลเซียส

มยุรี (1973) ได้ทดลองถึงอิทธิพลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโต อิทธิพลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าโปรตีนของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และอิทธิพลแหล่งไนโตรเจนกับอุณหภูมิที่มีผลค่าโปรตีนของสาหร่ายกลุ่มสีเขียวแกมน้ำเงิน โดยแบ่งอุณหภูมิเป็นสองช่วง ช่วงต่ำ ที่ 18-24.5 องศาเซลเซียส ช่วงสูง 36-42 องศาเซลเซียส มีสายพันธุ์ที่ทำการทดลองคือ strain 326, 329, 317 และ 383 โดยมีแหล่งไนโตรเจน ที่ทดลองสี่แหล่งคือ UREA, NaNO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ และ NH_4Cl โดยการศึกษาพบว่า สายพันธุ์ที่ 317 อุณหภูมิที่เหมาะสม 32.3-35.6 องศาเซลเซียส เหมาะที่จะใช้แหล่งไนโตรเจน $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ สายพันธุ์ที่ 329 อุณหภูมิที่เหมาะสม 32.3 องศาเซลเซียส เหมาะที่จะใช้แหล่งไนโตรเจน NaNO_3 จะให้โปรตีนสูงสุด สายพันธุ์ที่ 320 มีแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมคือ UREA และ NO_3^- แต่จะมีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ถ้าเลี้ยงในที่มีอุณหภูมิที่เหมาะสม จะทำให้มีค่าโปรตีนสูงมากถึง 50-65% ในน้ำหนักแห้ง 8-13 กรัม

LiuXJ (2001) ทำการทดลองดูรูปร่างโครงสร้างของสาหร่าย *Nostoc* sp. โดยใช้แหล่งไนโตรเจนต่างกันคือ มียูเรีย และ แอมโมเนียในการเลี้ยง พบว่าการให้ยูเรีย และ แอมโมเนีย มีผลให้โครงสร้างรูปร่างเปลี่ยนแปลง มี hormogonia filament seriate colony และ aseriate colony แตกต่างไปจากธรรมชาติ โดยที่เลี้ยงโดยมีแหล่งไนโตรเจนยูเรีย และ แอมโมเนีย จะทำให้ hormogonia และ aseriate colony มีระยะสั้นลงกว่าปกติ ในปี เขาได้ทำการทดลองด้านอุณหภูมิที่มีผลต่อ fatty acid ของสาหร่าย *Nostoc flagelliforme* สายพันธุ์ FACHB838 และ CCAP1453/33 โดยทดลองที่อุณหภูมิ 15, 20, 25 และ 30 องศาเซลเซียส กรดไขมันที่ทำการตรวจสอบคือ C 14:0, C 16:0, C 16:1, C 18:0, C 18:1, C 18:2n3, C18:3n3 ผลที่ได้คือ อัตราส่วนของผลบวกMUFA กับPUFAs ส่วนกรดไขมันทั้งหมดในสายพันธุ์ FACHB838 สูงสุดที่ 15 องศาเซลเซียส และ CCAP1453/33 สูงสุดที่ 15 องศาเซลเซียสเช่นกัน และมีอัตราส่วน C 18/C16 สายพันธุ์ FACHB838 สูงสุดที่ 30 องศาเซลเซียส และ CCAP1453/33 สูงสุดที่ 25 และ 30 องศาเซลเซียส

Spirulina เป็นสาหร่ายหลายเซลล์ที่มีลักษณะของเส้นสายจะบิดเป็นเกลียว องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายเกลียวทองจะแตกต่างกันไปตามสภาพสิ่งแวดล้อมที่สาหร่ายเจริญอยู่ลักษณะเด่น คือ มีโปรตีนสูงถึง 60-70 % โดยน้ำหนักแห้งและเป็นแหล่งที่มาของวิตามิน 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิด คือ ไบโอดีน, วิตามิน, แคลเซียมแพนโทเทนิค, กรดโฟลิก, อินโทซินอล, กรดนิโคตินิค, ไพรีดีน, ไบโอฟลาเวิน, โธอะมีน, และวิตามินอี สาหร่ายเกลียวทองยังมีโครงสร้างพิเศษ คือ ตัวเซลล์ไม่ได้ปกคลุมด้วยเมือก (mucous membrane) เหมือนกับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินทั่วไป และผิวเซลล์ไม่มีจุลินทรีย์มาเกาะ พวกสายพันธุ์ที่ทนความร้อนสูงจะสามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิประมาณ 35-40 องศาเซลเซียส ซึ่งคุณสมบัตินี้ช่วยป้องกันการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ มีความสามารถในการสร้างจุลินทรีย์ที่จะทำอันตรายต่อเซลล์ได้สูง ทั้งนี้ภายในเซลล์อาจสามารถผลิตสารปฏิชีวนะก็เป็นได้ (บานชื่น, 2532)

อิทธิพลของอุณหภูมิและสารอาหารต่อการสังเคราะห์แสง

ปัจจัยหลักอย่างอื่นที่มีอิทธิพลในการควบคุมการสังเคราะห์แสงนอกเหนือไปจากแสง ได้แก่ สารอาหารและอุณหภูมิ และการศึกษาถึงอิทธิพลของอุณหภูมิต่อการสังเคราะห์แสงของแพลงตอนพืชยังมีไม่มากนัก Arugaet al. (1968) ทำการศึกษาการสังเคราะห์แสงของแพลงตอนพืชในมหาสมุทรแปซิฟิก และพบว่าแพลงตอนพืชในเขตอบอุ่นเหล่านี้มีค่า P_{max} (อัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุด) สูงสุดได้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิในแหล่งน้ำนั้นอยู่ในช่วง 0.9-17.9 องศาเซลเซียส เท่านั้น จากตัวอย่างของการเปลี่ยนแปลงค่า P_{max} ในอ่าวโตเกียวพบว่าในช่วงเดือนตุลาคมถึงมิถุนายน อุณหภูมิเป็นตัวควบคุมการสังเคราะห์แสง ส่วนในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงกันยายน อัตราการสังเคราะห์แสงลดลงเนื่องจากการขาดแคลนสารอาหาร แต่อัตราการสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงเดือนตุลาคม (autumn mixing) ส่วนค่าศักยภาพในอัตราการสังเคราะห์แสง ซึ่งเป็นค่าที่ทำการวัดในช่วงที่มีอุณหภูมิและอาหารเหมาะสม จะมีค่าคงที่ตลอดปี ยกเว้นในช่วงเดือนกุมภาพันธ์และเดือนสิงหาคม ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลง ชนิดของประชากรแพลงก์ตอนในช่วงฤดูใบไม้ผลิ และหลังจากหน้าร้อน ในเขตละติจูดสูง ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำ และมีสารอาหารค่อนข้างสูง ค่า P_{max} จะถูกควบคุมโดยปัจจัยทางอุณหภูมิตั้งแต่อุณหภูมิร้อนค่า P_{max} จะถูกควบคุมโดยปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำนั้นๆ

Eppley (1972) ได้ทำการรวบรวมอิทธิพลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอน โดยทำการรวบรวมข้อมูลอัตราการเจริญเติบโตกับอุณหภูมิ ของนักวิทยาศาสตร์แต่ละคน และได้เสนอความสัมพันธ์พื้นฐาน แสดงอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดของแพลงก์ตอน ในช่วงอุณหภูมิตั้ง 0-40 องศาเซลเซียส และในสภาพที่มีแสงสว่างตลอดเวลา ดังนี้

$$\log \mu = 0.0275 t - 0.070$$

โดยที่ μ = อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดที่สามารถเป็นไปได้ (ใน 1 วัน)

t = temperature (°C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดูดซึมอาหาร 3 ชนิด ได้แก่ คาร์บอน, ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส โดยแพลงก์ตอนพืชมักอยู่ในสัดส่วน 106:16:1 (Redfield, 1934) ซึ่งเรียกว่า Redfield number สัดส่วนนี้มีค่าคงเดิมถึงอยู่ในบริเวณที่มีการจำกัดของธาตุอาหาร หรือมีอัตราการผลิตของแพลงก์ตอนต่ำ แต่ถ้าในแหล่งน้ำเกิดในสภาวะที่ไม่ปกติ เช่นเป็นแหล่งน้ำของเสีย ซึ่งจะมีปริมาณฟอสฟอรัสมากกว่า ไนโตรเจน หรือเป็นน้ำที่ใช้ทดลองเลี้ยงห้องปฏิบัติการองค์ประกอบทางอะตอม ในเซลล์อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้หลายร้อยเท่า ในแหล่งน้ำมหาสมุทรไนโตรเจนส่วนใหญ่อยู่ในสภาพโมเลกุลและอยู่ในรูปของเกลืออนินทรีย์เช่น ไนเตรต ไนไตรท์ และแอมโมเนียและอยู่ในรูปของสารอินทรีย์เช่น กรดอะมิโน และยูเรียในปริมาณที่พบโดยทั่วไปในทะเล คือ

Nitrate (NO_3^-)	0.01-50	$\mu\text{ at/l}$
Nitrite (NO_2^-)	0.01-5	$\mu\text{ at/l}$
Ammonia (NH_3)	0.1-5	$\mu\text{ at/l}$
Amino acid	0.2-2	$\mu\text{ at N/l}$
Urea	0.1-5.0	$\mu\text{ at N/l}$

การใช้ไนโตรเจนรูปแบบต่างๆ

จุดอิ่มตัวของก๊าซไนโตรเจนที่ละลายอยู่ในแหล่งน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 390-800 $\mu\text{ at/l}$ ซึ่งการละลายมีการเปลี่ยนแปลงตามค่าความเค็มของน้ำ ไนโตรเจนที่เป็นโมเลกุลจะถูกตรึงโดยสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เช่น *Trichodesmium* spp. และ *Calothrix* sp. นอกจากนี้ยังมีพวก Yeast และ bacterial เช่น *Azotobacter* spp. และ *Closteridium* *Trichodesmium* spp. ก็สามารถใช้ทั้ง ammonia และ nitrate ได้เช่นกัน แต่เนื่องจากการที่ *Trichodesmium* spp. พบอยู่ในเขตร้อน ซึ่งมีปริมาณไนเตรตน้อย กระบวนการ nitrogen fixation และกระบวนการใช้ NH_3 จึงเป็นแหล่งที่มาของไนโตรเจนที่สำคัญที่สุด แพลงก์ตอนโดยทั่วไปไม่สามารถตรึงไนโตรเจนเอาไว้ได้ โดยปกติแล้วจะใช้ไนโตรเจนในรูปของ inorganic nitrogen salt หรือในรูปของสารประกอบอินทรีย์ ไนโตรเจนในรูป NO_3^- NO_2^- และ NH_3 สามารถ ถูกใช้แพลงก์ตอนพืชทั่วไป ยกเว้นในกลุ่มของ Chlorophyta บางชนิดและ flagellates บางชนิด

