ใบรับรองปัญหาพิเศษ
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

เรื่อง คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย *Nostoc commune* ที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรและมูลสุกรผสมนม

The nutritional values of *Nostoc commune* cultured in pig waste and pig waste mixed milk

ชื่อนักศึกษา นายจักรกฤษ สังฆรักษ์ รหัส 44040385

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา.....สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์)

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์ศักดิ์ชัย ชูโชติ)

หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

วันที่ 21 เดือน มี.ค. พ.ศ. 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10485

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย Nostoc commune ที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรและมูลสุกรผสมนม

The Nutritional values of Nostoc commune cultured in pig wastse and pig waste mixed milk

T099291

โดย

นายจักรกฤษ สังฆรักษ์

วพ.
ว215ค
2547

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....99291
วัน,เดือน,ปี.....

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรุงเทพมหานคร 10520

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

เรื่อง

คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย *Nostoc commune* ที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรและมูลสุกรผสมนม

The nutritional values of *Nostoc commune* cultured in pig waste and pig waste mixed milk

การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Nostoc commune* โดยเพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกร และปุ๋ยผสมมูลสุกรผสมนมความเข้มข้นต่าง ๆ หลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการโดยวิธี proximate analysis มีคุณค่าทางโภชนาการดังนี้ ปริมาณโปรตีน (crude protein) ที่พบในสาหร่ายที่เลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกรทั้งสามความเข้มข้น มีปริมาณใกล้เคียงกัน ไม่พบความแตกต่างกัน โดยพบมากที่สุดในความเข้มข้น 5% (44.00%) ไขมัน (total lipids) ในทั้งสามความเข้มข้นก็พบในปริมาณใกล้เคียงกัน ไม่พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ คาร์โบไฮเดรต ในทั้งสามความเข้มข้นพบในปริมาณใกล้เคียงกันเช่นเดียวกัน ไม่พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพบมากในความเข้มข้น 0.5% มีค่า 28.89%

การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *N. commune* ในปุ๋ยผสมมูลสุกรผสมนม ความเข้มข้น 0.5%-0.1%,0.5%-0.2% และ 0.5%-0.3% ปริมาณโปรตีนที่ได้ พบว่า มีความแตกต่างกันทั้งสามความเข้มข้น โดยพบมากที่สุดในความเข้มข้น 0.5%-0.3% (42.65%) และพบในปริมาณต่ำสุดในความเข้มข้น 0.5%-0.1% (36.41%) ปริมาณไขมัน พบมากที่สุดในสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 0.5%-0.3% (1.73%) และแตกต่างจากอีกสองความเข้มข้นอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต พบในปริมาณใกล้เคียงกันไม่พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ

การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *N. commune* ในปุ๋ยผสมมูลสุกรผสมนม ความเข้มข้น 2%-0.1%,2%-0.2% และ 2%-0.3% พบว่าความเข้มข้นของมูลสุกรผสมนม 2%-0.2% และ 2%-0.3% มีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกันไม่พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ และพบว่า ในความเข้มข้น 2%-0.1%,2%-0.2% ก็ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณไขมัน ในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 2%-0.1% และ 2%-0.3%พบปริมาณไขมันใกล้เคียงกันไม่พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพบในปริมาณ 1.28% และ 1.13% ตามลำดับ ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรต พบว่า ในทั้งสามความเข้มข้นพบในปริมาณใกล้เคียงกัน ไม่พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายในมูลสุกรผสมนม ความเข้มข้น 5%-0.1% พบปริมาณโปรตีน 34.99% ไขมัน 0.22% คาร์โบไฮเดรต 26.02% แคลเซียม 0.88% ฟอสฟอรัส 2.24% เถ้า 15.27%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

การทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาของอาจารย์สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ได้คอยให้คำแนะนำปรึกษา และคอยชี้แนะข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยดีตลอดมาขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ รวมถึงอาจารย์ในภาควิชาทุก ๆ ท่านซึ่งให้คำแนะนำและคำปรึกษาที่มีประโยชน์อย่างยิ่งตลอดเวลาการทำปัญหาพิเศษ

ขอขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ ที่คอยให้ความสนับสนุนและให้คำปรึกษา ให้กำลังใจด้วยดีมาโดยตลอด

นายจักรกฤษ สังฆรักษ์

มีนาคม 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	IV
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	19
ผลการทดลองและวิจารณ์	31
สรุปผลการทดลอง	43
เอกสารอ้างอิง	44
ภาคผนวก	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงส่วนประกอบของน้ำนมวัวที่ผลิตขายตามท้องตลาด	12
2	แสดงส่วนประกอบของมูลสุกร	13
3	คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายเส้นด้ายและวัตถุดิบแห้ง	15
4	คุณค่าทางอาหารของสาหร่ายเห็ดลาบ (*Nostoc commune*)	16
5	กรดอะมิโนที่จำเป็น (essential amino acid) และกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น (non-essential acid) ของสไปรูลินา	17
6	เปอร์เซ็นต์กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายในสไปรูลินาเมื่อเปรียบเทียบกับสารอาหารอื่น ๆ	18
7	ผลผลิตที่สิ้นสุดการทดลอง (21 วัน) ของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกร	32
8	ผลผลิตที่สิ้นสุดการทดลอง (25 วัน) ของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรผสมนม	33
9	ผลผลิตที่สิ้นสุดการทดลอง (25 วัน) ของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรผสมนม	35
10	การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกร	37
11	การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกรผสมนม (0.5%-0.1%,0.5%-0.2%,0.5%-0.3%)	39
12	การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกรผสมนม (2%-0.1%,2%-0.2%,2%-0.3%)	40
13	การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกรผสมนม (5%-0.1%)	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ **หน้า**

1	สูตรอาหารเลี้ยงแพลงค์ตอน BBM	50
2	แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกร	52
3	แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกร	52
4	แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงมูลสุกรผสมนม ความเข้มข้น 0.5%-0.1%, 0.5%-0.2% และ 0.5%-0.3%	53
5	แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรผสมนม ความเข้มข้น 0.5%-0.1%, 0.5%-0.2% และ 0.5%-0.3%	53
6	แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงมูลสุกรผสมนม ความเข้มข้น 2%-0.1%, 2%-0.2% และ 2%-0.3%	54
7	แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรผสมนม ความเข้มข้น 2%-0.1%, 2%-0.2% และ 2%-0.3%	54
8	แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงมูลสุกรผสมนม ความเข้มข้น 5%-0.1% (มิลลิกรัมต่อลิตร)	55
9	แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงมูลสุกรผสมนม ความเข้มข้น 5%-0.1%	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กราฟการเจริญเติบโตของสาหร่าย	10
2	ปริมาณคลอโรฟิลล์ของ *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกร	31
3	ปริมาณน้ำหนักแห้งของ *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกร	31
4	ปริมาณคลอโรฟิลล์ของ *N. commune* ที่เลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 0.5%-0.1%, 0.5%-0.2% และ 0.5%-0.3%	33
5	ปริมาณน้ำหนักแห้งของ *N. commune* ที่เลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 0.5%-0.1%, 0.5%-0.2% และ 0.5%-0.3%	34
6	ปริมาณคลอโรฟิลล์ ของ *N. commune* ที่เลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 2%-0.1%, 2%-0.2% และ 2%-0.3%	34
7	ปริมาณน้ำหนักแห้งของ *N. commune* ที่เลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 2%-0.1%, 2%-0.2% และ 2%-0.3%	35
8	ปริมาณคลอโรฟิลล์ของ *N. commune* ที่เลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 5%-0.1%	36
9	ปริมาณน้ำหนักแห้งของ *N. commune* ที่เลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 5%-0.1%	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

สาหร่าย (algae) เป็นสิ่งดึงดูดให้มนุษย์ต้องหันมาสนใจในโลกที่กำลังมีปัญหาเกี่ยวกับประชากร และเศรษฐกิจ เนื่องจากสาหร่ายเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีคุณค่า มีโปรตีนสูง และมีบทบาทสำคัญกับมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของการใช้เป็นอาหารคน อาหารสัตว์ ปุ๋ย และยา และนอกจากนั้นแล้ว ยังมีการใช้สาหร่ายในทางอุตสาหกรรมต่าง ๆ อาทิเช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม เครื่องสำอาง ยารักษาโรค และอุตสาหกรรมสิ่งทอ เป็นต้น

ดังนั้น เมื่อประชากรโลกเพิ่มขึ้น ความต้องการอาหารจึงมีมากขึ้น ดังนั้นจึงได้ทำการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของสาหร่าย เพื่อให้ทราบถึงปริมาณขององค์ประกอบต่าง ๆ ซึ่งมีอยู่ในสาหร่าย เพื่อที่จะได้เป็นประโยชน์ในการนำไปบริโภค และจะได้ทำการแพร่พันธุ์หรือขยายพันธุ์ให้เพิ่มมากขึ้น เพื่อประชากรโลกจะได้มีอาหารเพิ่มขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และแร่ธาตุบางชนิด เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัสในสาหร่าย *Nostoc commune* ที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกร และนมผสมมูลสุกร
2. เพื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารของสาหร่ายที่เลี้ยงในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเป็นสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำที่มีขนาดเล็ก พบได้ในสภาพแวดล้อมทั่วไป เช่น ตามชั้นดิน หิน ไม้ น้ำ ทะเล รวมทั้งมหาสมุทร และชายฝั่งทะเล มีความแตกต่างจากสาหร่ายอื่น ๆ ตรงที่มีลักษณะหลายอย่างคล้ายคลึงกับแบคทีเรีย แต่มีความแตกต่างจากแบคทีเรียซึ่งจัดอยู่ในอาณาจักรเดียวกันตรงที่สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีคลอโรฟิลล์ เอ จึงสามารถสังเคราะห์แสงและมีออกซิเจนเกิดขึ้นจากกระบวนการสังเคราะห์แสง

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเป็นสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำจำพวกโปรคาริโอต (prokaryote) จึงมีลักษณะและคุณสมบัติหลายประการที่แตกต่างไปจากสาหร่ายพวกอื่น ๆ เช่น ไม่มีนิวเคลียสที่แท้จริง ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส ไม่มีไมโตรคอนเดรีย (mitrichondria) เซลล์ไม่มีโครงสร้างที่ใช้ในการเคลื่อนที่ ไม่มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ในบางสกุลมีโครงสร้างพิเศษที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ เป็นต้น คุณสมบัติอีกอย่างหนึ่งที่ทำให้สาหร่ายสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินต่างจากสาหร่ายอื่นที่เป็นพวกยูคาริโอต (eukaryote) คือ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีโครงสร้างของเซลล์ไม่สลับซับซ้อน แต่กลับมีกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ เกิดขึ้นมากมายภายในเซลล์ ขณะที่สาหร่ายที่เป็นพวกยูคาริโอตมีโครงสร้างซับซ้อนกว่ากลับมีกระบวนการเมแทบอลิซึมเกิดขึ้นไม่มากมายในเซลล์ (Kumar, 1990)

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจัดอยู่ในดิวิชั่น Cyanophyta หรืออาจมีชื่อเรียกอย่างอื่นว่าดิวิชัน Myxophyta (Morris,1968), Schizophyta (Smith, 1951) หรือ Cyanophyta (Bold และ Michael, 1987)

Division Cyanophyta
Class Cyanophtceae
Order Chroococcales
Family Chroococcaceae
Genus *Nostoc commune*

หลักการพิจารณาปัจจัยการเลือกเลี้ยงสาหร่ายเพื่อนำมาเป็นอาหาร มีดังนี้คือ

1. การเจริญเติบโตรวดเร็ว
2. เลี้ยงง่ายด้วยอาหารแบบธรรมดา
3. แพร่กระจากในอาหารเหลว ไม่ตกตะกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แยกง่าย

5.สามารถต้านทานต่อสิ่งแปลกปลอมได้ดี

6. มีประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์จากแหล่งให้พลังงาน

7. ถ่ายเทนสิ่งที่ใช้แล้วได้ง่าย

8. มีความสามารถในการวิวัฒนาการทางกรรมพันธุ์

9. ไม่เป็นพิษ

10.รสดี

11.ย่อยง่าย

12.มีคุณค่าทางอาหารสูง

13.อาหารสะสม โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตมีคุณภาพสูง

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว

ปัจจัยทีมีผลต่อการเจริญและการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้ คือ ปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยทางเคมี

1. ปัจจัยทางกายภาพ

1.1 แสง (light)

แสงเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสงและเจริญเติบโตของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว การเจริญเติบโตจะถูกยับยั้งถ้าได้รับความเข้มแสงมากเกินไป ช่วงแสงสว่างเป็นเรื่องจำเป็นมากในการเลี้ยงสาหร่ายโดยการให้แสงที่ช่วงเวลาหนึ่งและหยุดการให้แสงช่วงเวลาหลังจะทำให้การเลี้ยงสาหร่ายได้ผลดีกว่าการให้แสงติดต่อกันตลอดเวลา แสงสว่างที่นิยมใช้ คือ 12 ชั่วโมงให้แสง 12 ชั่งโมงหยุดการให้แสง หรือ 12 ชั่วโมงสว่าง สลับกับ 8 ชั่วโมงมืด แสงจากหลอดไฟธรรมการจะให้ผลดีที่สุด รองลงมาก็คือ แสงแดดและแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ แต่แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์จะมีข้อดีที่ไม่ทำให้เกิดความร้อน ถ้าศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงที่สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวได้รับและการสังเคราะห์แสง พบว่าการสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้น เมื่อได้รับความเข้มแสงเพิ่มขึ้น และจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อความเข้มแสงถึงระดับอิ่มตัว Watt (1969) กล่าวว่าการปลดปล่อยสารประกอบประเภทคาร์บอนซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสังเคราะห์แสงเปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มแสง โดยที่ความเข้มแสงสูง ๆ จะไปยับยั้งการปลดปล่อยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสังเคราะห์แสง

แสงมีผลต่อการเกิด photoinhibition และ photoinactivationในสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวโดยทั้งสองกระบวนการขึ้นกับความเข้มแสงและคุณภาพของแสงหรือคลื่นแสงในช่วงต่าง ๆ ทำให้กระบวนการสังเคราะห์แสงลดลง โดยปรากฏการณ์ photoinhibition จะเกิดขึ้นเมื่อมีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงประมาณ 2,000 ไมโครโมลโฟตอนต่อตารางเมตรต่อวินาที ส่วนคุณภาพแสงหรือช่วงคลื่นแสงต่าง ๆ ทั้งคลื่นแสงเหนือม่วงหรืออัลตราไวโอเลต (ultraviolet) และคลื่นแสงที่ตามารถมองเห็น ได้ (visible light) มีผลต่อการเกิด photoinhibition เช่นกัน โดนเฉพาะรังสีอัลตราไวโอเลตมีผลโดยตรงต่อกรดนิวคลีอิกซึ่งทำให้เกิดการกลายพันธุ์ได้ สำหรับ photoinactivation เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางชีวภาพ โดยพบว่าคลื่นแสงสีฟ้าสามาถรทำลายเอนไซม์ ribulose biphosphate (RuBP) carboxylase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสงทำให้การสังเคราะห์แสงลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าแสงสีฟ้าทำลายไซโตโครมได้อีก (Sokawa และ Hase, 1968)

สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวที่อาศัยอยู่บริเวณได้รับความเข้มแสงสูง เช่น อาศัยตามหินหรือดิน ซึ่งภายใต้สภาพเหล่านี้สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวจำเปฯต้องมีกลไกเพื่อป้องกันอันตรายจากแสงที่ได้รับ กลไกการป้องกันของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว เช่น การเคลื่อนหนีแสงเพื่อหลีกเลี่ยงจากแสงที่มีความเข้มข้นสูง หรือการสร้างสารประอบที่ใช้นากรดูดซับรังสีอัลตราไวโอเลตเพื่อป้องกันแสงที่จัดเกินไปไม่ให้เป็นอันตรายต่อรงควัตถุสังเคราะห์แสงของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว ได้แก่ แคโรทีนอยด์ และนอกจากนี้ยังมี scytonemin ซึ่งเป็นรงควัตถุที่พบอยู่ภายในซีทสามารถละลายได้ในไขมันและสามารถดูดซับคลื่นแสงได้ในช่วงยาวคลื่นกว้างตั้งแต่ 280 ถึง 450 นา โนเมตร และ mycosporine-like-amino acid ซึ่งเป็นสารประกอบที่ไม่มีสี ละลายได้ในน้ำสามรถโดซับคลื่นแสงในช่วงแคบกว่า scytonemin คือระหว่าง 310 ถึง 334 นาโนเมตร (Garcia และ Castenhoz, 1991,1993)

1.2 อุณหภูมิ

อุณหภูมิมีผลต่อการเจริญเติบโตและกิจกรรมต่าง ๆ ของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวโดยอุณหภูมิมีผลต่อโครงสร้างขององค์ประกอบภายในเซลล์โดยเฉพาะโปรตีนและไขมัน นอกจากนั้นอุณหภูมิยังมีอิทธิพลร่วมกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ซึ่งอุณหภูมิไปมีผลต่อพลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยาเหล่านี้ (Richmond, 1986)

Sato และ Murata (1980) กล่าวว่าอุณหภูมิเป็นหนึ่งปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญที่สุดที่มีผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมัน จากการทดลองย้าย *Ananaena variabilis* จากอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียสไปเลี้ยงที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส พบว่าเพียง 10 ชั่วโมงแรกการสังเคราะห์กรดไขมันของ *A. variabilus* ลดลง และเมื่อย้ายจากอุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส ไปเลี้ยงที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียสเช่นเดิม พบว่าภายใน 5 ชั่วโมงหลังจากย้ายมีการสังเคราะห์กรดไขมันเพิ่มขึ้น

1.3 ความเป็นกรดเป็นด่าง (hydrogen ion concentration)

