สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2547

เรื่อง

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเห็ดลาบ (*Nostoc commune*) เพื่อการค้า

Commercial scale production of Hed-Lab alga (*Nostoc commune*.).

โดย

นางสาวสุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์

นางสาวบุปผา จงพัฒน์

รศ. ศักดิ์ชัย ชูโชติ

ดร. ปวีณา ทวีกิจการ

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

กรุงเทพฯ 10520

พ.ศ. 2547

RCH
SH
391
N6

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....58907
วัน,เดือน,ปี.....16 ก.พ. 2549

b.....11506076
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่องานวิจัย

เรื่อง

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเห็ดลาบ (*Nostoc commune*) เพื่อการค้า

Commercial scale production of Hed-Lab alga (*Nostoc commune.*).

สาหร่ายเห็ดลาบ *Nostoc commune* เป็นสาหร่ายขนาดเล็ก อยู่ในกลุ่มไซยาโนแบคทีเรีย หรืออาจเรียกกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ซึ่งอาจมีศักยภาพในการเป็นแหล่งอาหารประเภทโปรตีนของมนุษย์ได้ จึงได้มีการศึกษาถึงการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายชนิดนี้ที่เลี้ยงในอาหารประเภทต่าง ๆ โดยการหาชนิดอาหารที่เหมาะสมที่สุดในการเลี้ยงสาหร่าย *N. commune* ทำโดยเลี้ยงสาหร่ายในอาหาร 3 สูตร คือ BG-11, Nitrogen free medium และ Bold's basal medium (BBM) โดยเลี้ยงที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 300 ไมโครโมลโฟตอนต่อตารางเมตรต่อวินาที ภายใต้การให้แสงต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง เมื่อเลี้ยงสาหร่ายจนเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตเต็มที่จึงเก็บสาหร่ายมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการคือ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรท เยื่อใย แคลเซียม ฟอสฟอรัส ความชื้น และเถ้า ผลการศึกษาพบว่าอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการสร้างโปรตีนของสาหร่ายคืออาหารสูตร BBM โดย *N. commune* สามารถสร้างโปรตีนได้สูงที่สุดคือ 48.17 % และมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับอาหารที่เหลืออีกสองสูตร

การหาแหล่งของไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสาหร่าย *N. commune* ทำโดยเลี้ยงสาหร่ายในอาหารสูตร BBM และผันแปรแหล่งไนโตรเจนคือ โซเดียมไนเตรท ยูเรีย และโพแทสเซียมไนเตรท ทำการเลี้ยงและวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการเช่นเดียวกับการศึกษาในขั้นต้น ผลที่ได้พบว่าสาหร่าย *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหารที่มียูเรีย เป็นแหล่งไนโตรเจนมีการเจริญเติบโตสูงที่สุด และสามารถสร้างโปรตีนได้สูงที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับอาหารที่มีโซเดียมไนเตรท และโพแทสเซียมไนเตรทเป็นแหล่งไนโตรเจน

การศึกษาความเป็นไปได้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *N. commune* ในระดับมหภาค ได้ทดลองเพาะเลี้ยงสาหร่ายในโหลแก้วขนาดความจุ 12 ลิตร ในอาหารสูตร BBM ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันคือ 100% 75% และ 50% และทดลองเพาะเลี้ยงสาหร่ายในอาหารสูตร BBM ผสมนมสดที่ระดับ 0.1% 0.2% และ 0.3% โดยได้รับแสงธรรมชาติ 12 ชั่วโมง ความเข้มแสงเฉลี่ยประมาณ 120 ไมโครโมลโฟตอนต่อตารางเมตรต่อวินาที ผลการเลี้ยงในอาหาร BBM ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันนั้นพบความเข้มข้นของอาหารที่แตกต่างกันทั้งสามระดับไม่มีผลต่อปริมาณผลผลิตของเซลล์ ปริมาณไขมัน โปรตีน โดยผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในอาหารทั้งสามระดับความเข้มข้น แต่พบว่าสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้มข้น 50% และ 75% สามารถผลิตปริมาณคาร์โบไฮเดรทได้สูงกว่าอาหารเข้มข้น 100% โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ

สาหร่าย *N. commune* ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตรที่ใช้เพาะเลี้ยงสไปรูไลนาในระดับนอกห้องปฏิบัติการ ผสมนมสด 0.3% สามารถให้ผลผลิตสูงที่สุด และสร้างโปรตีนได้มากที่สุดถึง 45.13 % โดยมีความแตกต่างทางสถิติกับอาหารที่ผสมนมสด 0.1 และ 0.2% สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรท เยื่อใย และแคลเซียมในอาหารที่ผสมนมทั้งสามความเข้มข้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าสาหร่าย *N. commune* มีศักยภาพในการเป็นแหล่งอาหารโปรตีนสำหรับมนุษย์ได้ และสามารถที่จะทำการเพาะเลี้ยงในระดับมหภาคได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

Commercial scale production of Hed-Lab alga (*Nostoc commune.*).

Microalage; *Nostoc commune* is a cyanobacteria (blue-green algae) that may be a potential protein source in the human diet. The growth and nutritional content of *N. commune* cultured at different media were studied. *N. commune* was grown in laboratory 1 L batch cultured in BG-11, Nitrogen free medium and bold's basal medium (BBM) at 25 $^{\circ}$C, under continuous illumination; photon flux density 300 μmol photon m^{-2} s^{-1}. *N. commune* cells were harvested in late exponential growth phase and analyzed for protein, lipid, carbohydrate, fiber, calcium, phosphorus, moisture and inorganic matter (ash). The optimum medium for growth and protein production was BBM, which *N. commune* had highest percentage of protein 48.17% and had significant difference at 95% degree confidence ($P<0.05$).