ในธรรมชาติประชากรของแพลงก์ตอนเลือกที่จะใช้ NH_3 มากกว่า NO_3^- หรือ urea อย่างไรก็ดีตามในบางท้องที่แหล่งของไนโตรเจนที่ใช้ อาจแตกต่างกันตามความลึกของน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณของไนโตรเจนแต่ละชนิด มีความแตกต่างกันในระดับความลึกต่างๆ กัน ประชากรของแพลงก์ตอนในธรรมชาติสามารถใช้ amino acid เป็นแหล่งไนโตรเจนถึงแม้ว่าจะมีปริมาณต่ำๆ ได้ อย่างไรก็ตาม แพลงก์ตอนทุกชนิดจะทำการใช้ไนโตรเจนในรูปของสารอินทรีย์ และยูเรียมากกว่าสารอินทรีย์ โดยทั่วไปแล้วไม่สามารถใช้ amino acid ได้อย่างมีประสิทธิภาพไนโตรเจนในรูปของสารอินทรีย์ไม่ถูกใช้มากจนถึงระดับต่ำๆ ก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการในการใช้ในเตรท

แหล่งที่ตอนพืชจะทำการดูดซึมเอาไนเตรทโดยผ่านกระบวนการ 2 ขั้นตอน

1.กระบวนการดึงเอาไนเตรทจากภายนอกเซลล์

2.กระบวนการใช้ในเตรทภายในเซลล์

กระบวนการทั้งสองนี้มีความเกี่ยวข้องกับระบบของเอนไซม์ที่แตกต่างกันออกไป

อภาวรัตน์ (2546) ได้ทำการศึกษาคุณค่าทางอาหารของสาหร่ายเห็ดดลาบ (*Nostoc commune*) ซึ่งเป็นสาหร่ายที่บริโภคได้ พบในพื้นที่คุ้มครองทรัพย์ากรรรมชาติป่าคุณลำพัน อำเภอนาเชือก จังหวัดมหาสารคาม พบว่ามีคุณค่าทางอาหารตาม (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 คุณค่าทางอาหารของสาหร่ายเห็ดดลาบ (*Nostoc commune*)

รายการ (หน่วย)	ปริมาณ
ความชื้น (กรัม/100 กรัม)	10.19
โปรตีน (กรัม/100 กรัม)	20.26
เถ้า (กรัม/100 กรัม)	16.20
ไขมันทั้งหมด (กรัม/100 กรัม)	0.02
ใยอาหาร (กรัม/100 กรัม)	43.0
วิตามินเอ (ไมโครกรัม/100 กรัม)	2.31
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม/100 กรัม)	0.02
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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการ (หน่วย)	ปริมาณ
Isoleucine	797.17
Leucine*	1374.11
Tyrosine	446.47
Phenylalanine*	1000.05
Histidine	886.22
Lysine*	450.99
Arginine	1015.52
Tryptophan*	35.62

*กรดอะมิโนจำเป็น (essential amino acid)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร

ก. วัสดุและวิธีการ

1. สาหร่าย *Nostoc commune* จากห้องเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอน ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

2. สูตรอาหาร Bold's Basal medium อาหารที่ใช้สำหรับการเพาะเลี้ยงสาหร่าย

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวัด

3.1 เครื่อง Spectrophotometer

3.2 เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

4. อุปกรณ์

4.1 ขวดน้ำเกลือ

4.2 สายยาง

4.3 แท่งแก้ว

4.4 กระจกบดวงขนาดต่าง ๆ

4.5 บีเปิด

4.6 ชั้นวางขวดทดลอง

4.7 บีกเกอร์ขนาดต่าง ๆ

4.8 ผ้ากรองในลอน

4.9 หัวทราย

4.10 ขวดแก้วปากกลมขนาด 10 ลิตร

4.11 ถาดอะลูมิเนียม

ข. วิธีการเลี้ยงสาหร่าย

1. การเลี้ยงสาหร่ายเพื่อเป็นสาหร่ายตั้งต้น

นำสาหร่าย *Nostoc commune* จากห้องเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนวิทยา ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง มาทำการเพาะเลี้ยงในสูตรอาหาร Bold's Basal medium เป็นเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อให้เป็นสาหร่ายหัวเชื้อ โดยนำสาหร่ายที่เตรียมมาใส่ลงในขวดน้ำเกลือขนาด 1 ลิตร ที่มีอาหารสูตร Bold's Basal medium ความเข้มข้น 100% โดยปริมาณสาหร่ายตั้งต้น 10% ติดตั้งอุปกรณ์ให้อากาศตลอดเวลา เพื่อให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำและป้องกันไม่ให้อาหารตกตะกอน ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่าย ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 25 °C โดยมีการให้แสงตลอดเวลา หลังจากนั้นนำมาเพาะเลี้ยงในอาหารต่างๆ โดยการวัดคลอโรฟิลล์และวัดน้ำหนักแห้งทุก ๆ 2 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เตรียมอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงสาหร่าย *Nostoc commune* ในอาหารสูตร Bold's Basal medium โดยสาหร่ายจะถูกเลี้ยงในอาหารแต่ละสูตรที่มีแหล่งไนโตรเจน 3 แหล่งคือ

สูตรปฏี Bold's Basal medium มี NaNO_3 เป็นแหล่งไนโตรเจนโดยทำการเพาะเลี้ยงในขวดน้ำเกลือที่มี ปริมาตร 1 ลิตรในสภาวะแวดล้อมปกติ

สูตรปฏี Bold's Basal medium มี KNO_3 เป็นแหล่งไนโตรเจนโดยทำการเพาะเลี้ยงในขวดน้ำเกลือที่มี ปริมาตร 1 ลิตรในสภาวะแวดล้อมปกติ

สูตรปฏี Bold's Basal medium มี $\text{CH}_4 \text{NO}_2$ เป็นแหล่งไนโตรเจนโดยทำการเพาะเลี้ยงในขวดน้ำเกลือ ที่มี ปริมาตร 1 ลิตรในสภาวะแวดล้อมปกติ

เตรียมอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงสาหร่าย *Nostoc commune* ในอาหารสูตร Bold's Basal medium โดยสาหร่ายจะถูกเลี้ยงในอาหารที่มีอุณหภูมิต่างกันคือ 15, 20, 25, 30 และ 35 องศาเซลเซียส

3. การเก็บเกี่ยวและการทำแห้ง

การเก็บเกี่ยวสาหร่าย *Nostoc commune* โดยวิธีการกรอง นำสาหร่ายไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C สาหร่ายที่แห้งแล้วจะมีลักษณะเป็นแผ่นเล็ก ๆ นำไปปิดให้เป็นผงเก็บไว้ในถุงพลาสติก เพื่อวิเคราะห์หาโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ความชื้น เถ้า แคลเซียม ฟอสฟอรัส

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

1. ความชื้น โดยวิธีการอบแห้ง (Drying Methods)

1.1 อุปกรณ์

1.1.1 ตู้อบแห้ง (Drying Oven)

1.1.2 ถ้วยครุชเชิล

1.1.3 โถดูดความชื้น

1.1.4 เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

1.1.5 คีมจับ (Tong)

1.2 วิธีการทดลอง

1.2.1 เตรียมถ้วยครุชเชิลที่ล้างสะอาดแล้วนำมาอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 100°C นาน 2 ชั่วโมง นำออกจากเตาอบเข้าใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งให้เย็นแล้วนำมาชั่งจนได้น้ำหนักที่แน่นอน

1.2.2 ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักประมาณ 2 กรัม ใส่ถ้วยครุชเชิลที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว

1.2.3 นำไปอบที่อุณหภูมิ 105°C นาน 2 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.4 นำตัวอย่างออกจากตู้อบแล้วทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น เมื่อเย็นแล้วนำมาชั่งน้ำหนัก

1.2.5 นำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น

1.3 การคำนวณหาปริมาณความชื้น

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{(A-B) \times 100}{W}$$

W

A = น้ำหนักถ้วยครุซิบิล + ตัวอย่างก่อนอบ

B = น้ำหนักถ้วยครุซิบิล + ตัวอย่างหลังอบ

W = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในหาววิเคราะห์

2. การวิเคราะห์เก่าทั้งหมด

2.1 อุปกรณ์

2.1.1 ถ้วยกระเบื้อง (Crusible)

2.1.2 Hot plate

2.1.3 ตู้ควัน (Fume cupboard)

2.1.4 เตาเผา (Muffle furnace)

2.1.5 คีมคีบ (Tong)

2.1.6 ถุงมือกันความร้อน

2.1.7 โถดูดความชื้น (Desicator)

2.1.8 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

2.2 วิธีการ

2.2.1 เตา Crusible ที่สะอาดและแห้งในเตาเผาที่อุณหภูมิ 450-600 °C นาน 1-2 ชั่วโมง ปลดปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งเพื่อหาทราบน้ำหนักที่แน่นอน

2.2.2 นำตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์จำนวนประมาณ 2-3 กรัม ใส่ลงใน Crusible

2.2.3 เปิดพัดลมในตู้ดูดควันแล้วนำตัวอย่างอาหารใน Crusible เข้าไปในตู้ดูดควันโดยใช้ Hot plate

2.2.4 นำ Crusible พร้อมตัวอย่างที่ไหม้แล้วเข้าไปเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 450-600 °C เมาจนเป็นสีขาวหรือสีเทาอ่อน ปกติใช้เวลา 1 ชั่วโมงครึ่ง - 2 ชั่วโมง ถ้าถ้าไม่เป็นสีขาว ให้หยุดแอมโมเนียมคาร์บอเนต 2-3 หยดลงบนแก้ว ระบายให้แห้งแล้วเผาต่อในเตาเผาจนได้สีขาว

2.2.5 ใช้คีมคีบ Crusible ไปทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วนำไปชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด

2.3 คำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\% \text{ ภั้กั้ทั้งหมดในตัวอย่างแห้ง} = \frac{(A-B) \times 100}{W}$$

W

เมื่อ A = น้ำหนัก Crucible ที่เย็น + น้ำหนักภั้กั้ที่ได้หลังจากการเผา

B = น้ำหนัก Crucible

W = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์

(% สิ่งแห้ง (Dry matter) = 100 - % ความชื้น)

3. การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในอาหารโดยวิธี Spectrophotometry

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 Volumetric flask ขนาด 1 ลิตร และ 100 มิลลิลิตร

3.1.2 Volumetric pipet ขนาด 25 ml.

3.1.3 ปีกเกอร์ขนาด 250 ml.