ความเป็นกรดเป็นด่างมีผลต่อกระบวนการทางชีววิทยา ผลต่อประจุไฟฟ้าที่ผนังเซลล์การถ่ายเทประจุที่พลาสมาเมมเบรน และเกี่ยวข้องกับศักย์ไฟฟ้าที่เซลล์เมมเบรน ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวหลาย ๆ ชนิด ความเป็นกรดเป็นด่างของอาหารเพาะเลี้ยงระหว่าง 7.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึง 10.0 มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการสังเคราะห์แสง เนื่องจากไบคาร์บอเนตไอออนละลายได้มากที่สุดที่ช่วงระดับความเป็นกรดเป็นด่างนี้จึงสามารถใช้ HCO_3^- เป็นแล่งคาร์บอนสำหรับการสังเคราะห์แสง ทำให้สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวส่วนใหญ่เจริญเติบโตได้สูงที่สุดในช่วงความเป็นกรดเป็นด่างนี้ (Coleman และ Colman, 1981)

ความเป็นกรดเป็นด่างของอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยง มีผลต่อการละลายของเกลือและสารประกอบต่าง ๆ (Cook, 1965) ซึ่งการละลายของเกลือและสารประกอบต่าง ๆ อาจเป็นพิษหรือไปยับยั้งปฏิกิริยาต่าง ๆ ได้ นอกจากนี้ความเป็นกรดเป็นด่างมีผลต่อการละลายของโลหะหลายชนิด ถ้าความเป็นกรดเป็นด่างเพิ่มขึ้นอาจทำให้จุลธาตุบางตัวไม่ละลายได้

1.4 ความเค็มและแรงดันออสโมติก (salinity and osmotic effect)

การสังเคราะห์แสงของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวที่อาศัยในน้ำจืดจะถูกยับยั้งถ้าย้ายไปเลี้ยงในอาหารที่มีความเค็มสูงหรือมีค่าแรงดันออสโมติกสูง (Batteron และ van Baalen, 1971) ผลของความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้น มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวมากกว่าตัวเพิ่มแรงดันออสโมติกตัวอื่น ๆ

2. ปัจจัยทางเคมี

การเจริญเติบโตของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวขึ้นอยู่กับธาตุอาหารที่ใช้เลี้ยงซึ่งแตกต่างกันไปตามชนิดของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ ธาตุอาหารหลัก (macronutrient) และกลุ่มธาตุอาหารรอง (micronutrient) ธาตุอาหารหลักเป็นธาตุอาหารที่ใช้สำหรับสร้างโมเลกุลซึ่งเป็นโครงสร้างหลักของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ในปริมาณมาก ธาตุอาหารหลักโดยทั่วไปประกอบด้วยคาร์บอน ไนโตรเจน ออกซิเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม ซัลเฟอร์ และโพแทสเซียม ส่วนธาตุอาหารรองเป็นธาตุอาหารที่สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวต้องการใช้ปริมาณน้อย มักมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร ธาตุอาหารรองเป็นส่วนประกอบของโมเลกุลที่จำเป็น เช่น เอนไซม์ซึ่งเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตหรือเป็นส่วนประกอบของโมเลกุลของเอนไซม์ที่สำคัญบางชนิด หรือจำเป็นสำหรับเป็นตัวเร่งของเอนไซม์

ธาตุอาหารหลัก ประกอบด้วยธาตุอาหารต่อไปนี้

ออกซิเจน (oxygen)

ถึงแม้ว่าออกซิเจนไม่ได้ถูกพิจารณาว่าเป็นธาตุอาหาร แต่ออกซิเจนเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับโครงสร้างและกระบวนการเมแทบอลิซึม ธาตุนี้เป็นองค์ประกอยของสารประกอบอินทรีย์เกือบทั้งหมดในเซลล์ และโดยปกติออกซิเจนจะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายในปฏิกิริยาออกซิเดชัน สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวสามารถใช้โมเลกุลของออกซิเจนได้โดยตรงจากบรรยากาศหรือที่ละลายอยู่ในน้ำ ในสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวบางชนิดพบว่าออกซิเจนมีผลต่อการสังเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงและการตรึงไนโตรเจน โดยการยับยั้งจะเริ่มปรากฏขึ้นเมื่อปริมาณออกซิเจนในบรรยากาศลดต่ำลง (Fay, 1992)

คาร์บอน (carbon)

คาร์บอนเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว จากการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่าประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว คือ คาร์บอน (Kaplan และคณะ, 1986) สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวต้องการอนินทรีย์คาร์บอนในการสังเคราะห์แสง เช่นเดียวกับพืช แต่ปริมาณคาร์บอนในอากาศบางครั้งไม่เพียงพอกับความต้องการ เนื่องจากประมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่ในอากาศมีค่าต่ำเกินไป คือ มีเพียง 0.03 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น (Becker, 1994) สำหรับแหล่งคาร์บอนที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสำน้ำเงินแกมเขียวนั้นมักใช้ในรูปของอากาศผสมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ หรือให้ในรูปคาร์บอเนตหรือไบคาร์บอเนตโดยอยู่ในรูปของเกลือ การที่คาร์บอนจะอยู่ในรูปใดขึ้นกับระดับความเป็นกรดเป็นด่าง เช่น ในรูปของเกลือไบคาร์บอเนตเมื่อความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าระหว่าง 7 ถึง 9 หรืออยู่ในรูปของเกลือคาร์บอนเมื่อความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าสูงกว่า 9.5 ขึ้นไป และคาร์บอนจะอยู่ในรูปของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อน้ำมีความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 5

ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว ในอาหารเลี้ยงที่มีระบบบัฟเฟอร์ไม่เหมาะสม เมื่อสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวใช้คาร์บอนไดออกไซด์หรือ ไบคาร์บอเนตอย่างรวดเร็วในการเจริญเติบโต จะทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในอาหารมีค่าสูงขึ้น เนื่องมาจากมีการปลดปล่อยไฮดรอกไซด์ไอออนลงในอาหาร

ไนโตรเจน (nitrogen)

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่สำคัญ สำหรับการสร้างชีวมวลสัดส่วนของไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 7 – 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ดังนั้นในการผลิตเซลล์ 1 กรัมในอาหาร 1 ลิตร ปริมาณโซเดียมไนเตรต ($NaNO_3$) ต่ำสุดที่สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวต้องการคือ 500-600 มิลลิกรัมต่อลิตร (Vonshak, 1986) สารประกอบไนโตรเจนทั้งที่เป็นสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์สามารถใช้เป็นแหล่งไนโตรเจนได้ในจุลสาหร่ายหลายชนิดรวมทั้งสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวด้วย และนอกจากนี้สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว ยังสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศมาใช้เป็นแหล่งไนโตรเจน โดยสามารถเปลี่ยนจากแก๊สไนโตรเจนไปเป็นแอมโมเนียในกระบวนการรีดักชัน โดยใช้เอนไซม์ไนโตรจีเนสเป็นตัวช่วย

สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวสามารถใช้แอมโมเนียและไนเตรตเป็นแหล่งไนโตรเจนได้โดยแอมโมเนียถูกนำไปใช้ได้เร็วกว่าไนเตรต เนื่องจากแอมโมเนียเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จากกระบวนการรีดักชันของไนเตรต ในบางครั้งแอมโมเนียอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดการยังยั้งแบบย้อนกลับซึ่งทำให้สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวใช้ไนเตรตได้ลดลง ส่วนไนไตรต์สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถใช้เป็นแหล่งไนโตรเจนได้เหมือนกัน แต่มีข้อเสียคือ ความเข้มข้นของไนไตรต์ที่สูงจะไปยับยั้งการเจริญเติบโตทำให้ไม่นิยมใช้

การใช้ไนเตรตและแอมโมเนียมีความสัมพันธ์กับความเป็นกรดเป็นด่างของอาหารอย่างมาก เมื่อใช้แอมโมเนียเป็นแหล่งไนโตรเจน ความเป็นกรดเป็นด่างของอาหารจะลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวสามารถถูกยับยั้งได้ที่ความเข้มข้นของแอมโมเนียประมาณ 1 มิลลิโมล (Morris, 1978)

สำหรับแหล่งของสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนที่ใช้เพาะเลี้ยงได้แก่ ยูเรีย (urea) เอไมด์ (amide) กลูตามีน (glutamine) แอสพาราจีน(asparagines) และกรดอะมิโน ต่าง ๆ เช่น ไกลซีน (glycine) เป็นต้น

ถ้าสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวและสาหร่ายอื่น ๆ ขาดธาตุไนโตรเจนจะมีผลทำให้รงควัตถุในการสังเคราะห์แสงลดลง ซึ่งทำให้การสังเคราะห์แสงลดลงไปด้วย (Allen, 1969) Canto de Loura (1987) กล่าวว่า สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวสามารถนำสารประกอบไนโตรเจนที่เก็บสะสมไว้มาใช้ได้ จากการทดลองนำ *Oscillatoria splendida* ไปเลี้ยงในอาหารที่ไม่มีไนโตรเจน พบว่ารงควัตถุไฟโคไซยานินถูกสลายไปเป็นไนโตรเจนที่สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวสามารถใช้ได้ ทำให้ปริมาณไฟโคไซยานินลดลงอย่างเห็นได้ชัด และปริมาณไฟโคไซยานินจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วอีกเมื่อเติมไนโตรเจนลงในอาหาร และนอกจากนี้ยังมีการสะสมของแป้งและไขมันเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน

ฟอสฟอรัส (phosphorus)

ฟอสฟอรัสเป็นหนึ่งในธาตุอาหารหลัก ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว เพราะมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการต่าง ๆ ของเซลล์ โดยเฉพาะกระบวนการถ่ายเทพลังงานและกระบวนการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก (Talling, 1962)

ชนิดของฟอสฟอรัสที่สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวต้องการ ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปสารอนินทรีย์มากกว่า เช่น $H_2PO^-_4$ หรือ HPO^{2-}_4 อย่างไรก็ตามการดูดซึมสารประกอบฟอสเฟตของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวและสาหร่ายอื่น ๆ มีปัจจัยหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ความเป็นกรดเป็นด่าง ความเข้มข้นของโซเดียมไอออน โปแตสเซียมไอออน และ แมกนีเซียมไอออน หรือ โลหะหนักบางชนิดในอาหาร และความแตกต่างของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวแต่ละชนิด

เมื่อสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวหรือสาหร่ายอื่น ๆ ขาดธาตุฟอสฟอรัส ลักษณะอาหารจะคล้ายคลึงกับการขาดธาตุไนโตรเจน คือ ปริมาณโปรตีน คลอโรฟิลล์เอ อาร์เอ็นเอ (RNA) และดีเอ็นเอ (DNA) มีแนวโน้มลดลง แต่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตกลับมีปริมาณเพิ่มขึ้น และมีการสะสมของไซยาโนไฟซีน (cyanophocine) ในเซลล์ที่ขาดฟอสเฟตมากขึ้นด้วย นอกจากนี้รูปร่างภายนอกของเซลล์สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว เช่น รูปร่างและขนาดของเซลล์หรือทรัยโคมมีการเปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปลงด้วย และจากการศึกษาของ Prieto (1997) พบว่า เซลล์ที่ขาดฟอสเฟตเมื่อนำไปเลี้ยงในอาหารที่มีฟอสเฟตจะสามารถดูดซึมฟอสเฟตได้ในปริมาณที่สูงและเร็วกว่าเซลล์ที่ไม่ขาดฟอสเฟต ทั้งในสภาพที่มีแสงและไม่มีแสงภายใต้สภาพมีออกซิเจน แต่ในสภาพที่ขาดออกซิเจน แสงจำเป็นต่อการดูดซึมฟอสเฟต

ซัลเฟอร์ (sulfur)

ซัลเฟอร์เป็นธาตุที่จำเป็น สำหรับสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวเพราะซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโนที่จำเป็นได้แก่ เมไทโอนีน (methionine) ซีสตีน (cystine) และซีสเตอีน (cysteine) วิตามินต่าง ๆ และซัลโฟลิปิด (sulfolipid) เป็นต้น โดยปกติซัลเฟอร์ที่สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวและสาหร่ายอื่น ๆใช้จะอยู่ในรูปของสารอนินทรีย์ แต่มีสาหร่ายบางชนิดสามารถใช้ซัลเฟอร์ในรูปอินทรีย์สาร เช่น กรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบเป็นแหล่งของซัลเฟอร์

แคลเซียม (calcium)

บทบาทของแคลเซียม ต่อสรีรวิทยาและการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด แต่อย่างไรก็ตามมีการยอมรับกันว่าแคลเซียมเป็นแร่ธาตุที่จำเป็นแต่ต้องการในปริมาณน้อยกว่าธาตุอาหารหลักอื่น ๆ ซึ่งแคลเซียมอาจใช้ในรูปสารประกอบรวมกับแร่ธาตุตัวอื่น ๆ

โซเดียมและโพแทสเซียม (sodium and potassium)

โซเดียมเป็นแร่ธาตุที่จำเป็น สำหรับสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวและสาหร่ายบางชนิดเท่านั้น แต่ถ้ามีปริมาณสูงอาจเป็นพิษต่อสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวได้ นอกจากนี้โซเดียวยังช่วยในการเปลี่ยนโมเลกุลไนโตรเจนไปเป็นแอมโมเนียในการตรึงไนโตรเจนของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวได้ โซเดียมและโพแทสเซียมมีองค์ประกอบทางเคมีที่คล้ายคลึงกันจึงสามารถใช้แทนกันได้ สำหรับโพแทสเซียมจำเป็นสำหรับสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวและสาหร่ายทุกชนิด เนื่องจากโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์หลายชนิด ภายใต้สภาพการขาดโพแทสเซียมการเจริญเติบโตและการสังเคราะห์แสงลดลงแต่การหายใจจะสูงขึ้น

แมกนีเซียม (magnesium)

แมกนีเซียมจำเป็นสำหรับสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวและสาหร่ายทุกชนิด เพราะเป็นองค์ประกอบของรงควัตถุที่ใช้สังเคราะห์แสง คือ คลอโรฟิลล์ และมีบทบาทต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ของเซลล์

2.3.2.2 ธาตุอาหารรอง ประกอบด้วยธาตุดังต่อไปนี้

เหล็ก (iron)

เหล็กเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมเพราะเป็นองค์ประกอบของไซโตโครมต่าง ๆ และนอกจากนี้เหล็กยังมีบทบาทสำคัญต่อการดูดซึมไนโตรเจนและกระบวนการสังเคราะห์แสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากมีผลต่อการสังเคราะห์รงควัตถุที่ใช้ในการสังเคราะห์แสงได้แก่ ซี-ไฟโคไซยานิน และคลอโรฟิลล์ เอ (Oquist, 1971) และเฟอร์ริดอกซิน (ferredoxin) ซึ่งเป็นตัวรับอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง ระบบที่หนึ่ง (photosystem I) เหล็กเป็นธาตุที่มักจะตกตะกอนในสารละลาย ฉะนั้นจึงต้องใส่สารที่ป้องกันการตกตะกอนเรียกว่า คีเลเตอร์ หรือ chelating agent เหล็กที่ใช้อาจอยู่ในรูปของสารประกอบ เช่น $FeSO_4 7H_2O$ แต่สารประกอบเหล็กนี้จะดูดน้ำทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพ ฉะนั้นจึงนิยมใช้สารประกอบพวกเหล็กอีดีทีเอ (FeEDTA) แทนเพราะมีคุณสมบัติคงรูปกว่า

โบรอน (Boron)

โบรอน เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับสาหร่ายบางชนิด เช่น สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวและไดอะตอมโดยเฉพาะไดอะตอมที่อาศัยอยู่ในน้ำเค็ม แต่ธาตุนี้ไม่จำเป็นสำหรับสาหร่ายสีเขียว

แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี (manganese,copper and zinc)

แมงกานีส ทองแดง และสังกะสีเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในระบบการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง รวมทั้งเป็นองค์ประกอบที่จำเป็นของเอนไซม์อีกหลายชนิด ถ้าขาดธาตุเหล่านี้จะทำให้กระบวนการสังเคราะห์แสงลดลง แต่ถ้ามีมากเกินไปจะเป็นพิษต่อสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวและสาหร่ายชนิดอื่น ๆ

โมลิบดินัม วาเนเดียว โคบอลท์และนิกเกิล (molybdenum, vanadium, cobalt and nickel)

โมลิบดินัมมีบทบาทสำคัญต่อการตรึงไนโตรเจนในสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวและยังเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ที่ช่วยในการสังเคราะห์แสง วาเนเดียมเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายชนิดอื่นๆ และสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวบางชนิด วาเนเดียมสามารถใช้ทดแทนโมลิบดินัม ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) ในการตรึงไนโตรเจนโคบอลท์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของวิตามินบี 12 ซึ่งสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายและสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวหลายชนิด ถ้าสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวขาดโคบอลท์จะทำให้การเจริญเติบโตลดลง 20 – 75 เปอร์เซ็นต์ การมีปริมาณนิกเกิลถึงแม้ความเข้มข้นเพียงเล็กน้อยสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่ายบางชนิดได้ แต่ Van Baalen และ O Donnel (1978) พบว่า นิกเกิลเป็นธาตุที่จำเป็นต่อสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวบางชนิด ได้แก่ *Oscillatoria sp.* ไดอะตอม และสาหร่ายสีเขียว

เซเลเนียม (selenium)

บทบาทของเซเลเนียมต่อสาหร่ายชนิดอื่น ๆ และสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด แต่พบว่าในแหล่งน้ำปริมาณของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับปริมาณของเซเลเนียม แต่ในสาหร่ายชนิดอื่น ๆ ไม่พบความสัมพันธ์นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเจริญเติบโตของสาหร่าย

มีประโยชน์ในการตรวจสอบประสิทธิภาพการเลี้ยงแพลงค์ตอนพืช ในการนี้ผู้เลี้ยงควรเข้าใจลักษณะการเจริญเติบโตของแพลงค์ตอนพืชในห้องปฏิบัติการ ภาพที่ 1 แสดงการเจริญเติบโตแบ่งออกได้ 5 ระยะ คือ