3.1.4 Graduated pipet ขนาด 10 ml

3.1.5 Graduated test ขนาด 10 ml พร้อมฝาปิด 6 หลอด

3.1.6 Spectrophotometer, cuvet

3.2 สารเคมี

3.2.1 Molybdovanadate reagent

3.2.1.1 ละลาย 20 กรัม แอมโมเนียมโมลิบเดต ในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร (solution A)

3.2.1.2 ละลาย 1 กรัม แอมโมเนียมเมตาแอสตาเตในน้ำกลั่นร้อน 125 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเติม 225 มิลลิลิตร 70 % กรดเปอร์คลอริก (solution B)

3.2.1.3 ค่อย ๆ ริน solution A ลงใน solution B ชัก ๆ คนให้เข้ากันปรับให้มีปริมาตร 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

3.2.2 Phosphorous standard stock solution

ละลายโปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) ที่บริสุทธิ์และแห้งหนัก 0.4394 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วทำให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร

3.2.3 HCL 50% (v/v)

3.3 วิธีทดลอง

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

3.3.1 ละลายโปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) ที่บริสุทธิ์และแห้งหนัก 0.4394 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วทำให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร (1 ml ของสารละลายที่ทำให้เจือจางแล้วนี้ จะมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัส 0.10 mg)

3.3.2 เตรียมสารละลายมาตรฐานของโบมแทลเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ให้มีความเข้มข้นที่ 0 , 1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 ppm. ตามลำดับ แล้วเติม molybdovanadate reagent 10 ml เติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 50 ml นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (% absorance) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 400 nm.

เขียนกราฟมาตรฐาน โดยให้ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานอยู่บนแกน X และค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) อยู่บนแกน Y หาปริมาณของฟอสฟอรัสในสารละลายตัวอย่างได้โดยการอ่านค่าจากเส้นกราฟมาตรฐาน

3.4 ละลายตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์

3.4.1 ถ่ายแก้วที่ได้จากการเผาลงในบีกเกอร์ขนาด 250 ml โดยใช้กรดเจือจาง(HCL50%) และน้ำกลั่นร้อนช่วยล้างแก้วในครุชีเบล เติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 75 ml

3.4.2 ต้มให้เดือดช้า ๆ บน hot plate ระเหยน้ำให้เหลือประมาณ 50 ml ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 45 นาที – 1 ชั่วโมง

3.4.3 กรองสารละลายใส่ Erlenmeyer flask 250 ml โดยใช้กระดาษกรองที่ไม่มีเถ้า ใช้น้ำกลั่นร้อนล้างตะกอนลงบนกระดาษกรอง

3.4.4 ทิ้งให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่นลงใน Erlenmeyer flask ที่มีสารละลายข้างต้น ปรับปริมาตรให้ได้ 250 ml

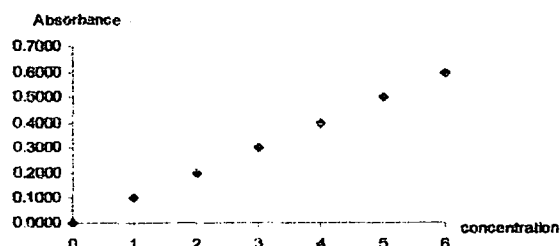
3.4.5 ใช้ปิเปตดูดสารละลายข้างต้นมา 2 ml ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 50 ml และเติม Molybdovanadate reagent 10 ml

3.4.6 เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เพื่อให้เกิดสีเหลืองแล้วนำไปวัดค่า % absorance โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ 400 nm.

3.4.7 อ่านค่าฟอสฟอรัสในตัวอย่างอาหารจากกราฟมาตรฐาน

3.5 การคำนวณ

$$\% \text{ Phosphorous ในอาหาร} = \frac{\text{ความเข้มข้นของแร่ธาตุที่อ่านได้จากกราฟ} \times 25 \times 250 \times 100}{1000 \times \text{น้ำหนักอาหาร(mg)}}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การวิเคราะห์แคลเซียม

4.1 อุปกรณ์

4.1.1 ถ้วยครุซีเบิ้ล (Porcelain evaporating dish หรือ crucible)

4.1.2 Hot plate

4.1.3 Muffle furnace

4.1.4 Burette

4.1.5 แท่งแก้วคนสาร

4.1.6 Volumetric flask ขนาด 250 ml.

4.1.7 น้ำกลั่น

4.1.8 บีเปต ขนาด 50 ml และขนาดอื่นๆ

4.1.9 บีกเกอร์ขนาด 250 ml และบีกเกอร์สำหรับกรอง

4.1.10 กระจกนาฬิกา

4.1.11 กระดาษกรองเบอร์ 40

4.2 สารเคมี

4.2.1 NO_3 conc

4.2.2 6 N HCL

4.2.3 HCl 50 %

4.2.4 H_2SO_4 conc

4.2.5 สารละลาย NH_4OH conc

4.2.6 Ammonium oxalate 4%

4.2.7 Potassium permanganate 0.05 N

4.2.8 Ammonium hydroxide เจือจาง

4.2.9 Methyl red

4.2.10 ยูเรีย

4.2.11 Calcium chloride

4.3 วิธีการทดลอง

4.3.1 ชั่งตัวอย่างอาหารโดยให้มีแคลเซียมในอาหารอยู่อย่างน้อย 5 mg (ประมาณ 0.3 กรัมของอาหาร) ลงใน crucible นำไปเผาบน hot plate จนแห้ง

4.3.2 นำไปเผาต่อในเตาเผา โดยค่อยเร่งอุณหภูมิไปที่ 550 องศาเซลเซียส ทำการเผาเป็นระยะเวลา 3-4 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 นำออกจากเตาเผา ทิ้งไว้ให้เย็นและทำให้ขึ้นด้วยกรดไนตริก โดยใช้แท่งแก้วค่อย ๆ หยดพอขึ้น ตั้งบน hot plate จนแห้ง

4.3.4 นำกลับไปเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส อีกเป็นเวลาครึ่งชั่วโมง ถ้าหากแก้วที่ได้ยังไม่ขาวให้เติมกรดไนตริก อีกทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเผาซ้ำอีกครั้ง จนกระทั่งได้แก้วสีขาว

4.3.5 นำแก้วที่ได้จากการเผามาไตเตรท HCl 50% จำนวน 10ml.

4.3.6 นำไปตั้งบน hot plate ต้มเพื่อให้แก้วละลายให้หมด ใช้แท่งแก้วคน (ควรเปิดไฟอ่อนๆ ขนาดเบอร์ 1-1.5)

4.3.7 ถ่ายสารละลายลงใน volumetric flask ขนาด 250 ml. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

4.3.8 บีบเปตสารละลายมา 50 ml. ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 ml. หยด methyl red 1-2 หยด (เป็นกรด มีสีส้มแดง) ทำให้เป็นกลางด้วย NH_4OH conc. จนสารละลายมีสีเหลืองอ่อน ๆ ของ methyl red

4.3.9 เติม 6 N HCl จำนวน 1.5 ml. ยูเรีย 5 กรัม และ ammonium oxalate 4% จำนวน 5 ml. ลงไปบีกเกอร์

4.3.10 ปิดเบ็กเกอร์ด้วยกระดาษฟิลา นำไปต้มจนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีส้มหรือขาวทิ้งไว้ให้เย็น กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 40 ล้างตะกอนด้วยแอมโมเนียมเอ็กซาลาต (ทดสอบโดยหยด CaCl_2 ในน้ำล้าง ถ้ายังเกิดตะกอน แสดงว่า oxalate ยังไม่หมด)

4.3.11 เอาบีกเกอร์ใบเดิมที่ใช้ตกตะกอน รองได้กระดาษกรอง เจาะกระดาษกรองให้เป็นล้างด้วยน้ำกลั่นจนหมดตะกอนแล้วเติม H_2SO_4 conc. จำนวน 2.5 ml. นำไปอุ่นใน Hot plate ที่ 85 องศาเซลเซียส

4.3.12 นำมาไตเตรทกับ potassium permanganate 0.05 N จนได้สารละลายสีชมพูจางๆ ปรากฏอยู่นานไม่ต่ำกว่า 30 วินาที แสดงว่าถึงจุด end point

4.4 คำนวณหา %Ca

$$1 \text{ ml. ของ } 0.05 \text{ KMnO}_4 = 0.01 \text{ กรัมของแคลเซียม}$$

$$\% \text{ Ca} = \frac{\text{ml.} \times 0.01 \times 100}{W}$$

W

$$\text{ml} = \text{จำนวนของ KMnO}_4$$

$$W = \text{จำนวนน้ำหนักของอาหารที่วิเคราะห์}$$

5. การวิเคราะห์โปรตีนทั้งหมด (Cruse Protein) โดยวิธีเจลดาล์ (Kjeldahl Method)

5.1 อุปกรณ์

5.1.1 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์โปรตีน ประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.1.1 เครื่องย่อยสาร (digestion apparatus)

5.1.1.2 หลอดย่อยสาร (Kjeldahl tube) ขนาด 250 มิลลิลิตร

5.1.1.3 Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร

5.1.1.4 ที่วางหลอดย่อย (Insert rack)

5.1.2 เครื่องกลั่น

5.1.2.1 เครื่องกลั่น (Distillation apparatus) พร้อม Cooling bath เพื่อหมุนเวียน
น้ำเย็นเข้าสู่ Condenser