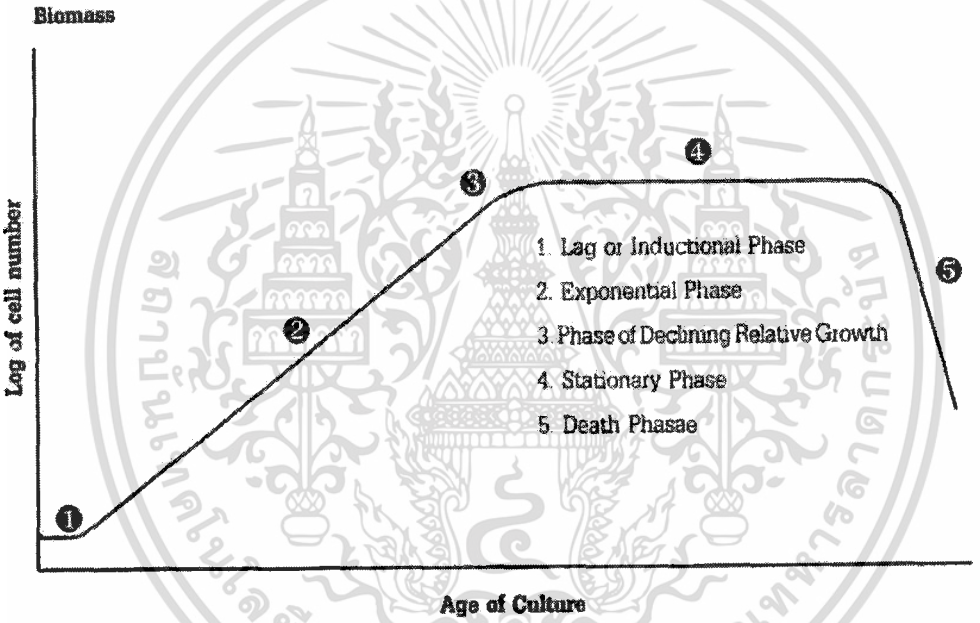
(1) ระยะปรับตัว (Lag phase or inductional phase)

(2) ระยะเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential phase)

(3) ระยะเฉื่อย (Retardation phase or declining relative growth)

(4) ระยะคงที่ (Stationary phase)

(5) ระยะตาย (Death phase)



ภาพที่ 1 กราฟการเจริญเติบโตของสาหร่าย

ที่มา : ลัดดา (2540)

(1) ระยะปรับตัว (Lag phase)

เป็นระยะที่เซลล์ปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมใหม่ เช่น แสง อุณหภูมิ และธาตุอาหาร ระยะนี้แพลงก์ตอนพืชไม่มีการแบ่งเซลล์ ฉะนั้น ถ้าเซลล์ที่ไม่สามารถปรับตัวได้จะตายลง การที่แพลงก์ตอนพืชจะผ่านระยะปรับตัวนี้เร็วมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของเซลล์ และความอุดมสมบูรณ์ของอาหารที่เลี้ยง ถ้าสภาพทั้งสองอย่างเหมาะสม จะเข้าสู่ระยะที่ 2 เร็วขึ้น

(2) ระยะเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential phase)

เป็นระยะที่แพลงก์ตอนพืชเจริญเติบโตและแพร่พันธุ์อย่างรวดเร็ว ระยะนี้จะนานเท่าใดขึ้นอยู่กับปริมาณสารอาหาร และคุณสมบัติทางฟิสิกส์ เคมี ของสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มแสง ช่วงแสงสว่าง รวมทั้งผลผลิตนอกเซลล์ของแพลงก์ตอนพืช สภาวะรวมของสิ่งแวดล้อม ลักษณะการเจริญเติบโตในระยะนี้เป็นแบบรวดเร็วในระยะแรกและจะค่อย ๆ ช้าลงตามลำดับ

(3) ระยะเฉื่อย (Retardation phase or declining relative growth)

เป็นช่วงที่เซลล์มีการเจริญเติบโตช้าลง เพราะขาดแคลนอาหาร เช่น ไนโตรเจน เหล็ก คาร์บอน หรือออกซิเจน เพราะปริมาณเซลล์เกิดหนาแน่นเกินไป การเสียสมดุลของ pH เพราะเกิดแอมโมเนียขึ้นมาก หรือแสงสว่างลดลงเนื่องจากเซลล์เกิดการบังกันเอง (auto-shading) วิธีแก้ไขโดยเติมคีเลเตอร์ เช่น โซเดียมอีดีทีเอลงไปละลายตะกอนเหล็ก ส่วนการป้องกันการขาดแคลนคาร์บอนและออกซิเจนนั้นอาจทำได้โดยการเขย่าภาชนะตลอดเวลา หรือใช้การพ่นอากาศ ซึ่งนอกจากจะเพิ่มคาร์บอนและออกซิเจนแล้ว ยังช่วยให้เกิดการผสมผสานของมวลน้ำในภาชนะเลี้ยง ทำให้เซลล์แพลงก์ตอนพืชได้รับแสงสว่างโดยทั่วถึงกันอีกด้วย

(4) ระยะคงที่ (Stationary phase)

เป็นระยะที่การเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชหยุดนิ่ง เนื่องจากธาตุอาหารลดน้อยลงและเกิดสารพิษจากขบวนการเมตาบอลิซึม หรือการสลายตัวของเซลล์เพิ่มมากขึ้น

(5) ระยะตาย (Death phase)

เป็นระยะที่เซลล์หยุดการเติบโตโดยสิ้นเชิง เนื่องจากธาตุอาหารหมดลง เซลล์จะเริ่มตายและการตายจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ และรวดเร็วขึ้น

<u>การวัดการเจริญเติบโต</u> การวัดการเจริญเติบโตของสาหร่ายวัดได้หลายวิธี ดังนี้ โดยวัดความขุ่นหรือความหนาแน่นของเซลล์สาหร่าย (turbidity, optical density หรือ OD) ชั่งน้ำหนักแห้งของสาหร่าย วัดปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และคำนวณอัตราการเจริญจำเพาะ (specific growth rate)

<u>ความหนาแน่นของเซลล์</u> ค่าความหนาแน่นของเซลล์เป็นข้อมูลที่เชื่อถือได้ และสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว ใช้ในการกำหนดการเจริญเติบโตของสาหร่าย น้ำสาหร่ายจะต้องถูกทำให้กระจายเป็นเนื้อเดียว (homogenous) ก่อนทำการวัด และทำการวัดด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 450 – 650 นาโนเมตร (Vonshak และ Maske, 1982)

<u>น้ำหนักแห้งของสาหร่าย</u> การวิเคราะห์น้ำหนักแห้งของสาหร่ายเป็นการวัดปริมาณมวลสาหร่ายโดยตรง ขั้นตอนในการทำมีข้อควรระมัดระวังดังนี้

1. การสุ่มตัวอย่าง ควรแกว่งสาหร่ายให้กระจายเป็นเนื้อเดียวกันก่อนเก็บตัวอย่าง
2. การล้างเนื้อสาหร่าย เพื่อกำจัดพวกเกลือแร่หรืออนุภาคอื่น ๆ ควรระวังไม่ให้สาหร่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดการช็อคเนื่องจากแรงดันออสโมติกของ media นั้นเปลี่ยนแปลงมากเกินไป

3. การทำแห้ง ตัวอย่างสาหร่ายควรได้รับความร้อนจนมีน้ำหนักแห้งที่คงที่ การให้ความร้อนน้อยเกินไปตัวอย่างจะไม่แห้งพอ การให้ความร้อนนานเกินไปตัวอย่างอาจมีน้ำหนักแห้งที่ผิดพลาดไป เนื่องจากเกิดกระบวนการออกซิเดชั่น (Vonshak และ Maske, 1982)

Vonshak (1986) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่ทำให้การวิเคราะห์น้ำหนักแห้งของสาหร่ายเกิดความผิดพลาดขึ้น ได้แก่

1. ปริมาณของน้ำตัวอย่างที่เก็บมาวิเคราะห์ ไม่ดีพอ ไม่เป็นตัวแทนที่ดีของตัวอย่าง
2. การสูญเสียเซลล์สาหร่ายระหว่างการแยกน้ำออกจากเนื้อสาหร่าย เนื่องจากเซลล์ที่มีถุงก๊าซจะลอยตัว เมื่อใช้วิธีการหมุนเหวี่ยง (centrifugation) หรือเนื่องจากการแตกของเซลล์
3. การใช้วิธีการที่ไม่เหมาะสม ได้แก่ การให้ความร้อนน้อยเกินไป หรือมากเกินไป การทิ้งไว้ให้เย็นอย่างไม่พอเพียงก่อนการชั่งน้ำหนัก
4.

องค์ประกอบและคุณสมบัติของนม

น้ำนมเป็นอาหารที่มีความชื้นสูง กล่าวคือ มีน้ำโดยเฉลี่ยประมาณ 87% นอกจากนี้ประกอบด้วยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เกลือแร่ และวิตามินในอัตราส่วนแตกต่างกัน สารที่มีโมเลกุลเล็กซึ่งได้แก่ คาร์โบไฮเดรต เกลือแร่ และวิตามินจะละลายน้ำได้ จึงอยู่ในน้ำนม ในลักษณะสารละลายโปรตีน และเอนไซม์มีโมเลกุลใหญ่จะอยู่ในน้ำนมลักษณะสารแขวนลอน (Colloid) ส่วนไขมันซึ่งเป็นหยดเล็ก ๆ จะอยู่ในสภาพสารผสม (Emulsion) เพราะไม่ละลายน้ำ

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบของน้ำนมวัวที่ผลิตขายตามท้องตลาด

ส่วนประกอบของน้ำนม	ปริมาณ (%)	เฉลี่ย (%)
น้ำ	82.0-90.0	87.3
ไขมัน	2.3-7.8	3.67
โปรตีน	2.0-4.5	3.42
แลคโตส	3.5-6.0	4.78
เกลือแร่	0.6-0.9	0.73
ของแข็ง	10.0-18.0	12.69
ของแข็งที่ปราศจากไขมัน	7.5-10.6	8.77

ที่มา : พวงพร โชติไกร (2537 : 186)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรตีนที่อยู่ในน้ำนมมีคุณภาพสูง คือ มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของร่างกายในปริมาณพอเหมาะ และยังมีกรดอะมิโนที่สำคัญบางตัวมากเป็นพิเศษ เช่น ไลซีน (Lysine) และลูซีน (Leucine) เป็นต้น สารประกอบพวกโปรตีนที่สำคัญในน้ำนม ได้แก่ เคซีน (Casein) แลคโตโกลบูลิน (Lactoglobulin) แลคตัลบูมิน (Lactalbumin) และ อนไซม์ ซึ่งมีอยู่ในปริมาณต่างกัน (พวงพร โชติกไกร, 2537 : 187-188)

เอนไซม์ที่มีในน้ำนมวัว ได้แก่ โปรตีเอส (Protease) ไลเปส (Lipase) ออกซิเดส (Oxidase) คาตาเลส (Catalase) ฟอสฟาเตส (Phosphatase) และเพอร์ออกซิเดส (Proxidaes) เนื่องจากฟอสฟาเตสทนความร้อนในการพาสเจอไรซ์ได้ ดังนั้นจึงมักใช้ปฏิกิริยาของเอนไซม์นี้สำหรับตรวจสอบว่าน้ำนมนั้นผ่านการพาสเจอไรซ์ถูกต้องหรือไม่ (พวงพร โชติกไกร, 2537 : 188)

ไขมันในน้ำนมประกอบด้วยกรดไขมันหลายชนิด กรดไขมันที่พบมากและมีความสำคัญได้แก่ กรดบิวไทริค (Butyric) กรดคาโปรอิค (Caproic) กรดคาปรีลิค (Caprylic) กรดคาปริค (Capric) กรดโอลีอิค (Oleic) และ กรดลิโนลีอิค (Linoleic) เป็นต้น (พวงพร โชติไกร, 2537 : 188)

คาร์โบไฮเดรตที่มีในน้ำนม ได้แก่ แลคโตส เป็นไดแซคคาไลด์ เมื่อถูกย่อยให้กลูโคสและกาแลคโตส

วิตามินและเกลือแร่ที่มีในน้ำนมปริมาณสูง ได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม โซเดียม แมกนีเซียม กำมะถัน และวิตามินเอ ส่วนวิตามินบี และไนอะซินในน้ำนมมีในปริมาณมากพอควร (พวงพร โชติกไกร, 2537 : 189)

ตารางที่ 2 แสดงส่วนประกอบของมูลสุกร

มูลสุกร ซึ่งค่อนข้างมีธาตุอาหารหลักอยู่สูงเช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และมีธาตุอาหารรองคือ แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน และธาตุอาหารเสริม เช่น เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง โบรอน โมลิบดีนัม และคลอรีน นอกเหนือจากนั้นยังให้ฮอร์โมนและสารควบคุมการเจริญเติบโต ชนิดต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับพืชอีกมากมายอีกด้วย ดังรายละเอียดใน ตารางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบของมูลสุกร	ปริมาณ (%)
ไนโตรเจน	1.95
ฟอสฟอรัส	1.76
โพแทสเซียม	0.43
แคลเซียม	1.817
แมกนีเซียม	0.556
กำมะถัน	0.07
	ปริมาณ (ppm)
เหล็ก	4,630
แมงกานีส	670
สังกะสี	190
ทองแดง	32
โบรอน	54
คลอรีน	9,740

ที่มา : http://www2.doae.go.th/www/work/web/kannika/page1.htm

คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย

สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp.) เป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินชนิดหนึ่ง ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เนื่องจากประกอบด้วยโปรตีนสูงถึง 50-70% ของน้ำหนักแห้ง มีวิตามินและเกลือแร่ที่สำคัญต่อร่างกายหลายชนิด โดยเฉพาะวิตามิน B, E, H (Biotin) ไขมันในเซลล์สาหร่ายประกอบด้วยกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวในปริมาณสูง จึงเป็นที่นิยมรับประทานเป็นอาหารสุขภาพ

สุชาติ (2529) ได้เลี้ยงปลาสวยงามด้วยสาหร่ายเกลียวทองจะทำให้สีของปลาสวยเข้มน่าชมมากขึ้น เม็ดสีที่สกัดได้จากสาหร่ายสามารถนำมาใช้เป็นสีผสมอาหารและเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวะ (biomarkers)

นิสราภรณ์ (2544) ได้ทำการศึกษาถึงคุณค่าทางอาหารของสาหร่ายพวงองุ่นภายใต้สภาวะถังเลี้ยงกลางแจ้ง (outdoor tank) โดยเลี้ยงสาหร่ายในน้ำทะเลธรรมชาติเพียงอย่างเดียวและเลี้ยงโดยใช้น้ำทะเลธรรมชาติผสมกับน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลา พบว่า องค์ประกอบภายในเซลล์ส่วนใหญ่เป็นความชื้นมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 92.4-97.8% (น้ำหนักสด) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 54.0-79.49% (น้ำหนักแห้ง) ปริมาณโปรตีนมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.51-1.73% (น้ำหนักแห้ง) ปริมาณไขมันมีค่าลี่ยอยู่ระหว่าง 0.12-1.59% (น้ำหนักแห้ง) ปริมาณเส้นใยมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.50-10.92% (น้ำหนักแห้ง) ปริมาณเถ้า มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.61-37.54% (น้ำหนักแห้ง) และฟอสฟอรัสเป็นแร่ธาตุที่พบปริมาณน้อยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.04-0.142% (น้ำหนักแห้ง)

Spirulina อุดมไปด้วยโปรตีนคุณภาพสูงวิตามินต่างๆเช่น B12 , B6 , B1 , E , Riboflavin , Nicotinic acid , Pantothenate และเกลือแร่ ผนังเซลล์ประกอบด้วยโพลีแซคคาร์ไรด์สามารถย่อยสลายได้ถึง 86 เปอร์เซ็นต์ รูปแบบการบริโภคโดยการผลิตเป็นเม็ดหรือแคปซูล หรือนำมาเป็นส่วนประกอบของบะหมี่สำเร็จรูป เครื่องดื่ม คุกกี้ ช็อคโกแลตอัดแท่ง

ตารางที่ 3 คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายเส้นด้ายและวัตถุดิบแห้ง

โภชนะ	สาหร่ายเส้นด้าย	แกลบกุ้ง	ใบกระถิน	ข้าวโพด
ความชื้น %	12.7	11.9	9.8	11.9
โปรตีน %	10.4	29.2	21.7	7.6
ไขมัน %	3.6	5.7	3.7	4.2
เยื่อใย %	14.1	6.0	8.6	1.7
เถ้า %	22.6	35.7	11.5	4.4
แคลเซียม %	0.01	13.20	0.54	0.01
ฟอสฟอรัส %	0.03	3.20	0.02	0.13
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	2,162	2,702	4,391	5,803
ปริมาณแซนโทฟิลล์รวม (ppm.)	8.4	น้อยจนหาค่าไม่ได้	175.0	13.2
เกลือ %	-	5.49	-	-

ที่มา : รวีวรรณ์ (2531)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 คุณค่าทางอาหารของสาหร่ายเห็ดลาบ (*N. commune*)

รายการ (หน่วย)	ปริมาณ
ความชื้น (กรัม/100กรัม)	10.19
โปรตีน (กรัม/100กรัม)	20.26
เถ้า (กรัม/100กรัม)	16.2
ไขมันทั้งหมด (กรัม/100กรัม)	0.02
ใยอาหาร (กรัม/100กรัม)	4.3
วิตามินเอ (ไมโครกรัม/100กรัม)	2.31
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม/100กรัม)	0.02
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม/100กรัม)	0.01
วิตามินซี (มิลลิกรัม/100กรัม)	ตรวจไม่พบ
แคลเซียม (กรัม/100กรัม)	3.55
เหล็ก (กรัม/100กรัม)	0.28
กรดอะมิโน (มิลลิกรัม/100กรัม)	
Asparatic acid	3166.21
Threonine*	1193.92
Serine	1186.14
Glutamine acid	2064.97
Proline	486.36
Glycine	1044.1
Alanine	1658.24
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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 (ต่อ)