5.1.3 บิวเรต

5.1.4 ขาดัง

5.2 สารเคมี

5.2.1 กรดกำมะถันเข้มข้น (H_2SO_4 conc. 93-98%)

5.2.2 ค่ะตะลิสต์ผสม

(ประกอบด้วย Potassium sulphate 100 กรัม Coppersulphate 10 กรัม)

5.2.3 สารละลาย NaOH 32%

5.2.4 สารละลายกรดบอริก 4%

5.2.5 อินดิเคเตอร์

(Bromocresol green ผสมกับ Methyl red ในอัตราส่วน 5 : 1)

5.2.6 สารละลายมาตรฐานกำมะถัน 0.1 N ($0.1 N H_2SO_4$)

5.3 วิธีการทดลอง

5.3.1 การย่อย (Digestion)

5.3.1.1 ชั่งตัวอย่างด้วยน้ำหนักที่แน่นอน (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ประมาณ 0.5
กรัม ใส่ลงในหลอดย่อยสาร (Kjeldahl tube)

5.3.1.2 ใส่ค่ะตะลิสต์ผสมจำนวน 10 กรัม ลงใน Kjeldahl tube ที่มีสารตัวอย่าง
เติมกรดกำมะถันเข้มข้น (H_2SO_4 conc.) 20 มิลลิลิตร

5.3.1.3 นำไปย่อยด้วยเครื่องย่อยที่อุณหภูมิ 350 – 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา
1 ชั่วโมงครึ่ง – 2 ชั่วโมง จนกระทั่งสารละลายใสแล้วปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

5.1.1.4 เมื่อสารละลายเย็นดีแล้ว ให้เติมน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร แล้วจึงนำไปเข้า
เครื่องกลั่น

5.3.2 การกลั่น (Distillation)

5.3.2.1 เสียบปลั๊กไฟเครื่องกลั่นให้พร้อมสำหรับการทำงาน พร้อมกับเปิดวาล์ว
น้ำเครื่อง Cooling bath เพื่อให้ น้ำไหลหล่อเย็น Condenser

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2.2 นำหลอดย่อยไปวางต่อเข้ากับเครื่องกลั่น

5.3.2.3 เติมน้ำสารละลายกรดบอริก 4% จำนวน 25 มิลลิลิตร ลงใน Erlenmeyer Flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม mix indicator 2-3 หยด จากนั้นนำไปวางต่อเข้ากับเครื่องกลั่น เพื่อทำหน้าที่เก็บแอมโมเนียที่ได้จากการกลั่น

5.3.2.4 ตั้งโปรแกรมการทำงานโดยให้มีการเติม NaOH 32 % จำนวน 75 มิลลิลิตร ลงในหลอดย่อย

5.3.2.5 ทำการกลั่นเป็นเวลา 5 - 7 นาที เพื่อให้แอมโมเนียไปเก็บไว้ในสารละลายกรดบอริก นำสารละลายที่ได้ไปไตเตรตด้วย H_2SO_4 0.1 N

5.4 การไตเตรต (Titration)

5.4.1 เติม H_2SO_4 0.1 N ลงในบิวเรต

5.4.2 นำสารละลายตัวอย่างใน Erlenmeyer flask ที่ได้จากการกลั่น มาทำการไตเตรต จนได้จุดยุติเป็นสีชมพู

5.4.3 เปรียบเทียบกับ Blank ทำเช่นเดียวกันทุกขั้นตอน ยกเว้นจะไม่ใส่สารตัวอย่าง

5.4.4 บันทึกปริมาตรของ H_2SO_4 0.1 N ที่ใช้ในการไตเตรตสารตัวอย่างและ Blank

5.5 การคำนวณปริมาณโปรตีน

$$\% \text{ Crude protein} = \frac{1.4(V)N \times 6.25}{W}$$

V = ปริมาตรของกรดซัลฟิวริกที่ใช้ไตเตรต

N = ความเข้มข้นเป็น Normal ของ H_2SO_4

W = น้ำหนักตัวอย่างอาหาร

6. การวิเคราะห์ไขมัน

6.1 อุปกรณ์

6.1.1 เครื่องสกัดไขมันแบบ Soxlet (Soxlet apparatus)

6.1.2 Flask ก้นกลม Extraction thimble

6.1.3 สาลี่ , กระดาษกรอง

6.1.4 โถดูดความชื้นและตู้อบ

6.1.4 กระดาษฟอยล์

6.2 สารเคมี

6.2.1 Petroleum ether

6.3 วิธีการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3.1 นำ flask ก้นกลมที่สะอาดไปอบในตู้ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ทิ้งให้เย็นเป็นเวลา 3 ชั่วโมงในโถดูดความชื้นแล้วนำออกมาชั่งให้ได้น้ำหนักคงที่

6.3.2 ชั่งสารตัวอย่างให้มีน้ำหนัก 1.5 กรัม ห่อด้วยกระดาษกรอง แล้วใส่ลงใน Extraction thimble (ตัวอย่างและ Extraction thimble ที่ใช้ควรผ่านการอบไล่ความชื้นออก) ชูดด้วยสำลีที่ปราศจากไขมัน จากนั้นนำไปใส่ลงในชุด Soxlet

6.3.3 เติม Petroleum ether ลงใน flask ก้นกลม 150 มิลลิลิตร ปิด Condenser ด้วยสำลีและหุ้มด้วยกระดาษฟอยด์

6.3.4 เปิด Cooling bath โดยตั้งอุณหภูมิที่ 5-10 องศาเซลเซียส

6.3.5 เปิดเครื่องมือให้ความร้อน โดยเริ่มแรกให้หมุนปุ่มไปที่ตำแหน่งให้ความร้อน 3 (การปรับตำแหน่งระดับของความร้อนที่ใช้ ให้สังเกตจากการเดือดของสารละลาย โดยสารละลายควรเดือดในระดับที่สมดุลกับการกลั่นตัวของไอ)

6.3.6 การสกัดใช้เวลาประมาณ 4-6 ชั่วโมง ก็สามารถสกัดไขมันจากตัวอย่างอาหารได้หมดจากนั้นนำ thimble ออกจากชุด soxlet

6.3.7 กลับเก็บ solvent ต่อ จนกระทั่ง petroleum ether ใน flask ก้นกลมเกือบหมด

6.3.8 นำ flask ก้นกลมที่มีไขมันอบในตู้ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนัก

6.4 การคำนวณปริมาณไขมัน

$$\% \text{ Ether extract ของอาหาร} = \frac{(b-a)}{w} \times 100$$

a = น้ำหนักของขวดแก้วกันแบน

b = น้ำหนักของขวดแก้วกันแบนและ ether extract หลังอบ

w = น้ำหนักของตัวอย่างอาหาร

7 การวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต

7.1 อุปกรณ์

7.1.1 หลอดทดลองขนาด 20 ml

7.1.2 Vortex

7.1.3 เครื่องวัด spectrophotometer

7.2 สารเคมี

7.2.1 Phenol 5 %

7.2.2 H₂SO₄ conc

7.2.3 glucose standard

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

7.3 วิธีการทดลอง

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

เตรียมสารละลายกลูโคสที่มีความเข้มข้น 200 ug/100 ml

เตรียมสารละลายมาตรฐานกลูโคสให้มีความเข้มข้น 0, 10, 20, 40, 60, 80, 100 ug/ml

ตาม

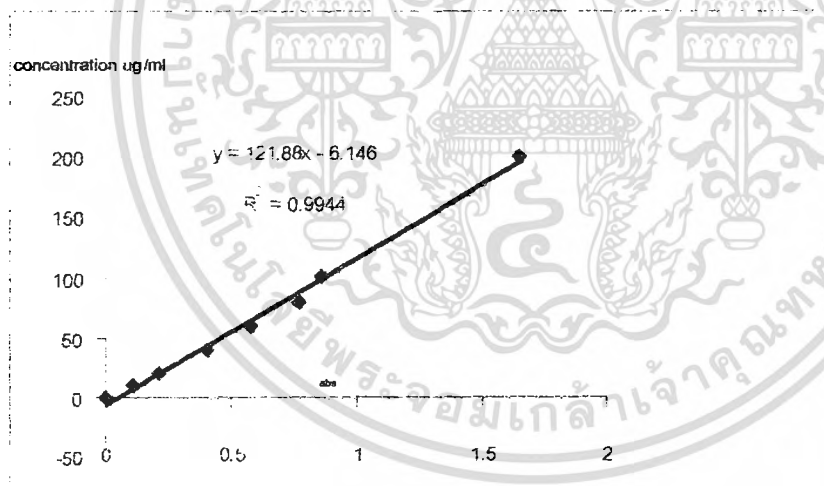
ลำดับ เติมน้ำ phenol 5 % 1 ml เติมน้ำ H_2SO_4 conc 10 ml เติมน้ำแล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (%absorbance) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 485 nm

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

ซึ่งตัวอย่าง ประมาณ 0.0001-0.0009 กรัม เติมน้ำ phenol 5% 1 ml เติมน้ำ H_2SO_4 conc 10 ml ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง(%absorbance) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 485 nm

7.4 วิธีการคำนวณ

$$\% \text{ Carbohydrate} = \frac{\text{slope} \times \text{total volume} \times OD_{485} \times 100}{\text{น้ำหนักแห้ง} \times 1 \times 1000}$$



สมการที่ได้ $y = ax + b$

โดยที่ $y = \text{absorbance}$

$X = \text{ความเข้มข้นของคาร์โบไฮเดรต}$

การคำนวณ%คาร์โบไฮเดรต $x = \frac{y-b}{a}$

a

8. การหาปริมาณโปรตีนโดยวิธี Lowry's method

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.1 อุปกรณ์

8.1.1 หลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร

8.1.2 ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตร

8.1.3 ปิเปตขนาด 5 มิลลิลิตร

8.1.4 Vortex

8.1.5 เครื่อง spectrophotometer

8.2 สารเคมี

8.2.2 1N NaOH

8.2.3 reagent A (5%Na₂CO₃)

8.2.4 reagent B (1%CuSO₄·5H₂O)

8.2.5 reagent C (2%NaKC₄H₆O₆·4H₂O)

8.2.6 reagent D (ผสม A 50 ml +B 1ml +C 1ml)