Arginine	1015.52
Tryptophan	35.62

*กรดอะมิโนจำเป็น (essential amino acid)

ตารางที่ 5 กรดอะมิโนที่จำเป็น (essential amino acid) และกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น (non esstial acid) ของสไปรูลินา

กรดอะมิโนที่จำเป็น	ร้อยละ
ไอโซลิวซีน (isoleucine)	4.13
ลิวซีน (leucine)	5.80
ไลซีน (lysine)	4.00
เมทไทโอนีน (methionine)	2.17
ฟีนิลอะลานีน (phenylalanine)	3.95
ทรีโอนีน (threonine)	4.17
ทริปโตเฟน (tryptophan)	1.13
วาลีน (valine)	6.00
กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น (%)	
อะลานีน (alanine)	5.82
อาจีนีน (arginine)	5.98
กรดแอสปาติก (aspartic acid)	6.43
ซีสตีน (cystine)	0.67
กรดกลูตามิก (glutamic acid)	8.94
ไกลซีน (glycine)	3.46
ฮิสตีดีน (histidine)	1.08
โปรลีน (proline)	2.97
เซอรีน (serine)	4.00
ไทโรซีน (tyrosine)	4.60

ที่มา : สมบัติ (2528)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
99291

ตารางที่ 6 เปอร์เซ็นต์กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายในสไปรูลินาเมื่อเปรียบเทียบกับสารอาหารอื่น ๆ

กรดอะมิโน	สไปรูลินา	คลอเรลลา	ถั่วเหลือง	เนื้อวัว	ไข่ไก่	ปลาทู
ไอโซลิวซีน (isoleucine)	3.3-3.9	3.9	1.8	0.93	0.67	0.83
ลิวซีน (leucine)	5.9-6.5	6.01	2.70	1.7	1.08	1.28
ไลซีน (lysine)	2.6-3.3	3.6	2.58	1.76	0.89	1.95
เมทไทโอนีน (methionine)	1.3-2.0	0.61	0.48	0.43	0.40	0.58
ซีสตีน (cystine)	0.5-0.7	0.48	0.48	0.23	0.35	0.38
ฟีนิลอะลานีน (phenylalanine)	2.6-3.3	3.00	1.98	0.86	0.65	0.61
ไทโรซีน (tyrosine)	2.6-3.1	2.53	1.38	0.68	0.49	0.61
ทรีโอนีน (threonine)	3.0-3.6	2.30	1.62	0.86	0.59	0.99
ทริปโตเฟน (tryptophan)	1.0-1.6	0.59	0.55	0.25	0.20	0.30
วาลีน (valine)	4.0-4.6	3.30	1.86	1.05	0.83	1.02

ที่มา : สมบัติ (2528)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

การเพาะเลี้ยงสาหร่าย เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารอาหาร

ก. วัสดุและอุปกรณ์

1. สาหร่าย *Nostoc commune* จากห้องเพาะเลี้ยงแพลงค์ตอน ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

2. สูตรอาหาร BBM อาหารที่ใช้สำหรับเพาะเลี้ยงสาหร่าย

3. สูตรอาหารเพาะเลี้ยงสไปรูลินา

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวัด

4.1 เครื่อง Spectrophotomer

4.2 เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

5. อุปกรณ์อื่น ๆ

5.1 กระบอกตวงขนาดต่าง ๆ

5.2 ปิเปต

5.3 ที่วางหลอดทดลอง

5.4 หลอดทดลอง

5.5 บีกเกอร์ขนาดต่าง ๆ

5.6 ผ้ากรองไนลอน

5.7 ขวดน้ำเกลือ

5.8 สายยาง

5.9 แท่งแก้ว

5.10 ถาดอะลูมิเนียม

5.11 ขวดน้ำพลาสติกขนาด 1.5 ลิตร

5.12 มูลสุกร

5.13 นมจืด

ข. วิธีการเพาะเลี้ยงสาหร่าย

นำสาหร่าย *N. commune* จากห้องเพาะเลี้ยงแพลงค์ตอนภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง มาทำการเพาะเลี้ยงในสูตรอาหาร BBM เป็นเวลา 3 สัปดาห์ เพื่อใช้เป็นสาหร่ายตั้งต้นในการขยายปริมาตร ติดตั้งอุปกรณ์ให้อากาศตลอดเวลา เพื่อให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำและป้องกันไม่ให้สาหร่ายตกตะกอน ทำการเพาะเลี้ยงในห้องแพลงค์ตอน ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส ให้แสงตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. การเลี้ยงสาหร่ายในมูลสุกร

1. ทำการทดลองขั้นต้นโดยเลี้ยงสาหร่ายในปุ๋ยผสมมูลสุกรความเข้มข้น 0.5 กรัมต่อลิตร 2 กรัมต่อลิตร 5 กรัมต่อลิตร 7.5 กรัมต่อลิตร

2. จากผลการทดลอง สาหร่าย *N. commune* สามารถเจริญเติบโตได้ในความเข้มข้น 0.5 กรัมต่อลิตร 2 กรัมต่อลิตร 5 กรัมต่อลิตร

3. นำมูลสุกรตากแดดให้แห้ง ชั่งตามความเข้มข้นดังนี้ 0.5 กรัมต่อลิตร 2.0 กรัมต่อลิตร และ 5.0 กรัมต่อลิตร แช่ในน้ำ 1 ลิตร แช่เป็นเวลา 7 วัน และกรองนำน้ำไปใช้ 50 มิลลิลิตร/ลิตร

4. ใส่ปุ๋ยโซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) 1,000 กรัมต่อน้ำ1000 ลิตร

5. จากนั้นใส่สาหร่ายลงไป โดยใช้ปริมาณสาหร่ายตั้งต้น 20 เปอร์เซ็นต์

6. ติดตั้งอุปกรณ์ให้อากาศตลอดเวลา เพื่อให้เกิดการหมุนเวียนและป้องกันสาหร่ายตกตะกอน วัดการเจริญเติบโตโดยวัดคลอโรฟิลล์และวัดน้ำหนักแห้ง ทำการวัดการเจริญเติบโตทุก ๆ 3 วัน

ง. การเลี้ยงสาหร่ายในมูลสุกรผสมกับนม

1. ทำการทดลองขั้นต้นโดยเลี้ยงสาหร่าย *N. commune* ในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 0.5%-0.1%, 0.5%-0.2%, 0.5%-0.3%, 2%-0.1%, 2%-0.2%, 2%-0.3%,5%-0.1%, 5%-0.2% และ 5%-0.3%

2. จากผลการทดลองพบว่า สาหร่าย N. commune สามารถเจริญเติบโตได้ในความเข้มข้น 0.5%-0.1%, 0.5%-0.2%, 0.5%-0.3%, 2%-0.1%, 2%-0.2%, 2%-0.3%,5%-0.1%

3. ใสปุ๋ย โซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) 1,000 กรัมต่อน้ำ1000 ลิตร

4. จากนั้นใส่สาหร่ายลงไป โดยใช้ปริมาณสาหร่ายตั้งต้น 20 เปอร์เซ็นต์

5.ติดตั้งอุปกรณ์ให้อากาศตลอดเวลาเพื่อให้เกิดการหมุนเวียนและป้องกันสาหร่าย วัดการเจริญเติบโตโดยวัดคลอโรฟิลล์และวัดน้ำหนักแห้ง ทำการวัดการเจริญเติบโตทุก 5 วัน

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย

1. การวิเคราะห์โปรตีนทั้งหมด (Cruse Protein) โดยวิธีเจลดาห์ล (Kjeldahl Mrthod)

1.1 อุปกรณ์

1.1.1 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์โปรตีน ประกอบด้วย

1.1.1.1 เครื่องย่อยสาร (digestion apparatus)

1.1.1.2 หลอดย่อยสาร (Kjeldahl tube) ขนาด 250 มิลลิลิตร

1.1.1.3 Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิตร

1.1.1.4 ที่วางหลอดย่อย (Insert rack)1.1.2 เครื่องกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20485

1.1.2.1 เครื่องกลั่น (Distillation apparatus) พร้อม Cooling bath เพื่อหมุนเวียนน้ำเย็นเข้าสู่ Condenser

1.1.3 บิวเรต

1.1.4 ขาตั้ง

1.2 สารเคมี

1.2.1 กรดกำมะถันเข้มข้น (H_2SO_4 conc. 93-98%)

1.2.2 คะตะลิสต์ผสม

(ประกอบด้วย Potassium sulphate 100 กรัม Coppersulphate 10 กรัม)

1.2.3 สารละลาย NaOH 32%

1.2.4 สารละลายกรดบอริก 4%

1.2.5 อินดิเคเตอร์

(Bromocresol green ผสมกับ Methyl red ในอัตราส่วน 5 : 1)

1.2.6 สารละลายมาตรฐานกำมะถัน 0.1 N (0.1 N H_2SO_4)

1.3 วิธีการทดลอง

1.3.1 การย่อย (Digestion)

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

1.3.1.2 ใส่คะตะลิสต์ผสมจำนวน 10 กรัม ลงใน Kjeldahl tube ที่มีสารตัวอย่างเติมกรดกำมะถันเข้มข้น (H_2SO_4 conc.) 20 มิลลิลิตร

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

1.1.1.4 เมื่อสารละลายเย็นดีแล้ว ให้เติมน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร แล้วจึงนำไปเข้าเครื่องกลั่น

1.3.2 การกลั่น (Distillation)

1.3.2.1 เสียบปลั๊กไฟเครื่องกลั่นให้พร้อมสำหรับการทำงาน พร้อมกับเปิดวาล์วน้ำเครื่อง Cooling bath เพื่อให้น้ำไหลหล่อเย็น Condesser

1.3.2.2 นำหลอดย่อยไปวางต่อเข้ากับเครื่องกลั่น

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
วิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

1.3.2.4 ตั้งโปรแกรมการทำงานโดยให้มีการเติม NaOH 32 % จำนวน 75 มิลลิลิตร ลงในหลอดย่อย

1.3.2.5 ทำการกลั่นเป็นเวลา 5 -7 นาที เพื่อไล่แอมโมเนียไปเก็บไว้ในสารละลายกรดบอริก นำสารละลายที่ได้ไปไตเตรตด้วย H_2SO_4 0.1 N

1.4 การไตเตรต (Titration)

1.4.1 เติม H_2SO_4 0.1 N ลงในบิวเรต

1.4.2 นำสารละลายตัวอย่างใน Elenmeyer flask ที่ได้จากการกลั่น มาทำการไตเตรต จนได้จุดยุติเป็นสีชมพู

1.4.3 เปรียบเทียบกับ Blank ทำเช่นเดียวกันทุกขั้นตอน ยกเว้นจะไม่ใส่สารตัวอย่าง

1.4.4 บันทึกปริมาตรของ H_2SO_4 0.1 N ที่ใช้ในการไตเตรตสารตัวอย่างและ Blank

1.5 การคำนวณปริมาณโปรตีน

$$\% \text{ Crude protein} = \frac{1.4(V)Nx6.25}{W}$$

V = ปริมาตรของกรดซัลฟุริกที่ใช้ไตเตร

N = ความเข้มข้นเป็น Normal ของ H_2SO_4

W = น้ำหนักตัวอย่างอาหาร

2. การวิเคราะห์ไขมัน

2.1 อุปกรณ์

2.1.1 เครื่องสกัดไขมันแบบ Soxlet (Soxlet apparatus)

2.1.2 Flask ก้นกลม Extraction thimble

2.1.3 สำลี , กระดาษกรอง

2.1.4 โถดูดความชื้นและตู้อบ

2.1.4 กระดาษฟรอยด์

2.2 สารเคมี

2.2.1 Petroleum ether

2.3 วิธีการทดลอง

2.3.1 นำ flask ก้นกลมที่สะอาดไปอบในตู้ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ทิ้งให้เย็นเป็นเวลา 3 ชั่วโมงในโถดูดความชื้นแล้วนอกมาชั่งให้ได้น้ำหนักคงที่

2.3.2 ชั่งสารตัวอย่างให้มีน้ำหนัก 1.5 กรัม ห่อด้วยกระดาษกรอง แล้วใส่ลงใน Extraction thimble (ตัวอย่างและ Extraction thimble ที่ใช้ควรผ่านการอบไล่ความชื้นออก) อุดด้วยสำลีที่ปราศจากไขมัน จากนั้นนำใส่ลงในชุด Soxlet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 เติม Petroleum ether ลงใน flask ก้นกลม 150 มิลลิลิตร ปิด Condenser ด้วยสำลีและหุ้มด้วยกระดาษฟรอยด์

2.3.4 เปิด Cooling bath โดยตั้งอุณหภูมิที่ 5-10 องศาเซลเซียส

2.3.5 เปิดเครื่องมือให้ความร้อน โดยเริ่มแรกให้หมุนปุ่มไปที่ตำแหน่งให้ความร้อน 3 (การปรับตำแหน่งระดับของความร้อนที่ใช้ ให้สังเกตจากการเดือดของสารละลาย โดยสารละลายควรเดือดในระดับที่สมดุลกับการกลั่นตัวของไอ)

2.3.6 การสกัดใช้เวลาประมาณ 4-6 ชั่วโมง ก็สามารถสกัดไขมันจากตัวอย่างอาหารได้หมดจากนั้นนำ thimble ออกจากชุด soxlet

2.3.7 กลั่นเก็บ solvent ต่อ จนกระทั่ง petroleum ether ใน flask ก้นกลมเกือบหมด

2.3.8 นำ flask ก้นกลมที่มีไขมันอบในตู้ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนัก

2.4 การคำนวณปริมาณไขมัน

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

a = น้ำหนักของขวดแก้วก้นแบน

b = น้ำหนักของขวดแก้วก้นแบนและ ether extract หลังอบ

w = น้ำหนักของตัวอย่างอาหาร

3. ความชื้น โดยวิธีการอบแห้ง (drying methods)

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 ตู้อบแห้ง (drying oven)

3.1.2 ถ้วยครูซิเบิล

3.1.3 โถดูดความชื้น (dessiccator)

3.1.4 เครื่องชั่งละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง

3.1.5 คีมจับ (tong)

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 เตรียมถ้วยครูซิเบิลที่ล้างสะอาดแล้วนำมาอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง นำออกจากเตาอบเข้าใส่ในโถอบแห้ง ทิ้งให้เย็นและนำมาชั่งจนได้น้ำหนักที่แน่นอน

3.2.2 ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 1 กรัม ใส่ในถ้วยครูซิเบิลที่ทราบน้ำหนักแน่นอน

3.2.3 นำไปอบที่อุณหภูมิ 100±5 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 นำตัวอย่างออกจากตู้อบแล้วทิ้งให้เย็นในโถอบแห้ง เมื่อเย็นแล้วนำมาชั่งน้ำหนัก

3.2.5 นำไปอบซ้ำจนน้ำหนักคงที่

3.2.6 นำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น

3.3 การคำนวณหาปริมาณความชื้น

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

A = น้ำหนักถ้วยครูซิเบิล + ตัวอย่างก่อนเข้าอบ

B = น้ำหนักถ้วยครูซิเบิล + ตัวอย่างหลังเข้าอบ

W = น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์

4. การวิเคราะห์เถ้าทั้งหมด

4.1 อุปกรณ์

4.1.1ถ้วยกระเบื้อง (Porcelai or silica crucible)

4.1.2 โถอบแห้ง (Desicator)

4.1.3 เตาเผา (Muffle furnace)

4.1.4 ตู้ควัน (Fume cupboard)

4.1.5 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

4.1.6 Hot plate

4.1.7 คีมคีบ (Tong)

4.1.8 ถุงมือกันความร้อน

4.2 วิธีการ

4.2.1 เผา crucible ที่สะอาดและแห้งในเตาเผาที่อุณหภูมิ 450-600 องศาเซลเซียส นาน 1-2 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในโถอบแห้ง แล้วชั่งเพื่อให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน

4.2.2 นำตัวอย่างอาหารที่ต้องการวิเคราะห์จำนวนประมาณ 1 กรัม ใส่ลงใน crucible

4.2.3 เปิดพัดลมในตู้ดูดควันแล้วนำตัวอย่างอาหารใน crucible เข้าไปเผาตู้ควันโดยใช้ Hot plate

4.2.4 นำ crucible พร้อมตัวอย่างที่ไหม้แล้วเข้าไปเผาต่อในเตาเผาที่ความร้อน 450-600 องศาเซลเซียส เผาจนเถ้าเป็นสีขาวหรือสีเทาอ่อน ปกติใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ครึ่ง – 2 ชั่วโมง

ในกรณีที่เถ้าไม่เป็นสีขาง ซึ่งแสดงว่ายังมีคาร์บอนอยู่บ้าง ให้หยดน้ำยาแอมโมเนียมคาร์บอเนต 2-3 หยด ลงบนเถ้า ระเหยให้แห้งแล้วเผาต่อในเตาเผาจนได้สีขาว

4.2.5 ใช้คีมคีบ crucible ไปทิ้งให้เย็นในโถอบแห้ง แล้วชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 คำนวณ

$$\% \text{ เถ้าทั้งหมดในตัวอย่างแห้ง} = \frac{(A-B)X100}{W}$$

เมื่อ A = น้ำหนัก crucible ที่เย็น + น้ำหนักเถ้าที่ได้หลังจากการเผาในเตาเผา

B = น้ำหนัก crucible

W = น้ำหนักตัวอย่างแห้งที่ใช้วิเคราะห์

(% สิ่งแห้ง (Drymatter) = 100 - % ความชื้น)

5. การวิเคราะห์แคลเซียม

5.1 อุปกรณ์

5.1.1 ถ้วยครูซิเบิล (Porcelain evaporating dish หรือ crucible)

5.1.2 Hot plate

5.1.3 Muffle furmance

5.1.4 Burette

5.1.5 แท่งแก้วคนสาร

5.1.6 Volumetric flask ขนาด 250 ml.

5.1.7 น้ำกลั่น

5.1.8 ปิเปต ขนาด 50 ml และขนาดอื่น ๆ

5.1.9 บีกเกอร์ขนาด 250 ml และบีกเกอร์สำหรับกรอง

5.1.10 กระจกนาฬิกา

5.1.11 กระดาษกรองเบอร์ 40

5.2 สารเคมี

5.2.1 NO_3 conc

5.2.2 6 N HCL

5.2.3 HCl 50 %

5.2.4 H_2SO_4 conc

5.2.5 สารละลาย NH_4OH conc

5.2.6 Ammonium oxalate 4%

5.2.7 Potassium permanganate 0.05 N

5.2.8 Ammonium hydroxide เจือจาง

5.2.9 Methyl red

5.2.10 ยูเรีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.11 Calcium chloride

5.3 วิธีการทดลอง

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

5.3.2 นำไปเผาต่อในเตาเผา โดยค่อยเร่งอุณหภูมิไปที่ 550 องศาเซลเซียส ทำการเผาเป็นระยะเวลา 3-4 ชั่วโมง

5.3.3 นำออกจากเตาเผา ทิ้งไว้ให้เย็นและทำให้ชื้นด้วยกรดไนตริก โดยใช้แท่งแก้วค่อย ๆ ค่อย ๆ หยดพอชื้น ตั้งบน hot plate จนแห้ง

5.3.4 นำหลับไปเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส อีกเป็นเวลาครึ่งชั่วโมง ถ้าหากเถ้าที่ได้ยังไม่ขาวให้เติมกรดไนตริกอีก ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเผาซ้ำอีกครั้ง จนกระทั่งได้เถ้าสีขาว

5.3.5 นำเถ้าที่ได้จากการเผามาเตท HCl 50% จำนวน 10ml.