8.2.6 Folin-Ciocalteu reagent (เจือจาง 1:1)

8.3 วิธีการ

8.3.1 ตูดตัวอย่างมา 0.5มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองเต็ม 1N NaOH จำนวน 0.5 มิลลิลิตร ลง ในตัวอย่าง นำไปต้มเป็นเวลา 20 นาทีทิ้งให้เย็น

8.3.2 เติม reagent D จำนวน2.5มิลลิลิตร เขย่าด้วย Vortexทิ้งไว้10นาที

8.3.3 เติม Folin-Ciocalteu reagent จำนวน 0.5 มิลลิลิตร เขย่าด้วย Vortexทิ้งไว้ 30 นาที

8.3.4 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 nm

8.4 เตรียมstandard curve จาก bovine serum albumin (BSA)

เตรียมสารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 0,10,20,40,60,80,100 ,150,200,300 ug/ml ตามลำดับ เติม1N NaOH 0.5 ml เติม reagent D 2.5 ml ทิ้งไว้ 10 นาทีแล้วเติม Folin-Ciocalteu reagent 0.5ml เขย่าแล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาทีนำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (%absorbance) ด้วยเครื่องSpectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 750 nm

เขียนกราฟมาตรฐาน โดยให้ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานอยู่บนแกน X และค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) อยู่บนแกน Y หาปริมาณของฟอสฟอรัสในสารละลายตัวอย่างได้ โดยการอ่านค่าจากเส้นกราฟมาตรฐาน

8.5 การคำนวณ

$$\% \text{ Protein} = \frac{\text{slope} \times \text{ตัวอย่าง} \times \text{OD}_{750} \times 100}{\text{น้ำหนักแห้ง} \times 1000}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ได้ $y = ax + b$

โดยที่ $y = \text{absorbance}$

$X = \text{ความเข้มข้นของโปรตีน}$

การคำนวณ%โปรตีน $x = \frac{y-b}{a}$

a

การวิเคราะห์ข้อมูล

เปรียบเทียบผลทางสถิติโดยวิธี one -ways ANOVA โดยโปรแกรม SPSS v.10.5

สถานที่ทำการทดลอง

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระยะเวลาในการทดลอง

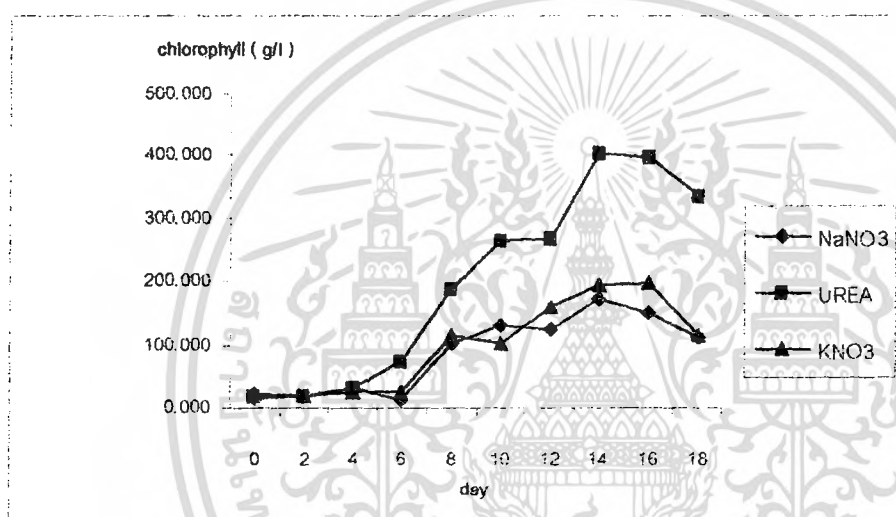
เริ่มการทดลอง มกราคม 2547- มกราคม 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์

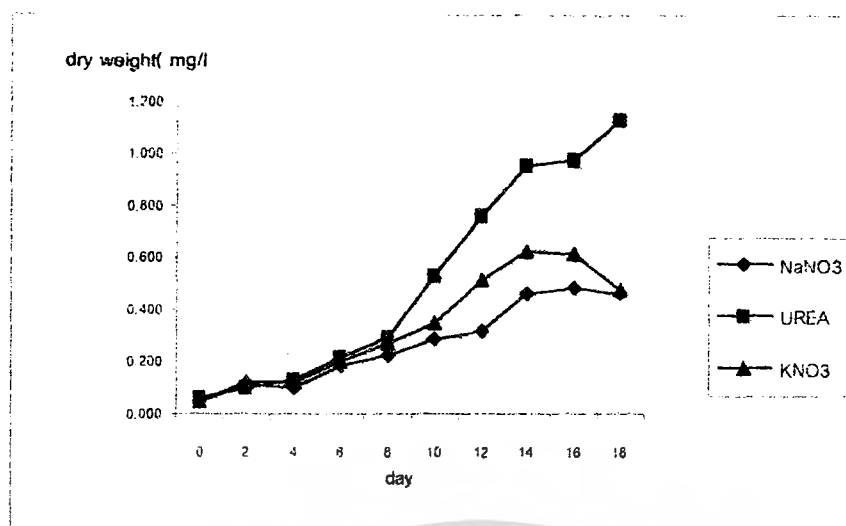
1. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารอาหาร

จากการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Nostoc commune* ในสูตรอาหาร BBM โดยเลี้ยงที่แหล่งไนโตรเจนต่างกัน และ อุณหภูมิที่เลี้ยงต่างกัน แล้ววัดการเจริญเติบโตทุกๆ 2 วันจนกระทั่งปริมาณน้ำหนักแห้งและ ปริมาณคลอโรฟิลล์คงที่ แล้วจึงทำการเก็บเกี่ยวเซลล์ในรูปสาหร่ายแห้ง โดยวิธีอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C ระหว่างการเลี้ยงพบว่าการเพาะเลี้ยงใช้เวลา 20 วัน จึงสามารถทำการเก็บเซลล์ได้ (ปลายระยะ exponential phase ต้นระยะ stationary phase)



ภาพที่ 1 กราฟปริมาณคลอโรฟิลล์ของสาหร่าย *Nostoc commune* ที่มีแหล่ง ไนโตรเจน 3 แหล่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



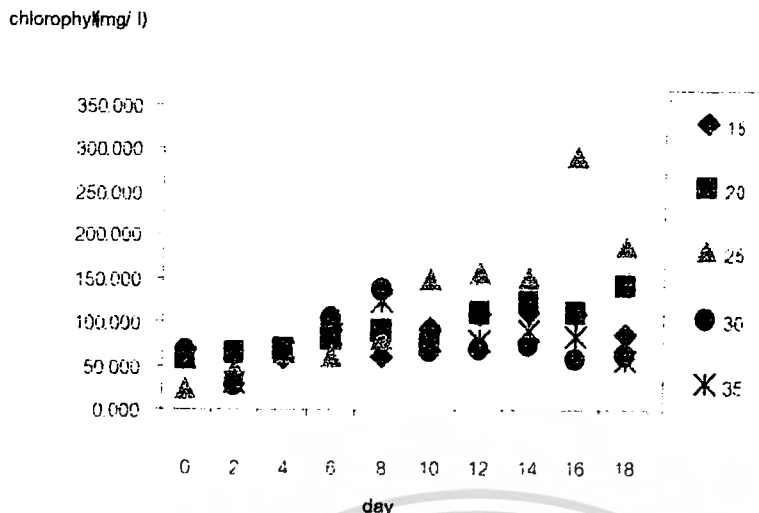
ภาพที่ 2 กราฟปริมาณน้ำหนักแห้งของสาหร่าย *Nostoc commune* ที่มีแหล่ง ไนโตรเจน 3 แหล่ง

การเจริญเติบโตของสาหร่าย *Nostoc commune* ที่มีแหล่ง ไนโตรเจน 3 แหล่ง

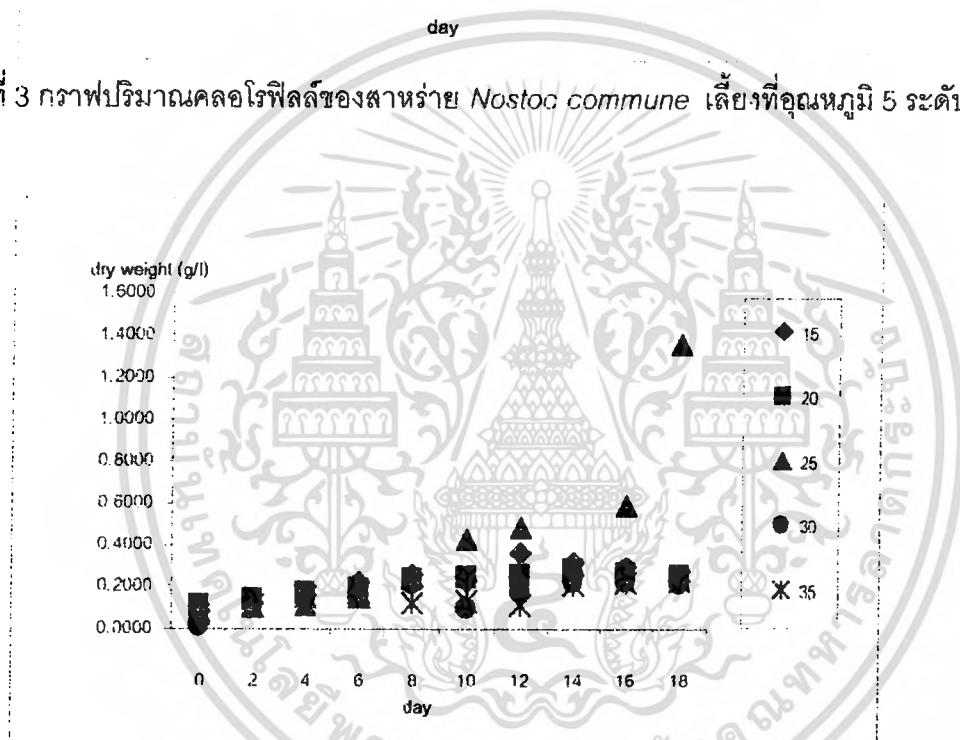
จากกราฟจะเห็นว่าสาหร่าย *Nostoc commune* ที่มีแหล่งไนโตรเจนทั้งสามใช้ระยะเวลาการปรับตัวประมาณ 2-5 วันการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม ใหม่ เช่น แสงและแร่ธาตุอาหาร การที่แพลงก์ตอนจะผ่านระยะปรับตัวเร็วมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของเซลล์และความอุดมสมบูรณ์ของอาหารที่เลี้ยง เมื่อเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตและแพร่ขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว ระยะนี้จะนานเท่าใดขึ้นอยู่กับปริมาณสารอาหาร และคุณสมบัติทางกายภาพของสิ่งแวดล้อมเช่น อุณหภูมิ แสงสว่าง ในการทดลอง *Nostoc commune* ระยะที่เซลล์มี (Exponential phase) แหล่งไนโตรเจนเป็น UREA Na NO₃ และ KNO₃ เข้าสู่ระยะนี้ประมาณวันที่ 6-18 แต่วันที่ 16 ของ KNO₃ เป็นแหล่งไนโตรเจนการเจริญเติบโตของสาหร่ายเริ่มช้าลง อาจเนื่องจากสารอาหารมีปริมาณลดลง เมื่อเข้าสู่วันที่ 20 สาหร่าย *Nostoc commune* ที่มี UREA เป็นแหล่งไนโตรเจนจะมีการเจริญเติบโตช้าลงในส่วนของ 2 แหล่งที่เหลือจะเริ่มมีการตาย (ภาพที่ 2)