5.3.6 นำไปตั้งบน hot plate ต้มเพื่อให้เถ้าละลายให้หมด ใช้แท่งแก้วคน (ควรเปิดไฟอ่อน ๆ ขนาดเบอร์ 1-1.5)

5.3.7 ถ่ายสารละลายลงใน volumetric flask ขนาด 250 ml. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

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

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

5.3.10 ปิดเบีกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกา นำไปต้มจนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีส้มหรือขาวทิ้งไว้ให้เย็น กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 40 ล้างตะกอนด้วยแอมโมเนียมเจือจางจนหมด oxalate (ทดสอบโดยหยด $Cacl_2$ ในน้ำล้าง ถ้ายังเกิดตะกอน แสดงว่า oxalate ยังไม่หมด)

5.3.11 เอาบีกเกอร์ใบเดิมที่ใช้ตกตะกอน รองใต้กระดาษกรอง เจาะกระดาษกรองให้เป็นรู ล้างด้วยน้ำกลั่นจนหมดตะกอนแล้วเติม H_2SO_4 conc. จำนวน 2.5 ml. นำไปอุ่นใน Hot plate ที่ 85 องศาเซลเซียส

5.3.12 นำมาไตเตรตกับ potassium permanganate 005 N จนได้สารละลายสีชมพูจาง ๆ ปรากฏอยู่นานไม่ต่ำกว่า 30 วินาที แสดงว่าถึงจุด end point

5.4 คำนวณหา %Ca

1 ml. ของ 0.05 KMnO4 = 0.01 กรัมของแคลเซียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\% Ca = \frac{ml. \times 0.01 \times 100 \times 5}{W}$$

ml = จำนวนของ KMnO4

W = จำนวนน้ำหนักของอาหารที่วิเคราะห์

6. การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในอาหารโดยวิธี Spectrophotometry

6.1 อุปกรณ์

6.1.1 Volumetric flask ขนาด 1 ลิตร และ 100 มิลลิลิตร

6.1.2 Volumetric pipet ขนาด 25 ml.

6.1.3 บีกเกอร์ขนาด 250 ml.

6.1.4 Graduated pipet ขนาด 10 ml

6.1.5 Graduated test ขนาด 10 ml พร้อมฝาปิด 6หลอด

6.1.6 Spectrophotometer, cuvet

6.2 สารเคมี

6.2.1 Molybdovanadate reagent

6.2.1.1 ละลาย 20 กรัม แอมโมเนียมโมลิบเดท ในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร (solution A)

6.2.1.2 ละลาย 1 กรัม แอมโมเนียมเมตเมต้าวาเดทในน้ำกลั่นร้อน125 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเติม 225 มิลลิลิตร 70 % กรดเปอร์คลอริก(solution B)

6.2.1.3 ค่อย ๆ ริน solution A ลงใน solution B ช้า ๆ คนให้เข้ากันปรับให้มีปริมาตร 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

6.2.2 Phosphorous standard stock solution

ละลายโปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)ที่บริสุทธิ์และแห้งหนัก0.4394 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วทำให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร

6.2.3 HCL 50% (v/v)

6.3 วิธีการทดลอง

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3.2 เตรียมสารละลายมาตรฐานของโปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 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

6.4 ละลายตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์

6.4.1 ถ่ายเถ้าที่ได้จากการเผาลงในบีกเกอร์ขนาด 250 ml โดยใช้กรดเจือจาง(HCL50%) และน้ำกลั่นร้อนช่วยล้างเถ้าในครูซิเบิล เติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 75 ml

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

6.4.3 กรองสารละลายใส่ Erlenmeyer flask 250 ml โดยใช้กระดาษกรองที่ไม่มีเถ้า ใช้น้ำกลั่นร้อนล้างตะกอนลงบนกระดาษกรอง

6.4.4 ทิ้งให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่นลงใน Erlenmeyer flask ที่มีสารละลายข้างต้น ปรับปริมาตรให้ได้ 250 ml

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

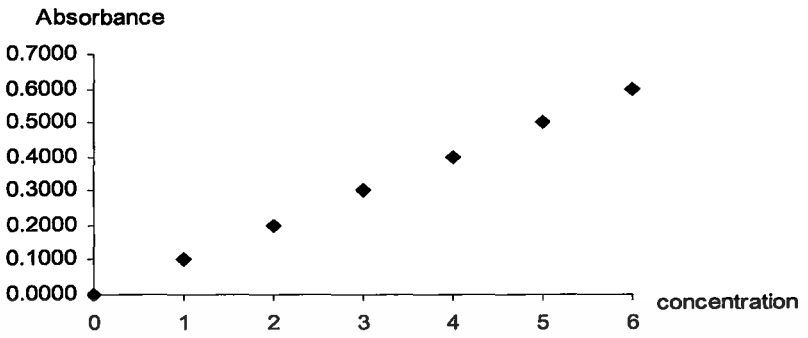
6.4.6 เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เพื่อให้เกิดสีเหลืองแล้วน้ำไปวัดค่า %absorbance โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ 400 nm.

6.4.7 อ่านค่าฟอสฟอรัสในตัวอย่างอาหารจากกราฟมาตรฐาน

6.5 การคำนวณ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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 H_2SO_4 conc

7.2.3 glucose standard

7.3 วิธีการทดลอง

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

7.3.1 เตรียมสารละลายกลูโคสที่ความเข้มข้น 200 ug/100 ml

7.3.2 เตรียมสารละลายมาตรฐานกลูโคสให้มีความเข้มข้น 0,10,20,40,60,80,100 ug/ml ตามลำดับ เติม phenol 5 % 1 ml เขย่าเติม H_2SO_4 conc 10 ml เขย่าแล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาทีนำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (%absorbance) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 485 nm

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

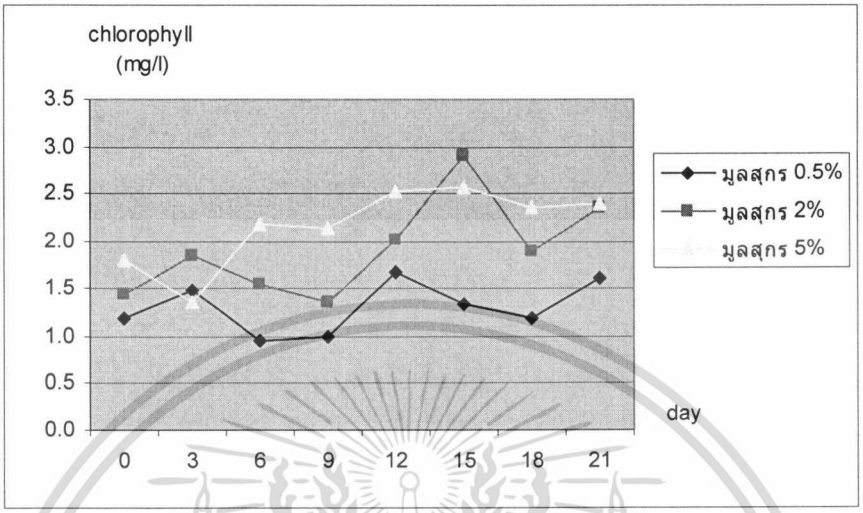
7.4 วิธีการคำนวณ

$$\% \text{ Carbohydrate} = \frac{\text{slope x total volumn x } OD_{485} \text{ x100}}{\text{น้ำหนักแห้งx1x1000000}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

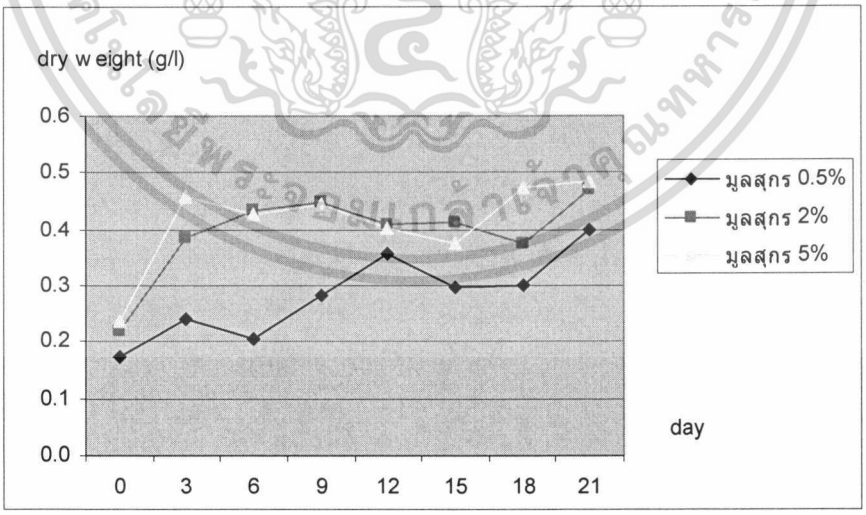
ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ปริมาณคลอโรฟิลล์และน้ำหนักแห้ง



ภาพที่ 2 ปริมาณคลอโรฟิลล์ของ *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกร

จากการทดลองพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกรความเข้มข้น 0.5 % มีค่าเท่ากับ 1.61 mg/l ในปุ๋ยผสมมูลสุกรความเข้มข้น 2 %มีค่าเท่ากับ 2.35 mg/l ในปุ๋ยผสมมูลสุกรความเข้มข้น 5 % มีค่าเท่ากับ 2.38 mg/l



ภาพที่ 3 ปริมาณน้ำหนักแห้งของ *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

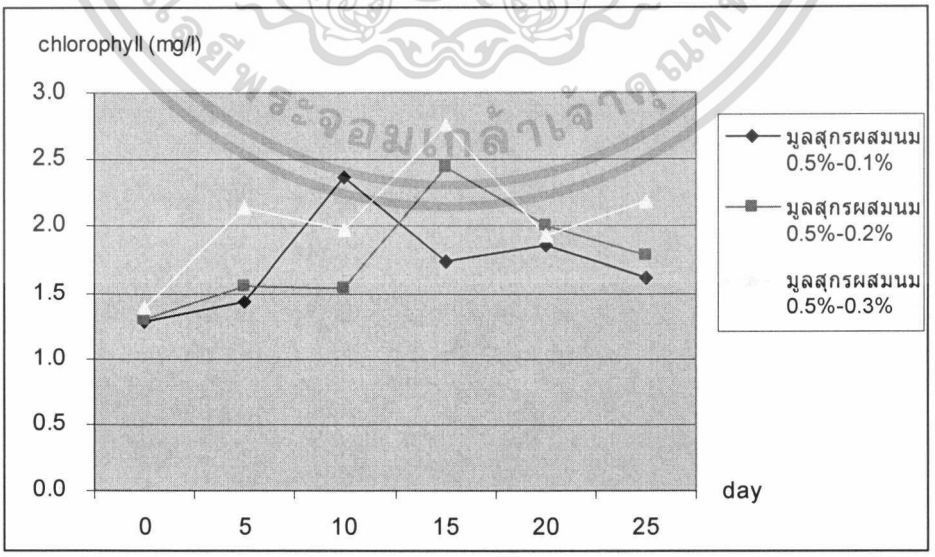
น้ำหนักแห้งของสาหร่ายในวันสุดท้าย (21 วัน) ที่เพาะเลี้ยงพบว่า น้ำหนักแห้งของสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกรความเข้มข้น 0.5 % มีค่าเท่ากับ 0.40 g/l ในปุ๋ยผสมมูลสุกรความเข้มข้น 2 % มีค่าเท่ากับ 0.47 g/l ปุ๋ยผสมมูลสุกรความเข้มข้น 5 % มีค่าเท่ากับ 0.48 g/l

ตารางที่ 7 ผลผลิตที่สิ้นสุดการทดลอง (21 วัน) ของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกร

ความเข้มข้นของปุ๋ยผสมมูลสุกร (%)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ (mg/l)	ปริมาณน้ำหนักแห้ง (g/l)
0.5	1.61±0.24[a]	0.40±0.17[a]
2	2.35±0.20[a]	0.47±0.02[a]
5	2.38±0.62[a]	0.48±0.03[a]

ตัวอักษร (a) ในแถวแนวตั้งเดียวกันคือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

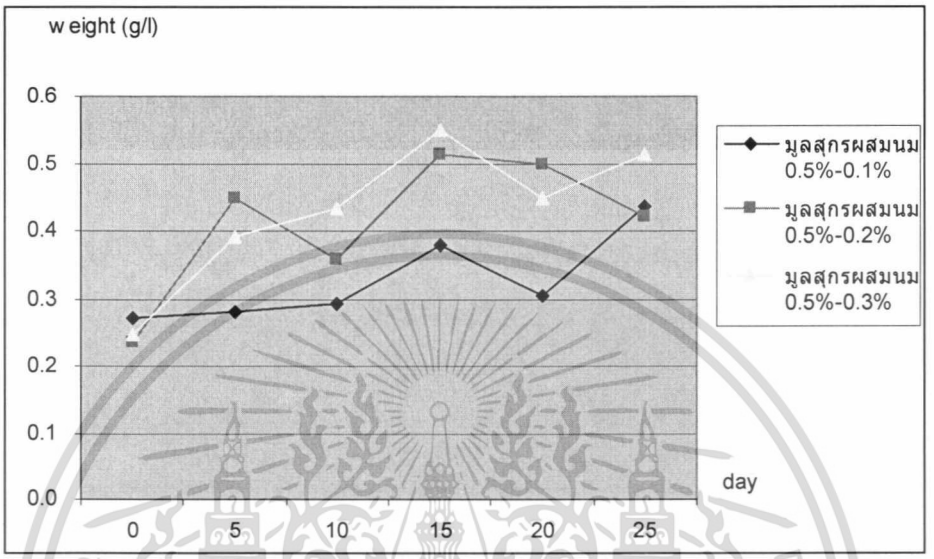
จากตารางที่ 7 ปริมาณคลอโรฟิลล์และน้ำหนักแห้งที่สิ้นสุดการทดลอง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยปริมาณคลอโรฟิลล์พบมากที่สุดในสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกรความเข้มข้น 5% (2.38±0.62%) ส่วนปริมาณน้ำหนักแห้งพบมากที่สุดในสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกรความเข้มข้น 5% (0.48±0.03%) เช่นเดียวกัน



ภาพที่ 4 ปริมาณคลอโรฟิลล์ของ *N. commune* ที่เลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 0.5%-0.1%, 0.5%-0.2% และ 0.5%-0.3%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณคลอโรฟิลล์ของสาหร่าย *N. commune* ในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 0.5%-0.1% มีค่าเท่ากับ 1.61 mg/l ปริมาณคลอโรฟิลล์ของ สาหร่าย *N. commune* ในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 0.5%-0.2% มีค่าเท่ากับ 1.77 mg/l ปริมาณคลอโรฟิลล์ของสาหร่าย *N. commune* ในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 0.5%-0.3% มีค่าเท่ากับ 2.18 mg/l



ภาพที่ 5 ปริมาณน้ำหนักแห้งของ *N. commune* ที่เลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 0.5%-0.1%, 0.5%-0.2% และ 0.5%-0.3%

น้ำหนักแห้งของสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในความเข้มข้น 0.5%-0.1% มีค่าเท่ากับ 0.43 g/l แห้งของสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในความเข้มข้น 0.5%-0.2% มีค่าเท่ากับ 0.42 g/l แห้งของสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในความเข้มข้น 0.5%-0.3% มีค่าเท่ากับ 0.51 g/l

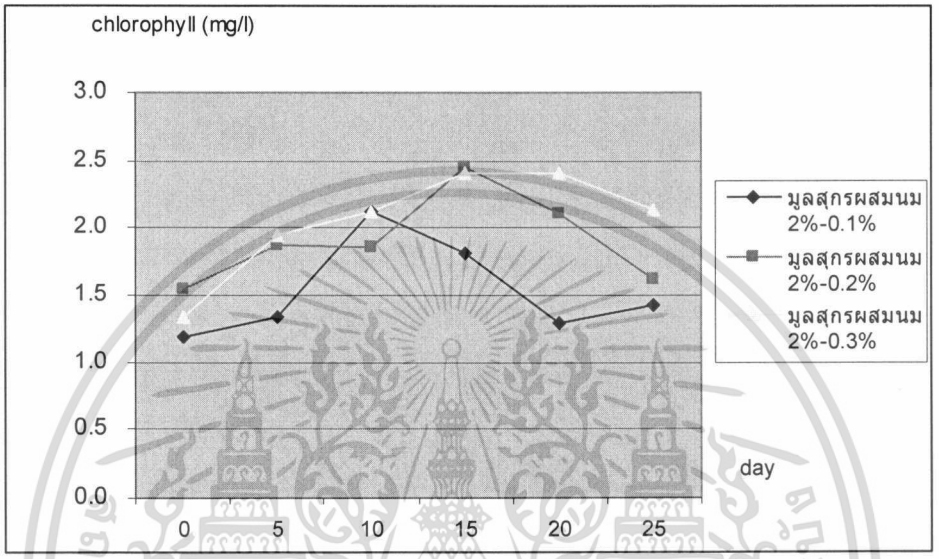
ตารางที่ 8 ผลผลิตที่สิ้นสุดการทดลอง (25 วัน) ของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงใน มูลสุกรผสมนม

ความเข้มข้นมูลสุกรผสมนม	ปริมาณคลอโรฟิลล์ (mg/l)	ปริมาณน้ำหนักแห้ง (g/l)
0.5%-0.1%	1.61 ± 0.10^{b}	0.43 ± 0.05^{a}
0.5%-0.2%	1.7 ± 0.17^{ab}	0.42 ± 0.03^{a}
0.5%-0.3%	2.18 ± 0.05^{a}	0.51 ± 0.06^{a}

ตัวอักษร (a,b) ในแถวแนวตั้งเดียวกันคือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

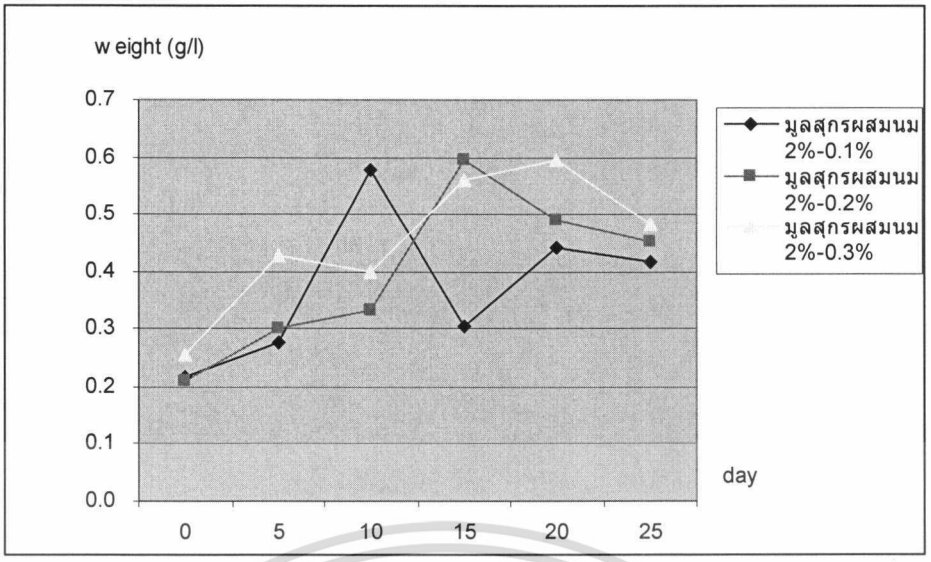
จากตารางที่ 8 ปริมาณคลอโรฟิลล์ของสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 0.5%-0.3% และความเข้มข้น 0.5%-0.2% พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และปริมาณคลอโรฟิลล์ของสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 0.5%-0.2% และ 0.5%-0.1% พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนปริมาณน้ำหนักแห้งพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทั้งสามความเข้มข้น



ภาพที่ 6 ปริมาณคลอโรฟิลล์ของ *N. commune* ที่เลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 2%-0.1%, 2%-0.2% และ 2%-0.3%

ปริมาณคลอโรฟิลล์ของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 2%-0.1% มีค่าเท่ากับ 1.41mg/l ปริมาณคลอโรฟิลล์ของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 2%-0.2% มีค่าเท่ากับ 1.62 mg/l ปริมาณคลอโรฟิลล์ของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 2%-0.3 % มีค่าเท่ากับ 2.14 mg/l

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 7 ปริมาณน้ำหนักแห้งของ *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 2%- 0.1%, 2%-0.2% และ 2%-0.3%

ปริมาณน้ำหนักแห้งของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 0.2%-0.1% มีค่าเท่ากับ 0.41 g/l ปริมาณน้ำหนักแห้งของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 0.2%-0.2% มีค่าเท่ากับ 0.45 g/l ปริมาณน้ำหนักแห้งของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 0.2%-0.3% มีค่าเท่ากับ 0.48 g/l

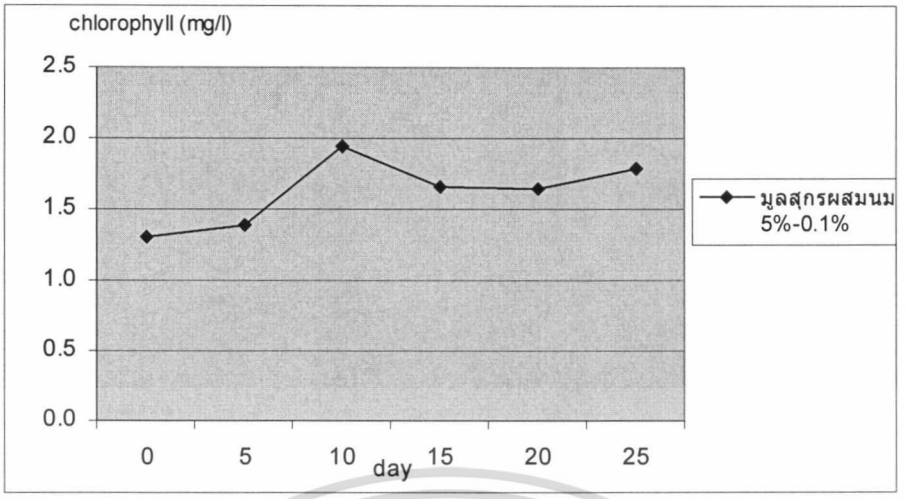
ตารางที่ 9 ผลผลิตที่สิ้นสุดการทดลอง (25 วัน) ของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงใน มูลสุกรผสมนม

ความเข้มข้นมูลสุกรผสมนม	ปริมาณคลอโรฟิลล์ (mg/l)	ปริมาณน้ำหนักแห้ง (g/l)
2%-0.1%	1.41±0.20[b]	0.41±0.02[a]
2%-0.2%	1.62±0.11[b]	0.45±0.01[a]
2%-0.3%	2.13±0.07[a]	0.48±0.04[a]

ตัวอักษร (a,b) ในแถวแนวตั้งเดียวกันคือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

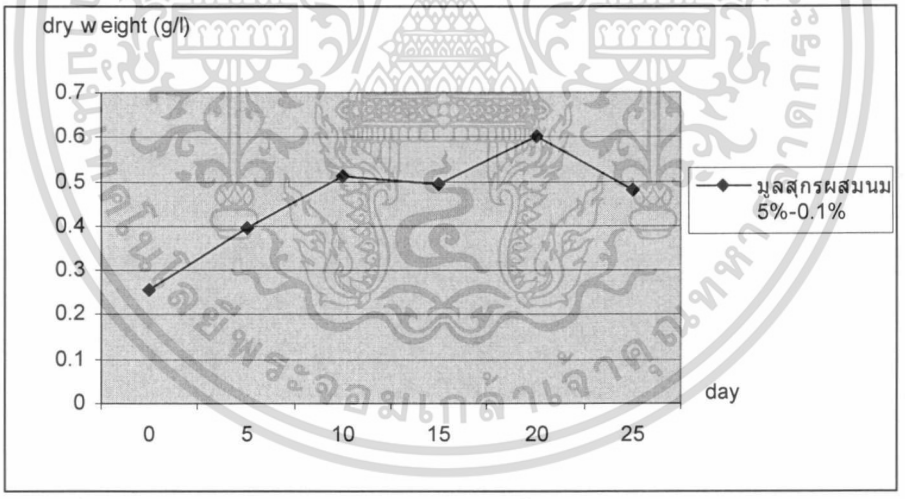
จากตารางที่ 9 ปริมาณคลอโรฟิลล์ของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้ม 2%-0.3% มีค่ามากที่สุด คือ 2.14% และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 2%-0.2% และ 2%-0.1% ส่วนปริมาณน้ำหนักแห้งพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 8 ปริมาณคลอโรฟิลล์ของ *N. commune* ที่เลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 5%-0.1%

จากภาพที่ 8 พบว่าสาหร่าย *N. commune* ที่เลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 5%-0.1% ให้ปริมาณน้ำหนักแห้งในวันสุดท้ายเท่ากับ 1.79 mg/l



ภาพที่ 9 ปริมาณน้ำหนักแห้งของ *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 5%-0.1%

จากภาพที่ 9 สาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 5%-0.1% ให้ปริมาณน้ำหนักแห้งในวันสุดท้ายเท่ากับ 0.48 g/l ส่วนในการเลี้ยงมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 5%-0.2% และ 5%-0.3% พบว่าสาหร่ายไม่เจริญเติบโต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย

2.1 สาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกรที่ความเข้มข้น 0.5 % , 2 % และ 5 %

เมื่อเก็บเกี่ยวสาหร่ายในรูปสาหร่ายแห้งแล้วนำมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ผลการวิเคราะห์พบว่า *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกรความเข้มข้น 0.5 % มีปริมาณเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักแห้งคือ โปรตีน (crude protein) 41.15±0.35 ไขมัน (crude fat) 0.98±0.14 คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) 28.89±1.21 เถ้า (ash) 7.16±0.07 มีปริมาณแร่ธาตุโดยเฉลี่ยคือ ฟอสฟอรัส 0.92±0.01 แคลเซียม 0.52±0.01

สาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกรความเข้มข้น 2 % มีปริมาณเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักแห้งคือ โปรตีน 43.89±0.57 ไขมัน 0.99±0.02 คาร์โบไฮเดรต 27.78±2.10 เถ้า 8.43±0.042 มีปริมาณแร่ธาตุโดยเฉลี่ยคือ ฟอสฟอรัส 1.17±0.03 แคลเซียม 0.58±0.03

สาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกรความเข้มข้น 5 % มีปริมาณเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักแห้งคือ โปรตีน 44.00±0.67 ไขมัน 0.96±0.14 คาร์โบไฮเดรต 26.82±2.21 เถ้า 10.36±0.07 มีปริมาณแร่ธาตุโดยเฉลี่ยคือ ฟอสฟอรัส 1.49±0.06 แคลเซียม 0.58±0.01

ตารางที่ 10 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกร

คุณค่าทางโภชนาการ (ร้อยละ)	มูลสุกร 0.5 %	มูลสุกร 2 %	มูลสุกร 5 %
Protein	41.15±0.35[a]	43.89±0.57[a]	44.00±0.67[a]
Carbohydrate	28.89±1.21[a]	27.78±2.10[a]	26.82±2.21[a]
Lipid	0.98±0.14[a]	0.99±0.02[a]	0.96±0.14[a]
Calcium	0.52±0.01[a]	0.58±0.03[a]	0.58±0.01[a]
Phosphorus	0.92±0.01[a]	1.17±0.03[b]	1.49±0.06[c]
Ash	7.16±0.07[a]	8.43±0.04[a]	10.36±0.07[a]
Fiber	21.78±0.93[ab]	18.88±2.68[b]	17.82±2.92[b]

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเก็บเกี่ยวสาหร่าย *N. commune* ในรูปสาหร่ายแห้ง แล้วนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายพบว่า ปริมาณโปรตีนในสาหร่ายที่ทำการเพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกรทั้งสามความเข้มข้นพบในปริมาณใกล้เคียงกัน ไม่พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณไขมันในสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกรทั้งสามความเข้มข้นพบในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ไม่พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในสาหร่ายที่ทำการเพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกรทั้งสามความเข้มข้นพบในปริมาณใกล้เคียงกัน ไม่พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งปริมาณแร่ธาตุแคลเซียม ในสาหร่ายที่ทำการเพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกรทั้งสามความเข้มข้นพบในปริมาณใกล้เคียงกัน ไม่พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณแร่ธาตุฟอสฟอรัส พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบมากที่สุดในสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรความเข้มข้น 0.5% และพบต่ำสุดในความเข้มข้น 5% (1.49%)

2.2 สาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรผสมนม (0.5%-0.1%,0.5%-0.2%,0.5%-0.3%)

เมื่อเก็บเกี่ยวสาหร่ายในรูปสาหร่ายแห้งแล้วนำมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ผลการวิเคราะห์พบว่า *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรความเข้มข้น 0.5%-0.1% มีปริมาณเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักแห้งคือ โปรตีน 36.41±0.30 ไขมัน 0.80±0.12 คาร์โบไฮเดรต 28.47±2.56 เถ้า 16.95±0.05 มีปริมาณแร่ธาตุโดยเฉลี่ยคือ ฟอสฟอรัส 2.49±0.04 แคลเซียม 0.96±0.02

N. commune ที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรความเข้มข้น 0.5%-0.2% มีปริมาณเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักแห้งคือ โปรตีน 39.05±0.42 ไขมัน 0.50±0.08 คาร์โบไฮเดรต 31.83±1.79 เถ้า 11.85±0.02 มีปริมาณแร่ธาตุโดยเฉลี่ยคือ ฟอสฟอรัส 1.75±0.01 แคลเซียม 0.80±0.0192

N. commune ที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 0.5%-0.3% มีปริมาณเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักแห้งคือ โปรตีน 42.65±0.41 ไขมัน 1.73±0.11 คาร์โบไฮเดรต 31.61±4.25 เถ้า 11.20±0.03 มีปริมาณแร่ธาตุโดยเฉลี่ยคือ ฟอสฟอรัส 1.71±0.02 แคลเซียม 0.71±0.0384

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกรผสมนม (0.5%-0.1%,0.5%-0.2%,0.5%-0.3%)

คุณค่าทางโภชนาการ(ร้อยละ)	มูลสุกร-นม 0.5%-0.1%	มูลสุกร-นม 0.5%-0.2%	มูลสุกร-นม 0.5%-0.3%
Protein	36.41±0.30 [c]	39.05±0.42 [b]	42.65±0.41 [a]
Lipid	0.80±0.12 [b]	0.50±0.08 [b]	1.73±0.11 [a]
Carbohydrate	28.47±2.56 [a]	31.83±1.79 [a]	31.61±4.25 [a]
Calcium	0.96±0.02 [a]	0.80±0.01 [b]	0.71±0.03 [c]
Phosphorus	2.49±0.04 [a]	1.75±0.01 [b]	1.71±0.02 [b]
Ash	16.95±0.05 [a]	11.85±0.02 [b]	11.20±0.03 [b]
Fiber	17.34±2.45 [a]	16.74±1.43 [a]	12.79±4.55 [a]

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

เมื่อเก็บเกี่ยวสาหร่าย *N. commune* ในรูปสาหร่ายแห้ง แล้วนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายพบว่า ปริมาณโปรตีนที่ได้จากการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบปริมาณที่สุดในสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในนมผสมมูลสุกรความเข้มข้น 0.5%-0.3% โดยพบในปริมาณ 42.65% และพบในปริมาณต่ำสุดในสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 0.5%-0.1% (36.41%) ปริมาณไขมัน พบมากสุดในความเข้มข้น 0.5%-0.3% และแตกต่างจากความเข้มข้นอื่น ๆ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ในสาหร่ายทั้งสามความเข้มข้นพบในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ไม่พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณแร่ธาตุแคลเซียมที่ได้จากการทดลอง พบว่าสาหร่ายในความเข้มข้น 0.5%-0.1% พบปริมาณมากสุด (0.96%) และแตกต่างจากความเข้มข้นอื่น ๆ ปริมาณแร่ธาตุฟอสฟอรัส พบมากที่สุดในสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ย (4.16%)

2.3 สาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรผสมนม (2 %-0.1%,2%-0.2%,2%-0.3%)

เมื่อเก็บเกี่ยวสาหร่ายในรูปสาหร่ายแห้งแล้วนำมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ผลการวิเคราะห์พบว่า *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 2%-0.1% มีปริมาณเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักแห้งคือ โปรตีน 36.86±1.30 ไขมัน 1.28±0.12 คาร์โบไฮเดรต 29.22±3.11 เถ้า 14.93±0.10 มีปริมาณแร่ธาตุโดยเฉลี่ยคือ ฟอสฟอรัส 2.45±0.01 แคลเซียม 0.89±0.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N. commune ที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 2%-0.2% มีปริมาณเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักแห้งคือ โปรตีน 38.38±0.63 ไขมัน 0.69±0.06 คาร์โบไฮเดรต 26.31±1.24 เถ้า 12.09±0.05 มีปริมาณแร่ธาตุโดยเฉลี่ยคือ ฟอสฟอรัส 1.99±0.05 แคลเซียม 0.80±0.01

N. commune ที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 2%-0.3% มีปริมาณเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักแห้งคือ โปรตีน 41.10±1.19 ไขมัน 1.13±0.02 คาร์โบไฮเดรต 32.47±1.34 เถ้า 13.47±0.08 มีปริมาณแร่ธาตุโดยเฉลี่ยคือ ฟอสฟอรัส 2.20±0.00 แคลเซียม 0.80±0.01

ตารางที่ 12 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกรผสมนม (2%-0.1%,2%-0.2%,2%-0.3%)