ในส่วนของปริมาณคลอโรฟิลล์ที่มี UREA เป็นแหล่งไนโตรเจนปริมาณคลอโรฟิลล์มีแนวโน้มสูงขึ้นตลอด 20 วันของการทดลอง และ Na NO₃ และ KNO₃ จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์น้อยกว่าที่มี UREA เป็นแหล่งไนโตรเจน และปริมาณคลอโรฟิลล์จะเริ่มลดลงในวันที่ 12-14 ของการทดลอง (ภาพที่ 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 กราฟปริมาณคลอโรฟิลล์ของสาหร่าย *Nostoc commune* เลี้ยงที่อุณหภูมิ 5 ระดับ



ภาพที่ 4 กราฟปริมาณน้ำหนักแห้งของสาหร่าย *Nostoc commune* เลี้ยงที่อุณหภูมิ 5 ระดับ

1.2 การเจริญเติบโตของสาหร่าย *Nostoc commune* เลี้ยงที่อุณหภูมิ 5 ระดับ

จากกราฟจะเห็นว่าสาหร่าย *Nostoc commune* เลี้ยงที่อุณหภูมิ 5 ระดับ ใช้ระยะเวลาการปรับตัวประมาณ 2-6 วันการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม ใหม่ เช่น แสงและแร่ธาตุอาหาร การที่แพลงก์ตอนจะผ่านระยะปรับตัวเร็วมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของเซลล์และความอุดมสมบูรณ์ของอาหารที่เลี้ยง เมื่อเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตและแพร่ขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว ระยะนี้จะนานเท่าใดขึ้นอยู่กับปริมาณสารอาหาร และคุณสมบัติทางกายภาพของสิ่งแวดล้อมเช่น อุณหภูมิ แสงสว่าง ในการทดลอง *Nostoc commune* ระยะที่เซลล์มี (Exponential phase) เลี้ยงเอ็กสาร์นี้เป็นเอ็กสาร์ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ แสงสว่าง ในการทดลอง *Nostoc commune* ระยะที่เซลล์มี (Exponential phase) เลี้ยงที่อุณหภูมิ 5 ระดับ เข้าสู่ระยะนี้ประมาณวันที่ 8-12 แต่วันที่ 16 ของ สาหร่าย *Nostoc commune* เลี้ยงที่อุณหภูมิ 15, 30 และ 35 องศาเซลเซียส การเจริญเติบโตของสาหร่ายเริ่มช้าลง อาจเนื่องจากสารอาหารมีปริมาณลดลง หรืออุณหภูมิไม่เหมาะกับการเจริญเติบโตช่วงนั้น เมื่อเข้าสู่วันที่ 20 สาหร่าย *Nostoc commune* เลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะมีการเจริญเติบโตช้าลงในส่วนของสาหร่าย *Nostoc commune* เลี้ยงที่อุณหภูมิ 15, 30 และ 35 องศาเซลเซียส ที่เหลือจะเริ่มมีการตาย (ภาพที่ 4)

ในส่วนของปริมาณคลอโรฟิลล์ สาหร่าย *Nostoc commune* เลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ปริมาณคลอโรฟิลล์มีแนวโน้มสูงขึ้นตลอด 20 วันของการทดลอง และสาหร่าย *Nostoc commune* เลี้ยงที่อุณหภูมิ 15, 30 และ 35 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์น้อยกว่า และปริมาณคลอโรฟิลล์จะเริ่มลดลงในวันที่ 12-16 ของการทดลอง (ภาพที่ 3)

จากการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Nostoc commune* ในสูตรอาหาร BBM ที่มีแหล่งไนโตรเจนต่างกันและ อุณหภูมิต่างกัน พบว่าในช่วงการเจริญเติบโตของสาหร่ายลดลงเนื่องจากอุณหภูมิที่ทดลองในการแปรผันแหล่งไนโตรเจนนั้นมีค่าสูงในวันที่ 14 ของการทดลองเนื่องจากเครื่องปรับอากาศภายในห้องปฏิบัติการเสียและในการทดลองเรื่องอุณหภูมิพบว่าปัญหาเกิดจากความเข้มแสงที่ได้รับไม่เท่ากัน ในบางครั้งเป็นสาเหตุจากมีไอน้ำมาเกาะที่แผ่นพลาสติกสำหรับปิดเครื่อง ทำให้การกระจายตัวของสาหร่ายไม่ดี จึงได้รับสารอาหารไม่ทั่วถึง โดยในการทดลองชุดที่ทำการทดลองแปรผัน แหล่งไนโตรเจนจะมีค่าอุณหภูมิอยู่ในช่วง 25 ± 2 องศาเซลเซียส ความเข้มแสงในห้องปฏิบัติการคือ 1618 Lux และชุดที่ทำการทดลอง เรื่องการแปรผันอุณหภูมิมิค่าความเข้มแสงอยู่ที่ 1428 ± 192 Lux ซึ่งความเข้มแสงเหล่านี้ถ้าเป็นสภาพกลางแจ้งจริงๆ มีค่าเฉลี่ยคือ 8927 Lux อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย 29 ± 3.5 องศาเซลเซียส ศิริเพ็ญ (2542) กล่าวว่า แสงจากหลอดไฟธรรมดาจะให้ผลการเจริญเติบโตของสาหร่ายดีที่สุดตรงลงมาคือแสงแดด และแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ นอกจากนี้ความแรงของปั๊มอากาศก็มีผลต่อการเจริญของสาหร่ายเช่นกัน การปั๊มอากาศตลอดเวลาด้วยความแรงที่พอเหมาะจะช่วยให้การกระจายตัวของสาหร่ายเป็นไปได้ดีทำให้สาหร่ายได้รับสารอาหารอย่างทั่วถึง แต่ระหว่างการทดลองความแรงของปั๊มอากาศไม่เพียงพอที่จะทำให้มีการหมุนเวียน จึงเป็นสิ่งที่น่าคำนึงถึงในการเพาะเลี้ยง คือขนาดของภาชนะที่ใช้ต้องมีความเหมาะสม และจัดให้มีการหมุนเวียนของน้ำอย่างพอดีกับภาชนะ เพื่อให้ได้สาหร่ายที่มีผลผลิตสูงและมีคุณภาพดี

2.การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

2.1 สาหร่าย *Nostoc commune* จากสูตรอาหาร BBM ที่มีแหล่งไนโตรเจนต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 เลี้ยงโดยมี NaNO_3 เป็นแหล่งไนโตรเจนในสูตรอาหาร BBM เมื่อเก็บเกี่ยวสาหร่ายในรูปสาหร่ายแห้งแล้วนำมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ผลการวิเคราะห์พบว่า *Nostoc commune* มีปริมาณเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักแห้งคือ โปรตีน (crude protein) 43.40 ± 0.23 ไขมัน (crude lipids) 3.33 ± 0.45 เถ้า (ash) 13.89 ± 0.21 มีปริมาณแร่ธาตุเฉลี่ยคือ ฟอสฟอรัส 0.413 ± 0.126 แคลเซียม 0.28 ± 0.07 (ตารางที่ 1)

2.1.2 เลี้ยงโดยมี UREA เป็นแหล่งไนโตรเจนในสูตรอาหาร BBM ผลการวิเคราะห์พบว่า *Nostoc commune* มีปริมาณเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักแห้งคือ โปรตีน (crude protein) 46.88 ± 2.46 ไขมัน 29.99 ± 0.28 เถ้า 6.99 ± 0.30 มีปริมาณแร่ธาตุเฉลี่ยคือ ฟอสฟอรัส 0.369 ± 0.025 แคลเซียม 0.69 ± 0.12 (ตารางที่ 1)

2.1.3 เลี้ยงโดยมี KNO_3 เป็นแหล่งไนโตรเจนในสูตรอาหาร BBM ผลการวิเคราะห์พบว่า *Nostoc commune* มีปริมาณเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักแห้งคือ โปรตีน (crude protein) 43.36 ± 1.34 ไขมัน 1.04 ± 0.07 เถ้า 9.28 ± 0.31 มีปริมาณแร่ธาตุเฉลี่ยคือ ฟอสฟอรัส 0.406 ± 0.051 แคลเซียม 0.56 ± 0.20 (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการสาหร่าย *Nostoc commune* จาก 3 แหล่งไนโตรเจน

คุณค่าทางโภชนาการ (ร้อยละน้ำหนักแห้ง)	NaNO_3	UREA	KNO_3
Protein	43.40 ± 0.23^a	46.88 ± 2.46^a	43.36 ± 1.34^a
Lipid	3.33 ± 0.45^a	29.99 ± 0.28^c	1.04 ± 0.07^b
Ash	13.89 ± 0.21^a	6.99 ± 0.30^b	9.28 ± 0.31^c
Calcium	0.28 ± 0.07^a	0.69 ± 0.12^a	0.56 ± 0.20^a
Phosphorus	0.413 ± 0.126^a	0.369 ± 0.025^a	0.406 ± 0.051^a
Carbohydrate	16.80 ± 1.00^a	16.96 ± 1.94^c	7.03 ± 1.11^b
Fiber	21.9 ± 1.00^a	27.4 ± 0.02^a	9.4 ± 0.30^b