คุณค่าทางโภชนาการ(ร้อยละ)	มูลสุกร-นม 2%-0.1%	มูลสุกร-นม 2%-0.2%	มูลสุกร-นม 2%-0.3%
Protein	36.86±1.30^{b}	38.38±0.63^{ab}	41.10±1.19^{a}
Lipid	1.28±0.12^{a}	0.69±0.06^{b}	1.13±0.02^{a}
Carbohydrate	29.22±3.11^{a}	26.31±1.24^{a}	32.47±1.34^{a}
Calcium	0.89±0.03^{a}	0.80±0.01^{a}	0.87±0.09^{a}
Phosphorus	2.45±0.01^{a}	1.99±0.05^{b}	2.20±0.00^{c}
Ash	14.93±0.10^{a}	12.09±0.05^{a}	13.47±0.08^{a}
Fiber	17.69±4.35^{bc}	22.50±1.58^{ab}	11.79±0.24^{c}

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

เมื่อเก็บเกี่ยวสาหร่าย *N. commune* ในรูปสาหร่ายแห้ง แล้วนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายพบว่า ปริมาณโปรตีนในความเข้มข้น 2%-0.3% และ 2%-0.2% ไม่แตกต่างกันทางสถิติและปริมาณโปรตีนในความเข้มข้น 2%-0.1% และ 2%-0.2%ก็ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณไขมันพบมากในความเข้มข้น 2%-0.1% และ 2%-0.3% คือ 1.28% และ 1.13 % ตามลำดับ และแตกต่างจากความเข้มข้น 2%-0.2% (0.69%) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งสามความเข้มข้นพบในปริมาณที่ใกล้เคียง ไม่พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณแร่ธาตุแคลเซียมก็เช่นเดียวกัน มีปริมาณใกล้เคียงกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณแร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธาตุฟอสฟอรัสที่ได้จากการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบมากที่สุดในความเข้มข้น 2%-0.1% คือ 17.69%

ตารางที่ 13 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกรผสมนม (5%-0.1%)

คุณค่าทางโภชนาการ (ร้อยละ)	มูลสุกร-นม 5%-0.1%
Protein	34.99 ±0.35
Carbohydrate	26.02 ±0.32
Lipid	0.22 ±0.05
Calcium	0.88 ±0.03
Phosphorus	2.24 ±0.02
Ash	15.27 ± 0.10
Fiber	23.48 ± 0.52

จากตารางที่ 13 พบว่า ปริมาณโปรตีนของสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 5%-0.1% มีค่าเท่ากับ 34.99% ไขมัน 0.22% คาร์โบไฮเดรต 26.02% แคลเซียม 0.88% ฟอสฟอรัส 2.24% เถ้า 15.27%

เมื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารกับสาหร่ายชนิดอื่น สมปอง (2509) อ้างถึง Hasni และคณะ (1986) จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายสีเขียว *Caulerpa taxifolia* และสาหร่ายสีแดง *Hypnea musciformis* พบว่า ประกอบด้วยโปรตีน 5.8% และ 12.5% , คาร์โบไฮเดรต 65.8% และ 25.0% , เถ้า 14.8% และ 35.5%, ไขมัน 0% และ 3.7% ตามลำดับ จากการทดลองครั้งนี้พบปริมาณโปรตีนสูงสุด คือ 44.00% จากการเพาะเลี้ยงด้วยมูลสุกรความเข้มข้น 5 % และจากการศึกษาของวิชชุพร (2523) ได้วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายเส้นด้าย พบว่า มีโปรตีน 10.4%,ไขมัน 3.6% เป็นต้น นิสราภรณ์ (2544) ได้ทำการศึกษาคุณค่าทางอาหารของสาหร่ายพวงองุ่น *Caulerpa lentillifera* ภายใต้สภาวะถังเลี้ยงกลางแจ้ง (outdoor tank) โดยเลี้ยงสาหร่ายในน้ำทะเลธรรมชาติเพียงอย่างเดียว และเลี้ยงโดยใช้น้ำทะเลธรรมชาติผสมกับน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลา พบว่า องค์ประกอบภายในเซลล์ส่วนใหญ่ มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 54.0-79.49% (น้ำหนักแห้ง) ปริมาณโปรตีนมีค่าเฉลี่ยอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่าง 0.51-1.73% (น้ำหนักแห้ง) ปริมาณไขมันมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.12-1.59% (น้ำหนักแห้ง) ปริมาณเส้นใยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.50-10.92% (น้ำหนักแห้ง) ปริมาณเถ้า มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.61-37.54% (น้ำหนักแห้ง) และฟอสฟอรัสเป็นแร่ธาตุที่พบปริมาณน้อยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.045-0.142% (น้ำหนักแห้ง)

ถึงแม้ว่าจากการทดลองพบว่า *N. commune* มีปริมาณโปรตีนมากสุดคือ 44.00% แต่เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณโปรตีนกับ *Spirulina spp.* พบว่า *Spirulina spp.* มีปริมาณโปรตีนมากกว่า สุมาลี (2535) รายงานว่าสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina sp.*) มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยโปรตีนสูงถึง 50-70% ของน้ำหนักแห้ง

ยงยุทธ (2541) และคณะ กล่าวว่าหากมีระดับของไนโตรเจนสูงหรือมีอยู่อย่างเหลือเฟือ การผลิตโปรตีนและสารประกอบที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบก็จะเป็นไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งจากการทดลองในครั้งนี้เป็นไปตามที่กล่าวไว้ สุมาลี (2535) กล่าวว่า เซลล์ที่เจริญอยู่ในอาหารที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสมากกว่า จะมีการดูดซึมหรือใช้ฟอสฟอรัสมากกว่าเซลล์ที่เจริญอยู่ในอาหารที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสน้อยกว่า (Rice,1953) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Gerloff และ Skoog (1954) ที่พบว่าการมีฟอสฟอรัสมากขึ้นในอาหาร ทำให้องค์ประกอบฟอสฟอรัสภายในเซลล์สาหร่ายมีปริมาณมากขึ้น ซึ่งจากการทดลองเลี้ยงในสาหร่ายในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น0.5%-0.1%,0.5%-0.2%,0.5%-0.3%,2%-0.1%,2%-0.2% และ 2%-0.3% แล้ววิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส พบว่าไม่เป็นไปตามที่กล่าวไว้ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่ามีกากตะกอนของแข็งจากมูลสุกรปนอยู่ทำให้การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสผิดพลาดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *N. commune* ในปุ๋ยผสมมูลสุกรความเข้มข้นต่าง ๆ จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย พบปริมาณโปรตีนมากที่สุดใน สาหร่ายที่เพาะเลี้ยงด้วยปุ๋ยผสมมูลสุกรความเข้มข้น 5 % มีปริมาณเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักแห้ง คือ 44.00±0.674 รองลงมาคือ สาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกรความเข้มข้น 2 % (43.89±0.57) และ 0.5 % (41.15±0.35) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตพบมากที่สุดในสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกรความเข้มข้น 0.5 % โดยพบปริมาณ 28.89±1.21 รองลงมาคือความเข้มข้น 2% (27.78±2.10) และ 5% (26.82±2.21) ส่วนปริมาณไขมันพบมากที่สุดในในสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกรความเข้มข้น 2 กรัม/ลิตร คือ 0.99±0.02

การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *N. commune* ในมูลสุกรผสมนม จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย พบปริมาณโปรตีนมากที่สุดใน สาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 0.5-0.3% คือ 42.65±0.41 รองลงมาคือความเข้มข้น 0.5-0.2% (39.05±0.42) และ 0.5-0.1% (36.41±0.30) ตามลำดับ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตพบมากสุดในความเข้มข้นสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 0.5%-0.2% คือ 31.83±1.79 และพบต่ำสุดในความเข้มข้น 28.47±2.56 ปริมาณไขมันพบมากที่สุดในความเข้มข้น 1.73±0.11 รองลงมาคือความเข้มข้น 0.5-0.1% (1.28±0.12) และ 0.5%-0.2% (0.50±0.08)

การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *N. commune* ในมูลสุกรผสมนม จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย พบปริมาณโปรตีนมากที่สุดใน สาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรผมนมความเข้มข้น 2%-0.3% คือ 41.10±1.19 รองลงมาคือความเข้มข้น 2%-0.2% (38.38±0.63) และ 2%-0.1% (36.86%) ตามลำดับ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตพบมากสุดในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 2%-0.3% (32.47±1.34) รองลงมาคือความเข้มข้น 2%-0.1% (29.22±3.11) และ 2%-0.2% (26.31±1.24) ปริมาณไขมัน พบมากสุดในมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 2%-0.1% คือ 1.28±0.12 รองลงมาคือความเข้มข้น 2%-0.3% (1.13±0.02) และ 2%-0.2% (0.69±0.06)

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายในมูลสุกรผสมนม ความเข้มข้น 5%-0.1% พบปริมาณโปรตีน 34.99% ไขมัน 0.22% คาร์โบไฮเดรต 26.02% แคลเซียม 0.88% ฟอสฟอรัส 2.24% เถ้า 15.27%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

เบญจวรรณ ชีวปรีชา. 2543. การศึกษาสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและสาหร่ายสีเขียวในป่าดิบแล้งสถานีวิจัยสัตว์ป่าเขานางรำเขตรักษาพันธ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 10 น.

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

นารินทร์ จันทร์สว่าง. 2547. การศึกษาองค์ประกอบของน้ำตาลในพอลิแซ็กคาร์ไรด์ที่ผลิตโดย" สาหร่ายเห็ดลาบ"(*Nostoc commune*,Cyanophyta). บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 1-18 น.

นิสราภรณ์ ภักดีพันธ์. 2544 : การเจริญเติบโตและคุณค่าทางอาหารของสาหร่ายพวงองุ่น, *Caulerpa lentillifera* J. Agardh . ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา. 110 น.

รวีวรรณ์ โสธะโร. 2531. คุณค่าทางอาหารและอิทธิพลการให้สีของสาหร่ายเส้นด้าย *(Najas Graminea* DELILE) และแกลบกุ้งในอาหารไก่กระทงและไก่ไข่. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์). 28 น.

ยงยุทธ โอสถสภา ศุภามาศ พานิชศักดิ์พัฒนา อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชัยสิทธิ์ทองจู. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. คณะเกษตร. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 280-281 น.

สุมาลี ดุลยอนุกิจ. 2535. ผลของระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในสูตรอาหาร Zarrouk ต่อการเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina sp.*). ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 1-34 น.

สุชาติ อิงธรรมจิตร์. 2529. สาหร่ายเกลียวทอง (สไปรูลินา). วารสารการประมง 39(6): 615-622. **อ้างโดย** สุมาลี ดุลยอนุกิจ. 2535. ผลของระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในสูตรอาหาร Zarrouk ต่อการเลลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina sp.*). ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 1 น.

สมบัติ สิริพันธ์วราภรณ์. 2528. การทดลองเลี้ยงสไปรูไลน่า (Spirulina) โดยใช้ธาตุอาหารจำเป็น (trace element) จากนาเกลือ. ปัญหาพิเศษ. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 1 น.

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2540. คู่มือการเลี้ยงแพลงก์ตอน. คณะประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 117 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Allen, M.M. and Smith, A.J. 1969. Nitrogen cholorosis in blue-green algae. Arch. Microbiolo. 69(114): 45-48. **อ้างโดย** นารินทร์ จันทร์สว่าง. 2547. การศึกษาองค์ประกอบของน้ำตาลในพอลิแซ็กคาร์ไรด์ที่ผลิตโดย"สาหร่ายเห็ดลาบ" (*Nostoc commune*, Cyanophyta). บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 1-18 น.

Batterton,J.C.J. and van Baalen, C. 1971. Growth responses of blue-green algae to sodium chloride concentration. Arch. Microbiol. 76: 151-165. **อ้างโดย** นารินทร์ จันทร์สว่าง. 2547. การศึกษาองค์ประกอบของน้ำตาลในพอลิแซ็กคาร์ไรด์ที่ผลิตโดย" สาหร่ายเห็ดลาบ" (*Nostoc commune*, Cyanophyta). บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 1-18 น.

Becker, E.W. 1994. Microalgae: Biotechnology and Microbiology. 1 ed. Great Britain: Cambridge University Press. **อ้างโดย** นารินทร์ จันทร์สว่าง. 2547. การศึกษาองค์ประกอบของน้ำตาลในพอลิแซ็กคาร์ไรด์ที่ผลิตโดย"สาหร่ายเห็ดลาบ" (*Nostoc commune*, Cyanophyta). บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 1-18 น.

Bold, H.C. and Michael. J.W. 1987. Introduction to Algae. New Jersy : Prentice-Hall Inc. **อ้างโดย** นารินทร์ จันทร์สว่าง. 2547. การศึกษาองค์ประกอบของน้ำตาลในพอลิแซ็กคาร์ไรด์ที่ผลิตโดย"สาหร่ายเห็ดลาบ" (*Nostoc commune*, Cyanophyta). บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 1-18 น.

Borowitzka, M.A. and L.J. Borowitzka. 1989. Micro-Algae Biotechnology. Cambridge University Press, Melbourne. 477 p. **อ้างโดย** เบญจวรรณ ชีวปรีชา. 2543. การศึกษาสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและสาหร่ายสีเขียวในป่าดิบแล้ง สถานีวิจัยสัตว์ป่าเขานางรำเขตรักษาพันธ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 10 น.

Canto de Loura, I., Dubaco, J.P. and Thomas, K.C. 1987. the effect of nitrogen deficiency on pigments and lipids of Cyanobacteria. Plant Physiol. 83:838-843. **อ้างโดย** นารินทร์ จันทร์สว่าง. 2547. การศึกษาองค์ประกอบของน้ำตาลในพอลิแซ็กคาร์ไรด์ที่ผลิตโดย"สาหร่ายเห็ดลาบ" (*Nostoc commune*, Cyanophyta). บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 1-18 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ciferri, O. 1983. Spirulina , the edible microorganism. Microbiol. Rev. 47(4): 551-578. **อ้างโดย** สุมาลี ดุลยอนุกิจ. 2535. ผลของระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในสูตรอาหาร Zarrouk ต่อการเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina sp.*). ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 1-34 น.

Coleman, J.R. and Colman, B. 1981. The Effect of pH on photosynthesis and inorganic carbon accumulation in blue-green alga in photosynthesis IV. In Akoyunoglou, **อ้างโดย** นารินทร์ จันทร์สว่าง. 2547. การศึกษาองค์ประกอบของน้ำตาลในพอลิแซ็กคาร์ไรด์ที่ผลิตโดย"สาหร่ายเห็ดลาบ" (*Nostoc commune*, Cyanophyta). บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 1-18 น.

Cook, J,R. 1965. Influence of light on acetate utilization in green Euglena. Plant Cell Physiolo. 71 : 177-184. **อ้างโดย** นารินทร์ จันทร์สว่าง. 2547. การศึกษาองค์ประกอบของน้ำตาลในพอลิแซ็กคาร์ไรด์ที่ผลิตโดย"สาหร่ายเห็ดลาบ" (*Nostoc commune*, Cyanophyta). บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 1-18 น.

Fay, P. 1973. The Heterocyst. 238-259. *in* Carr, N.G. and Whitton, B.A. The Biology of Blue-Green Algae. Berkeley : University California Press.

_____1992. Oxygen relations of nitrogen fixation in cyanobacteria. Microbiol. Rev. 50(2): 340-373. **อ้างโดย** นารินทร์ จันทร์สว่าง. 2547. การศึกษาองค์ประกอบของน้ำตาลในพอลิแซ็กคาร์ไรด์ที่ผลิตโดย"สาหร่ายเห็ดลาบ" (*Nostoc commune*, Cyanophyta). บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 1-18 น.

Garcia-Pachel, F. and Castenholz, R.W. 1991. Charaterization and biologicial implication of scytonemin, a cyanobacterial sheath pigment. J. Phycol. 27 : 395-409. **อ้างโดย** นารินทร์ จันทร์สว่าง. 2547. การศึกษาองค์ประกอบของน้ำตาลในพอลิแซ็กคาร์ไรด์ที่ผลิตโดย"สาหร่ายเห็ดลาบ" (*Nostoc commune*, Cyanophyta). บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 1-18 น.

Gerloff, G.C. and F. Skoog. 1954. Cell Concent of \nitrogen and Phosphorus as a measure of their Availability for Growth of *Microcystis aeruginosa*, pp. 30-31.In K.M. Mackenthun. Nitrogen and Phosphorus in Water . U.S. Department of

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Health, Education and Welfare. **อ้างโดย** สุมาลี ดุลยอนุกิจ. 2535. ผลของระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในสูตรอาหาร Zarrouk ต่อการเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina sp.*). ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 1-34 น.

Kaplan, D., Richmind, A.E., Dubinsky, Z. and Aaronson, S. 1986. Algal \nutrition. 147-198. In Richmond, A. CRC handbook of \microalgal \mass Culture. CRC press. Florida. **อ้างโดย** นารินทร์ จันทร์สว่าง. 2547. การศึกษาองค์ประกอบของน้ำตาลในพอลิแซ็กคาร์ไรด์ที่ผลิตโดย"สาหร่ายเห็ดลาบ" (*Nostoc commune*, Cyanophyta). บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 1-18 น.

Kumar, K.D. 1990. Introductory Phycology. New Delhi : Affiliated East-West Press Private Limited. **อ้างโดย** นารินทร์ จันทร์สว่าง. 2547. การศึกษาองค์ประกอบของน้ำตาลในพอลิแซ็กคาร์ไรด์ที่ผลิตโดย"สาหร่ายเห็ดลาบ" (*Nostoc commune*, Cyanophyta). บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 1-18 น.

Li, D.M. and Y.Z. Qi. 1997. Spirulina industry in China : Present status and future prospects. J. Appli. Phycol. 9 : 25-28. **อ้างโดย** เบญจวรรณ ชีวปรีชา. 2543. การศึกษาสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและสาหร่ายสีเขียวในป่าดิบแล้ง สถานีวิจัยสัตว์ป่าเขานางรำเขตรักษาพันธ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 10 น.

Morris, I. 1968. An Introduction to the Algae. London : Hutchison & Co (Publisher) LTD.

_____1978. Nitrogen assimilation and protein synthesis. In Stewart, W.D.P. Algal Physiology and Biochemistry. Oxford : Blackwell Scientific. **อ้างโดย** นารินทร์ จันทร์สว่าง. 2547. การศึกษาองค์ประกอบของน้ำตาลในพอลิแซ็กคาร์ไรด์ที่ผลิตโดย"สาหร่ายเห็ดลาบ" (*Nostoc commune*, Cyanophyta). บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 1-18 น.

Oquist, G. 1971. Changes in pigment composition and photosynthesis induce by iron-deficiency in the blue-green alga *Anacystic nidulans*. Phycol. Plant. 25: 188. **อ้างโดย** นารินทร์ จันทร์สว่าง. 2547. การศึกษาองค์ประกอบของน้ำตาลในพอลิแซ็กคาร์ไรด์ที่ผลิตโดย"สาหร่ายเห็ดลาบ" (*Nostoc commune*, Cyanophyta). บัณฑิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 1-18 น.

Prieto, B., Pardo, M.A., Garbisu, C., Llama, M.J. and Serra, J.L. 1997. Phosphate uptake by phosphorus-starved cells of the cyanobacterium *Phormidium larminosum*. World J. Microbiol. Biotechnol. 13: 699-705. **อ้างโดย** นารินทร์ จันทร์สว่าง. 2547. การศึกษาองค์ประกอบของน้ำตาลในพอลิแซ็กคาร์ไรด์ที่ผลิตโดย" สาหร่ายเห็ดลาบ" (*Nostoc commune*, Cyanophyta). บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 1-18 น.

Rice, T.R. 1953. Phosphorus Exchange in Marine Phytoplankton, pp. 87-88. In . Mackenthun. Nitrogen and Phosphorus in Water . U.S. Department of Health, Education and Welfare. **อ้างโดย** สุมาลี ดุลยอนุกิจ. 2535. ผลของระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในสูตรอาหาร Zarrouk ต่อการเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina sp.*). ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 1 -34 น.

Richmond, A. 1986. Cell response to environmental factors. 69-155. In Richmond, A. CRC handbook of Microalgal Mass Culture. CRC Press : Florida. **อ้างโดย** นารินทร์ จันทร์สว่าง. 2547. การศึกษาองค์ประกอบของน้ำตาลในพอลิแซ็กคาร์ไรด์ที่ผลิตโดย"สาหร่ายเห็ดลาบ"(*Nostoc commune*,Cyanophyta). บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 1-18 น.

Santillan, C. 1982. Mass production of Spirulina. Experientia 38: 40-43. **อ้างโดย** สุมาลี ดุลยอนุกิจ. 2535. ผลของระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในสูตรอาหาร Zarrouk ต่อการเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina sp.*). ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 1-34 น.

Sato, N. and Murata, N. 1980. Temperature shift-induce response in lipids on the blue-green alga, *Anabaena variabilis*. Biochem Biophy. Acta. 619 : 353. **อ้างโดย** นารินทร์ จันทร์สว่าง. 2547. การศึกษาองค์ประกอบของน้ำตาลในพอลิแซ็กคาร์ไรด์ที่ผลิตโดย"สาหร่ายเห็ดลาบ" (*Nostoc commune*, Cyanophyta). บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 1-18 น.

Smith, G.M. 1951. Manual of Phycology (An introduction to the Algae and their Biology). The Ronald Press Company : New York. **อ้างโดย นารินทร์ จันทร์สว่าง.** 2547. การศึกษาองค์ประกอบของน้ำตาลในพอลิแซ็กคาร์ไรด์ที่ผลิตโดย"สาหร่ายเห็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลาบ" (*Nostoc commune* ,Cyanophyta). บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 1-18 น.

Sokawa, Y. and Hase, E. 1968. Supressive effect of light on the formation of DNA and on the increase of deoxythymidine monophosphate kinase in chlorella protothecoides. J. Plant Cell Physiol. 9 : 461. **อ้างโดย** นารินทร์ จันทร์สว่าง. 2547. การศึกษาองค์ประกอบของน้ำตาลในพอลิแซ็กคาร์ไรด์ที่ผลิตโดย"สาหร่ายเห็ดลาบ" (*Nostoc commune* ,Cyanophyta). บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 1-18 น.

Talling, J.F. 1962. Freshwater Algae. In Lewin, A. Physiology and Biochemistry of Algae: Academic Press: New York. **อ้างโดย** นารินทร์ จันทร์สว่าง. 2547. การศึกษาองค์ประกอบของน้ำตาลในพอลิแซ็กคาร์ไรด์ที่ผลิตโดย"สาหร่ายเห็ดลาบ" (*Nostoc commune*, Cyanophyta). บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 1-18 น.

Van Baalen, C. and O Donnell, R. 1978. Isolation of a nickel-dependent blue-green alga. J. Gen. Microbiol. 105: 351. **อ้างโดย** นารินทร์ จันทร์สว่าง. 2547. การศึกษาองค์ประกอบของน้ำตาลในพอลิแซ็กคาร์ไรด์ที่ผลิตโดย"สาหร่ายเห็ดลาบ" (*Nostoc commune*, Cyanophyta). บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 1-18 น.

Vonshak, A. 1986. Laboratory techniques for the cultivation of microalgae, 117-145. in Richmond, A. CRC Handbook of Microalgal Mass culture. Florida : CRC Press. **อ้างโดย** นารินทร์ จันทร์สว่าง. 2547. การศึกษาองค์ประกอบของน้ำตาลในพอลิแซ็กคาร์ไรด์ที่ผลิตโดย"สาหร่ายเห็ดลาบ" (*Nostoc commune*, Cyanophyta). บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 1-18 น.

Watt, W.D. 1969. Extracellular release of organic matter from two fres water diatoms. Ann. Botani. 33 : 427-437. **อ้างโดย** นารินทร์ จันทร์สว่าง. 2547. การศึกษาองค์ประกอบของน้ำตาลในพอลิแซ็กคาร์ไรด์ที่ผลิตโดย "สาหร่ายเห็ดลาบ" (*Nostoc commune*, Cyanophyta). บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 1-18 น.

http://www2.doae.go.th/www/work/web/kannika/page1.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 สูตรอาหารเลี้ยงแพลงก์ตอน BBM

Ingredient	Concentration
โซเดียมไนเตรต ($NaNO_3$)	0.25 g/l
แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4.7H_20$)	0.075 g/l
โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)	0.025 g/l
ไดโพแทสเซียมไฮโดรเจนออร์โธฟอสเฟต (K_2HPO_4)	0.075 g/l
โพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)	0.175 g/l
แคลเซียมคลอไรด์2-ไฮเดรต ($CaCl_2$)	0.025 g/l
บอริก (H_3BO_3)	0.0114 g/l
อีดีทีเอ (EDTA)	0.05 g/l
โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH)	0.031 g/l
เฟอรัสซัลเฟต7-ไฮเดรต ($FeSO_4.7H_2O$)	0.0049 g/l
ซัลฟูริค (H_2SO_4)	0.001 ml/l
Trace elements	
$ZnSO_4.7H_2O$	8.82 mg/l
$MnCl_24H_2O$	1.44 mg/l
MoO_3	0.71 mg/l
$CuSO_45H_2O$	1.57 mg/l
$Co(NO_3)_2.6H_2O$	0.49 mg/l

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการวิเคราะห์คลอโรฟิลล์และน้ำหนักแห้ง

1. ดูดตัวอย่างมา 10 ml. ตัวอย่างละ 2 ชุด
2. นำมาปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ที่ 3,600 รอบ/วินาที
3. รินน้ำออกให้เหลือ 1 ml. แล้วเทตัวอย่างรวมกัน
4. ใส่เม็ดแก้ว 3-5 เม็ด นำไปเขย่าด้วยเครื่อง vortex
5. เติมเมทานอล (metanol) 90% ปริมาณ 9 ml. จากนั้นนำไปต้มใน water bath ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ประมาณ 30 นาที
6. เทส่วนใสลงในหลอด cuvette เพื่อนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ที่ 665 nm

   ปริมาณคลอโรฟิลล์ = (12.65 x absorbance)/2 ug/ml
7. นำตัวอย่างชุดที่ 2 เทลงบนกระดาษฟอล์ยที่อบและชั่งจนได้น้ำหนักที่แน่นอนแล้ว นำเข้าอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 1 วัน จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักบันทึกผล เพื่อหาน้ำหนักแห้ง

การเก็บเกี่ยวและการทำแห้ง

การเก็บเกี่ยวเซลล์สาหร่าย *N. commune* จะใช้วิธีการกรองผ่านถุงกรองแพลงก์ตอน จากนั้นนำไป จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สาหร่ายที่แห้งแล้วจะนำไปบดเป็นผง ด้วยเครื่องปั่น และบรรจุไว้ในถุงเพื่อวิเคราะห์ความชื้น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เถ้า แร่ธาตุ ได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกร (มิลลิกรัมต่อลิตร)

มูลสุกร (%)	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 6	วันที่ 9	วันที่ 12	วันที่ 15	วันที่ 18	วันที่ 21
0.5	1.233	0.936	0.904	0.810	1.366	1.107	1.183	1.619
	1.139	1.841	0.715	0.582	1.335	1.183	1.176	1.195
	1.170	1.708	1.233	1.613	2.296	1.733	1.208	2.030
2	1.518	2.631	0.380	1.448	2.631	2.935	2.669	2.758
	1.259	1.600	2.144	1.720	2.138	3.099	1.600	2.252
	1.550	1.297	2.151	0.911	1.284	2.682	1.385	2.056
5	1.651	1.398	1.796	2.144	3.896	3.934	3.428	3.112
	1.980	1.537	1.657	1.790	1.550	1.771	1.632	1.151
	1.777	1.164	3.099	2.505	2.151	2.011	1.992	2.897

ตารางผนวกที่ 3 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยผสมมูลสุกร (กรัมต่อลิตร)

มูลสุกร (%)	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 6	วันที่ 9	วันที่ 12	วันที่ 15	วันที่ 18	วันที่ 21
0.5	0.1650	0.2250	0.2150	0.3200	0.3900	0.3550	0.2350	0.2600
	0.1300	0.2000	0.1400	0.1550	0.2950	0.2300	0.2400	0.1850
	0.2200	0.3000	0.2600	0.3750	0.3800	0.3050	0.4200	0.7550
2	0.2050	0.4800	0.4000	0.3250	0.5100	0.5050	0.5600	0.4900
	0.1350	0.3900	0.5650	0.6050	0.4150	0.3200	0.2600	0.4900
	0.3200	0.2800	0.3350	0.4150	0.3000	0.4100	0.3000	0.4300
5	0.2400	0.4800	0.3100	0.4450	0.5200	0.5150	0.5750	0.5450
	0.2150	0.4250	0.3550	0.3150	0.3200	0.2950	0.4100	0.4750
	0.2550	0.4700	0.6150	0.5700	0.3650	0.3150	0.4300	0.4350

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงมูลสุกรผสมนม ความเข้มข้น 0.5%-0.1%, 0.5%-0.2% และ 0.5%-0.3% (มิลลิกรัมต่อลิตร)

มูลสุกรผสมนม	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25
0.5%-0.1%	1.120	1.290	2.252	1.676	1.423	1.461
	1.619	1.404	2.334	1.486	2.144	1.809
	1.094	1.613	2.505	2.056	1.992	1.575
0.5%-0.2%	1.145	1.461	1.600	2.094	1.885	1.613
	1.341	1.727	1.828	2.169	2.460	2.119
	1.417	1.474	1.195	3.080	1.676	1.588
0.5%-0.3%	1.335	2.119	1.758	3.245	1.626	2.138
	1.638	2.448	2.675	2.770	2.600	2.125
	1.189	1.853	1.493	2.245	1.543	2.283

ตารางผนวกที่ 5 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรผสมนม ความเข้มข้น 0.5%-0.1%, 0.5%-0.2% และ 0.5%-0.3% (กรัมต่อลิตร)

มูลสุกรผสมนม	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25
0.5%-0.1%	0.2650	0.3100	0.3100	0.3300	0.2550	0.3400
	0.3100	0.2750	0.3050	0.3900	0.2150	0.4400
	0.2400	0.2550	0.2650	0.4150	0.4450	0.5250
0.5%-0.2%	0.1750	0.3250	0.4450	0.4400	0.3700	0.4900
	0.3450	0.6250	0.3250	0.6250	0.6800	0.3650
	0.1850	0.3900	0.3050	0.4750	0.4450	0.4100
0.5%-0.3%	0.2250	0.3600	0.4300	0.7150	0.3400	0.6250
	0.2550	0.4650	0.5100	0.4900	0.4300	0.5250
	0.2650	0.3450	0.3550	0.4400	0.5750	0.3900

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 6 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงมูลสุกรผสมนม ความเข้มข้น 2%-0.1%, 2%-0.2% และ 2%-0.3% (มิลลิกรัมต่อลิตร)

มูลสุกรผสมนม	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25
2%-0.1%	1.214	1.474	1.910	1.562	1.170	1.195
	1.151	1.284	1.992	2.125	1.613	1.822
	1.195	1.252	2.454	1.746	1.094	1.240
2%-0.2%	1.088	1.891	2.030	2.233	2.075	1.423
	2.062	1.619	1.980	3.093	2.201	1.619
	1.480	2.119	1.569	2.030	2.062	1.828
2%-0.3%	1.347	1.986	2.315	2.328	2.334	2.030
	1.493	1.790	2.075	2.536	2.878	2.119
	1.164	2.043	1.961	2.353	1.992	2.271

ตารางผนวกที่ 7 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในมูลสุกรผสมนม ความเข้มข้น 2%-0.1%, 2%-0.2% และ 2%-0.3% (กรัมต่อลิตร)

มูลสุกรผสมนม	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25
2%-0.1%	0.1750	0.2400	0.6750	0.2350	0.2600	0.4450
	0.2200	0.2800	0.4850	0.3050	0.4900	0.3650
	0.2600	0.3050	0.5750	0.3750	0.5750	0.4350
2%-0.2%	0.2100	0.2950	0.3600	0.6900	0.4850	0.4350
	0.1650	0.3900	0.3100	0.5250	0.5450	0.4750
	0.2550	0.2150	0.3250	0.5650	0.4450	0.4450
2%-0.3%	0.2150	0.4900	0.4750	0.5150	0.4400	0.4400
	0.3250	0.4250	0.3300	0.3750	0.6250	0.5800
	0.2250	0.3700	0.3900	0.7900	0.7150	0.4250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 8 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงมูลสุกรผสมนม ความเข้มข้น 5%-0.1% (มิลลิกรัมต่อลิตร)

มูลสุกรผสมนม	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25
5%-0.1%	1.297	1.493	1.986	1.758	1.410	1.398
	1.183	1.550	2.056	1.619	1.992	2.119
	1.423	1.132	1.790	1.619	1.537	1.866

ตารางผนวกที่ 9 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของสาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงมูลสุกรผสมนม ความเข้มข้น 5%-0.1% (กรัมต่อลิตร)

มูลสุกรผสมนม	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25
5%-0.1%	0.2100	0.3100	0.5250	0.3850	0.4450	0.3900
	0.2900	0.4450	0.4300	0.6750	0.6250	0.4150
	0.2650	0.4350	0.5850	0.4200	0.7350	0.6400

ต้นทุนการผลิต

1. มูลสุกร ได้จากฟาร์มเพาะเลี้ยงสุกร คณะเทคโนโลยีการเกษตร ภาควิชา สัตวศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเกล้าคุณทหารลาดกระบัง

มูลสุกรที่นำมาใช้เป็นส่วนผสมในการเลี้ยงสาหร่ายนั้นเป็นมูลของสุกรอายุ 3 เดือน เป็นสุกรที่เลี้ยงโดยได้รับอาหารสำเร็จรูปเบทาโกรเบอร์ 301-B มีคุณค่าทางโภชนาการคือ โปรตีนไม่ต่ำกว่า 18% กากไม่เกิน 6% ไขมันไม่ต่ำกว่า 3% ความชื้นไม่เกิน 17% และวัตถุดิบของอาหารสุกรประกอบด้วย ปลาป่นหรือเนื้อและกระดูกป่น กากถั่วเหลืองหรือถั่วลิสงหรือถั่วดำ มันสำปะหลัง กากมะพร้าว ข้าวโพดป่นหรือปลายข้าว รำสกัดน้ำมันหรือรำระเอียดหรือรำหยาบ กากน้ำตาล ไขมันสัตว์หรือน้ำมันพืช แคลเซียมคาร์บอเนต เกลือ วิตามิน แร่ธาตุ กรดอะมิโน สารถนอมคุณภาพอาหารสัตว์ สารปรุงแต่งอาหารสัตว์ และสารเร่งการเจริญเติบโต

2. นม ราคาลิตรละ 12 บาท

3. ปุ๋ย $NaHCO_3$ 1 กิโลกรัม 350 บาท = 0.35 บาทต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปุ๋ยผสมมูลสุกรความเข้มข้น 0.5% = 0.35 บาทต่อลิตร

ปุ๋ยผสมมูลสุกรความเข้มข้น 2% = 0.35 บาทต่อลิตร

ปุ๋ยผสมมูลสุกรความเข้มข้น 5% = 0.35 บาทต่อลิตร

ปุ๋ยผสมมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 0.5%-0.1% = 0.3512 บาทต่อลิตร

ปุ๋ยผสมมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 0.5%-0.2% = 0.3524 บาทต่อลิตร

ปุ๋ยผสมมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 0.5%-0.3% = 0.3536 บาทต่อลิตร

ปุ๋ยผสมมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 2%-0.1% = 0.3512 บาทต่อลิตร

ปุ๋ยผสมมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 2%-0.2% = 0.3524 บาทต่อลิตร

ปุ๋ยผสมมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 2%-0.3% = 0.3536 บาทต่อลิตร

ปุ๋ยผสมมูลสุกรผสมนมความเข้มข้น 5%-0.1% = 0.3512 บาทต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้