ตัวอักษร (a, b, c) ในแถวแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกันคือ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อเก็บเกี่ยวสาหร่าย *Nostoc commune* ในรูปสาหร่ายแห้งแล้วนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายพบว่า ปริมาณโปรตีนในสาหร่ายที่มีแหล่งไนโตรเจนต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่สาหร่าย *Nostoc commune* ที่มี UREA เป็นแหล่งไนโตรเจนมีปริมาณโปรตีน (crude protein) เฉลี่ยสูงสุดคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักคือ 43.40 % ไขมัน (crude lipids) ที่สกัดมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่มีปริมาณสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 29.99 % ซึ่ง UREA เป็นแหล่งไนโตรเจนในส่วนของปริมาณแร่ธาตุทั้งแคลเซียมและฟอสฟอรัสไม่มีความแตกต่างทางนัยสำคัญทางสถิติ

2.2 สาหร่าย *Nostoc commune* จากสูตรอาหาร BBM ที่มีแหล่งอุณหภูมิต่างกัน

2.2.1 เปอร์เซ็นต์โปรตีนที่การเลี้ยงอุณหภูมิต่างๆ

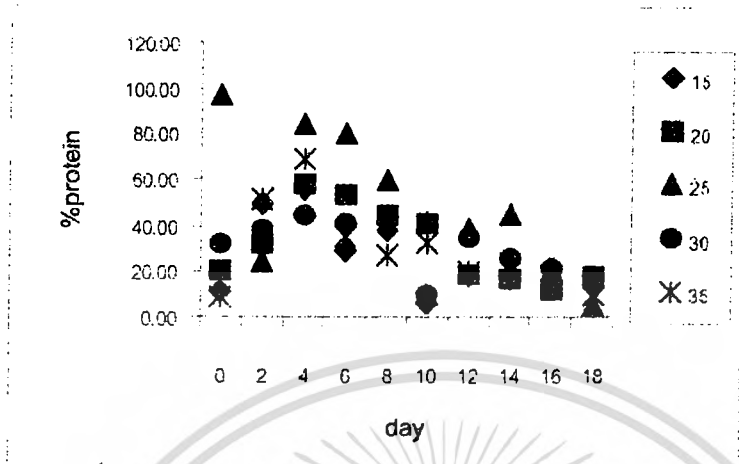
ในวันแรกของการทดลองพบว่าการเลี้ยงสาหร่ายที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีค่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงสุดวันที่ 2 ของการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติสำหรับเปอร์เซ็นต์โปรตีนทั้ง 5 อุณหภูมิที่เลี้ยง ในวันที่ 4-6 ของการทดลองพบว่า เปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงสุดอยู่ที่การเลี้ยงสาหร่ายที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส วันที่ 8 ของการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติสำหรับเปอร์เซ็นต์โปรตีน ในวันที่ 10 ของการทดลองพบว่า เปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงสุดไม่มีความแตกต่างระหว่าง สาหร่ายที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 20 และ 25 องศาเซลเซียส วันที่ 12 ของการเลี้ยงพบว่าที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงสุด วันที่ 14- 16 ของการทดลองพบว่า มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงสุดจากสาหร่ายที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส วันสุดท้ายของการทดลองพบว่า เปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงสุดจากสาหร่ายที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (ตารางผนวกที่ 2)

2.2.2 เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตที่การเลี้ยงอุณหภูมิต่างๆ

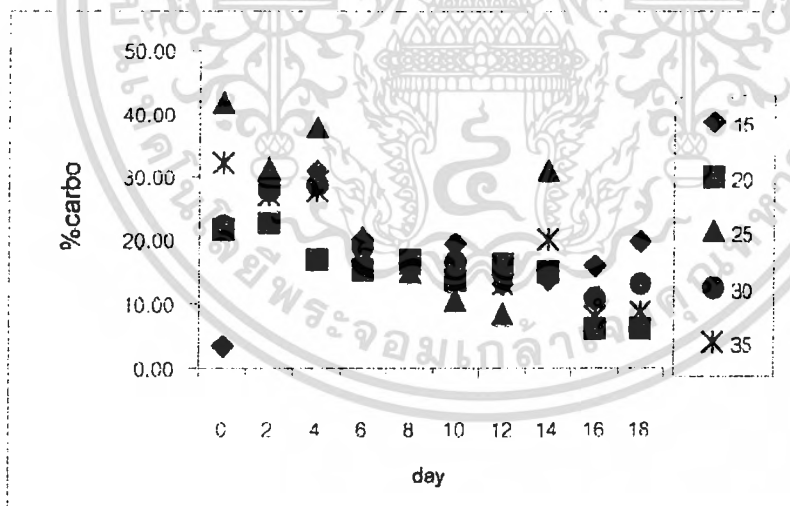
ในวันแรกของการทดลองพบว่าการเลี้ยงสาหร่ายทั้ง 6 ระดับอุณหภูมิไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในวันที่ 4 -6 ของการทดลองพบว่า เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตสูงสุดที่ การเลี้ยงสาหร่ายที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในวันที่ 8-10 ของการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในวันที่ 12 พบว่า เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตสูงสุดที่ การเลี้ยงสาหร่ายที่ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ในวันที่ 14 ของการเลี้ยงพบว่า เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตสูงสุดที่ การเลี้ยงสาหร่ายที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส วันสุดท้ายของการทดลองพบว่า เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตสูงสุดที่ การเลี้ยงสาหร่ายที่ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส (ตารางผนวกที่ 3) จากผลการทดลองสามารถอ้างโดยรายงานของ อามาร์ตันี กล่าวถึงอุณหภูมิที่เจริญเติบโตได้ดีของสาหร่าย *Nostoc commune* คือที่ 20-25 องศาเซลเซียส และเมื่ออุณหภูมิไม่เหมาะสม จะทำให้สาหร่ายอยู่ในระยะ resting stage ใช้อาหารที่มีสะสมเฉพาะในเซลล์ ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของคาร์โบไฮเดรตจะทำการวิเคราะห์medium ปริมาณ 1 มิลลิลิตร ซึ่งจะพบปริมาณคาร์โบไฮเดรตจำนวนน้อยมากในทำmediaที่เลี้ยง (ตารางผนวกที่ 4)



ภาพที่ 5 กราฟเปอร์เซ็นต์โปรตีนของสาหร่าย *Nostoc commune* เลี้ยงที่อุณหภูมิ 5 ระดับ



ภาพที่ 6 กราฟเปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตของสาหร่าย *Nostoc commune* เลี้ยงที่อุณหภูมิ 5 ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปและข้อเสนอแนะ

การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Nostoc commune* โดยทดลองผันแปรด้านแหล่งไนโตรเจนที่แตกต่างกันไป ในสูตรอาหาร BBM โดยมีแหล่งไนโตรเจน 3 แหล่ง คือ CH_4NO_2 (ยูเรีย), NaNO_3 และ KNO_3 พบว่าแหล่งไนโตรเจนที่ต่างกันมีผลต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าทางอาหาร คุณค่าทางอาหารของ *N. commune* ที่เลี้ยงโดย CH_4NO_2 , NaNO_3 และ KNO_3 พบว่าแหล่งไนโตรเจนที่แตกต่างกันมีผลทำให้ปริมาณโปรตีน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในสภาวะการเพาะเลี้ยงโดยมี CH_4NO_2 เป็นแหล่งไนโตรเจน มีปริมาณโปรตีนสูงสุด 46.88 ± 2.46 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง รองลงมาคือ NaNO_3 มีปริมาณ 43.40 ± 0.23 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง ตามด้วย KNO_3 ที่มีปริมาณโปรตีน 43.36 ± 1.34 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง สำหรับปริมาณไขมันในสาหร่าย พบว่าเมื่อใช้ CH_4NO_2 เป็นแหล่งไนโตรเจนทำให้สาหร่ายมีปริมาณไขมันสูงสุด 29.99 ± 0.28 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง รองลงมาคือ NaNO_3 ที่มีปริมาณไขมัน 3.33 ± 0.45 เปอร์เซ็นต์ และ KNO_3 เป็นแหล่งไนโตรเจน มีปริมาณไขมันต่ำสุด 1.04 ± 0.07 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง

ในส่วนของ การทดลองผันแปรด้านอุณหภูมิในการเลี้ยง พบว่าปริมาณโปรตีนมีค่ามากที่สุดที่การเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยมีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยสูงสุด 45.69 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือที่อุณหภูมิ 20, 30, 35 และ 15 องศาเซลเซียส มีปริมาณโปรตีน 31.45 เปอร์เซ็นต์, 30.74 เปอร์เซ็นต์, 28.82 เปอร์เซ็นต์ และ 27.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ อุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียสพบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตมีค่ามากที่สุดที่โดยมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 54.34 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือที่อุณหภูมิ 35, 25, 15, และ 20 องศาเซลเซียส มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 39.70 เปอร์เซ็นต์, 30.82 เปอร์เซ็นต์, 19.93 เปอร์เซ็นต์ และ 16.69 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการเพาะเลี้ยงสาหร่ายที่แหล่งไนโตรเจนต่างกันหรืออุณหภูมิต่างกัน จะเห็นได้ว่าคุณค่าทางโภชนาการที่แตกต่างกันซึ่ง LiuXJ (2001). โดยใช้แหล่งไนโตรเจนต่างกันคือ มียูเรีย และ แอมโมเนียในการเลี้ยง พบว่าการใช้ยูเรีย และ แอมโมเนีย มีผลให้โครงสร้างรูปร่างเปลี่ยนแปลง แตกต่างไปจากธรรมชาติ โดยที่เลี้ยงโดยมีแหล่งไนโตรเจนยูเรีย และ แอมโมเนีย จะทำให้ hormogonia และ aseriate colony มีระยะสั้นลงกว่าปกติ ทางด้านอุณหภูมิที่เหมาะสม ลัดดา (2540) และ มยุรี (1973) กล่าวถึงอิทธิพลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโต อิทธิพลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าโปรตีนของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และอิทธิพลแหล่งไนโตรเจนกับอุณหภูมิที่มีผลค่าโปรตีนของสาหร่ายกลุ่มสีเขียวแกมน้ำเงิน ว่าเจริญอยู่ในช่วง 30-35 องศาเซลเซียส แต่ ผลจากการทดลองพบว่าสาหร่าย *N. commune* สามารถเจริญได้ดีที่ 20-30 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- บานชื่น ชลสวัสดิ์. 2532 การใช้สาหร่ายเกลียวทองสดเป็นส่วนประกอบของอาหารผสมสำหรับเลี้ยงปลาตะเพียนขาวและปลาดุกอุย. ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต(วิทยาศาสตร์การประมง) คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 78 น.
- นารี มะโนพรหม. 2529. ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืชและสารอาหารบางชนิดในอ่างเก็บน้ำห้วยตึงเฒ่า. ปรินญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การสอนชีววิทยา) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 62 น.
- ลัดดา วงศ์รัตน์. 2538. คู่มือการเลี้ยงแพลงก์ตอน. คณะประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 117 น.
- พจนีย์ ประเสริฐ สิตะสิทธิ์ และ ไชคชัย ศุภกันสนีย์. 2536. ชนิดและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารธรรมชาติประเภทพืชบางชนิดในบึงสีไฟ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 70 สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ. กรุงเทพมหานคร. 17 น.
- สรวิศ เผ่าทองสุข. 2543. สาหร่าย ศักยภาพการวิจัยและพัฒนาเพื่อการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายในประเทศไทย. เอกสารเผยแพร่ชุดโครงการ "อุตสาหกรรมสัตว์น้ำ" สกว. ชุดที่ 2. 356 น.
- ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร. 2537 . รายงานการวิจัย:การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับอาหารเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิดที่สามารถตรึงไนโตรเจน. งานวิจัยพื้นฐาน สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 74 น.
- มยุรี ตั้งธนานุวัตร. 1973. Biologically Active compound From Blue Green Algae. ศูนย์จุลินทรีย์ (ศจล). สถาบันวิทยาศาสตร์วิจัยวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย (วว.). c-14 P.
- อภารัตน์ มหาขันธุ์ อุษา กลิ่นหอม มยุรี ตั้งธนานุวัณณ์ เจษฎา ทิพย์สุศรี และ วัชรวิ กัลยา ลัง. 2546. วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากสาหร่ายเห็ดลาย (*N. commune*, Cyanophyta). 27 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Araoz, R., Lebert, M., and Hader, D.P.. 1998. Translation activity under ultraviolet radiation and temperature stress in the cyanobacterium *Nostoc* sp..Journal of Photochemistry and Photobiology .47 115-120 pp
- Arugaet al. 1968.Plankton Algae inTaiwan .Tokyo.Uchida Rokakuho.
- Liu X J, Chen F. 2001. Cell differentiation and alteration of an edible terrestrial cyanobacterium *Nostoc flagelliforme* in liquid suspension culture.Process Biochemistry.22:177-184
- Lui, X., Jiang, Y., and Chen, F. 2005. Fatty acid profile of the edible filamentous cyanobacterium *Nostoc flagelliforme* at different temperatures and developmental stages in liquid suspension culture.Process Biochemistry. 40: 371-377 pp.
- Otero, A., and Vincenzini, M. 2003. Extracellular polysaccharide synthesis by *Nostoc* strains as affected by N source and light intensity.Journal of Biotechnology.102: 143-152 pp.
- Renaud, S.M., L.Thinh, G.Lambrinidis and D.L. Parry. 2001. Effect of temperature on growth chemical Composition and fatty acid composition of tropical Australian micro alga green in batch culture. Aquaculture. 211:195-214.
- Reynolds C.S.,G.H.M.. 1987. On the Annual cycle of the Blue-Green Algae *Microcystis aeruginosa* Kutz emend. Elenkin. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.293:419-477
- Redfield.1934. P.45อ้างโดย ยูวดี พิรพรศาล . 2546. อิทธิพลอาหารและการสังเคราะห์แสง แพลงก์ตอนพืช.ภาควิชาชีววิทยาประมง .คณะประมง. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 45 น.
- Zajic. 1970. P.67. อ้างโดย วิวัฒน์ ถาวรฤทธิ์ (ผู้รวบรวม). 2523. การใช้ *Spirulina* และ *Oscillatiria* sp. เป็นส่วนประกอบของอาหารผสมสำหรับเลี้ยงลูกปลาไน. ปรินญาณินพนธ์ ปรินญา การศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 สูตรอาหารเลี้ยงแบคทีเรีย BBM

Ingredient	Concentration
NaNO_3	0.25 g/l
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.075 g/l
NaCl	0.025 g/l
K_2HPO_4	0.075 g/l
KH_2PO_4	0.175 g/l
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.025 g/l
H_3BO_3	0.0114 g/l
EDTA	0.05 g/l
KOH	0.031 g/l
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.0049 g/l
Cone H_2SO_4	0.001 g/l
Trace element solution	1 ml

สารละลายสูตรอาหารนี้หลังผ่านการนึ่งในหม้อนึ่งมาเชื้อ และเย็นแล้ว มี pH = 7.4

Trace Metal Mix A₅+Co ใช้ได้กับสูตรต่าง ๆ มีสารคือ

กรดบอริก (H_3BO_3)	2.86 g/l
แมงกานีสคลอไรด์ 4-ไฮเดรต ($\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)	1.81 g/l
ซิงก์ซัลเฟต 7-ไฮเดรต ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	0.222 g/l
โซเดียมโมลิบเดต 2-ไฮเดรต ($\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	0.390 g/l
คอปเปอร์ซัลเฟต 5-ไฮเดรต ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	0.079 g/l
โคบอลไนเตรท 6-ไฮเดรต [$\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$]	0.049 g/l

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 เปอร์เซ็นต์โปรตีนสำหรับ *Nostoc commune* จากเลี้ยงที่อุณหภูมิ 6 ระดับ

	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
15	11.53+2.95 ^{ab}	49.74+6.72 ^a	55.58+17.52 ^a	29.00+9.21 ^a	37.61+7.07 ^a	5.82+3.72 ^a	18.45+3.42 ^b	16.97+4.75 ^{ab}	14.29+4.03 ^{ab}	13.48+4.23 ^b
20	20.25+6.38 ^{ab}	31.82+5.48 ^a	57.02+4.57 ^b	52.90+2.36 ^{ab}	44.32+6.77 ^a	40.40+6.15 ^b	18.90+0.74 ^a	16.71+5.29 ^{ab}	11.69+1.211 ^{ab}	17.23+3.30 ^b
25	96.97+30.04 ^b	24.37+27.03 ^b	84.65+12.05 ^a	80.38+11.78 ^{ab}	60.39+11.11 ^a	41.46+5.14 ^b	38.98+4.93 ^a	45.02+22.88 ^b	20.81+8.24 ^b	5.39+2.24 ^{ab}
30	31.69+21.19 ^{ab}	37.33+9.60 ^a	43.69+14.05 ^a	40.93+11.46 ^a	41.95+21.84 ^a	9.45+3.83 ^a	34.07+11.52 ^a	25.97+8.66 ^{ab}	21.34+7.12 ^{ab}	16.19+5.49 ^{ab}
35	8.82+3.16 ^a	51.04+20.84 ^a	68.86+31.87 ^a	35.58+2.55 ^a	27.51+8.61 ^a	32.55+9.6 ^b	20.67+32.39 ^a	23.95+8.59 ^{ab}	18.61+5.04 ^b	9.78+2.8 ^{ab}

ตัวอักษร (a, b, c) ในแถวแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกันคือ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ 3 เปอร์เซ็นต์การไบโไฮดรของสาหร่าย *Nostoc commune* จากเลี้ยงที่อุณหภูมิ 5 ระดับ

	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
15	3.32+1.95 ^a	29.26+1.0 ^b	30.92+5.43 ^{ab}	20.24+2.62 ^{ab}	16.59+3.76 ^a	19.40+2.87 ^a	13.26+1.74 ^a	13.92+2.5 ^{ab}	15.93+3.16 ^{bc}	19.93+2.7
20	21.63+7.8 ^a	22.50+1.19 ^b	17.08+0.76 ^a	15.47+0.27 ^a	16.96+3.73 ^a	13.82+3.51 ^a	16.21+1.10 ^a	15.02+1.66 ^{ab}	6.20+1.36 ^{ab}	6.26+1.43
25	41.92+11.9 ^a	31.29+5.58 ^a	37.65+5.58 ^{bc}	20.60+2.95 ^{ab}	15.08+1.06 ^a	10.70+1.59 ^a	8.62+2.69 ^a	30.82+19.06 ^b	7.16+2.72 ^{ab}	6.92+2.83
30	22.29+12.5 ^c	27.68+11.01 ^a	28.55+10.11 ^{ab}	18.77+5.83 ^{ab}	16.78+2.42 ^b	14.73+1.94 ^a	15.81+7.90 ^a	14.47+6.25 ^{ab}	11.06+6.24 ^{abc}	13.09+1.2
35	32.10+13.09 ^a	27.15+4.29 ^c	27.76+0.96 ^{ab}	18.28+5.34 ^{ab}	19.73+7.49 ^a	22.28+9.68 ^c	13.19+1.34 ^a	20.10+4.97 ^{ab}	8.14+5.64 ^{ab}	8.76+0.67

ตัวอักษร (a, b, c) ในแถวแนวนิ่งเดียวกันที่แตกต่างกันคือ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 4 เปอร์เซ็นต์การไปไฮเดรตจาก media* ของสาหร่าย *Nostoc commune*

	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
15	2.502	0.000	0.940	2.850	1.086	0.511	0.470	0.145	0.656	0.673
20	4.133	0.534	0.795	0.998	0.551	1.086	0.145	0.023	1.469	4.898
25	4.295	0.145	0.000	0.000	0.226	2.078	2.079	0.290	0.859	10.795
30	0.000	0.000	10.389	1.091	0.186	1.299	0.633	0.642	0.430	20.279
35	0.551	0.000	8.712	4.167	0.836	1.117	0.000	0.000	0.023	15.549

* ทำการวิเคราะห์เฉพาะ media ปริมาณ 1 มิลลิลิตรทุกๆ 2 วันหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อลิตร