To study the optimum N-source for *N. commune*, *N. commune* were cultured in BBM at 3 different nitrogen source; $NaNO_3$ urea and KNO_3. *N. commune* cells were harvested and analysed the nutritional value same as the previous step. *N. commune* shows the highest growth and protein content when cultured in BBM with urea ad nitrogen source.

To study the feasibility of *N. commune* cultured as commercial scale which commercial grade of chemical were used. *N. commune* were cultured in 12 L glass container with various concentration of BBM medium (commercial grade) 100%, 75%, and 50% and BBM medium with 0.1%, 0.2%, and 0.3% of fresh milk, under natural light source 12:12 light and dark, with average photon flux density 120 μmol photon m^{-2} s^{-1}. The result shows that *N. commune* cultured in various concentrations of BBM medium could produced similar amount of protein and lipid which has no significant difference. However *N. commune* cultured in 50% and 75 % of BBM could produced lower amount of carbohydrate than 100% BBM and has significant difference.

N. commune cultured in *spirulina* mass culture medium with fresh milk 0.3% show the highest mass production and protein content 45.13%, which has significant difference when compare to the others. However, it has no significant difference of carbohydrate, fiber and calcium.

The result of this study is indicated that *N. commune* is a potential protein source and it could be cultured as large scale production.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเห็ดลาบ (*Nostoc commune*) เพื่อการค้า

Commercial scale production of Hed-Lab alga (*Nostoc commune*.).

คำนำ

การเพิ่มขึ้นของประชากรโลกในปัจจุบันส่งผลในด้านความต้องการอาหารตามมา และเนื่องจากผู้ผลิตต้องการเพิ่มปริมาณผลผลิตให้พอเพียงต่อความต้องการของประชากร ในปัจจุบันจึงมักพบว่าอาหารที่ใช้บริโภคล้วนมีการปนเปื้อนของสารเคมีที่ก่ออันตรายต่อผู้บริโภค มีการปนเปื้อนของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในพืชผักต่าง ๆ การปนเปื้อนของฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโตในไก่ และการปนเปื้อนของสารเร่งสีในเนื้อสุกรเป็นต้น

ดังนั้นในปัจจุบันรัฐบาลจึงได้มีนโยบายในการผลิตอาหารที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคขึ้น ซึ่งในอาหารเหล่านี้อาหารที่เป็นแหล่งของโปรตีนนั้นนับว่ามีความสำคัญอยู่ในอันดับต้น ๆ โดยแหล่งโปรตีนที่มาจากพืชนั้นมีต้นทุนในการผลิตและมีอัตราการปนเปื้อนของสารต่าง ๆ น้อยกว่าแหล่งโปรตีนที่มาจากสัตว์

สาหร่ายเป็นอาหารชนิดหนึ่งที่ให้คุณค่าทางโภชนาการต่าง ๆ รวมทั้งโปรตีนในปริมาณสูง และเป็นที่นิยมบริโภคกันมานาน ในประเทศไทยสาหร่ายน้ำจืดอีกชนิดหนึ่งที่ประชาชนนิยมบริโภคมาเป็นเวลานานแต่ยังไม่เป็นที่รู้จักแพร่หลายคือสาหร่ายชนิด *Nostoc commune* หรือเป็นที่รู้จักกันในชื่อของสาหร่ายเห็ดลาบ ซึ่งเป็นสาหร่ายที่พบได้มากบริเวณอำเภอนาเชือก จังหวัดมหาสารคาม โดยประชาชนนิยมใช้ประกอบอาหารประเภทลาบ หรือแกล้มกับส้มตำ และมีรายงานว่าสาหร่ายนี้สามารถรักษาความผิดปกติของระบบทางเดินอาหารได้ แต่พบว่าปัจจุบันประชาชนมีการเก็บสาหร่ายจากธรรมชาติมาบริโภคโดยขาดการจัดการที่ดีจึงทำให้มีภาวะเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ (เจษฎา และคณะ, 2546) ซึ่งแนวทางในการป้องกันและแก้ไขคือทำการหาวิธีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายนี้ให้ได้ผลผลิตปริมาณมากและเพียงพอต่อความต้องการในการบริโภคเพื่อป้องกันการสูญพันธุ์ของสาหร่ายในธรรมชาติ

ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะหาวิธีเพาะเลี้ยงสาหร่ายเพื่อให้ได้ผลผลิตสูง ต้นทุนต่ำและยังคงคุณค่าทางโภชนาการสูง เพื่อเป็นแนวทางในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเห็ดลาบเป็นการค้า และนำไปเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารมนุษย์หรืออาหารสัตว์รวมทั้งส่งเสริมให้เกษตรกรเพาะเลี้ยงไว้เป็นอาหารในครัวเรือน หรือเป็นการค้าหารายได้เสริมให้แก่ครอบครัวต่อไป

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาคุณค่าทางโภชนการของ *N. commune* ที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารและวิธีการที่แตกต่างกัน
2. ศึกษาจำนวนผลผลิตของ *N. commune* ที่ได้จากการเลี้ยงในสูตรอาหารและวิธีการที่แตกต่างกัน
3. ศึกษาความเป็นไปได้ในการเพาะเลี้ยง *N. commune* เพื่อเป็นการค้าโดยพิจารณาต้นทุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

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

Nostoc เป็นสาหร่ายที่มีทั้งโทษและประโยชน์ต่อมนุษย์ โดยใน *Nostoc* บางชนิดสามารถสร้างผลเสียคือทำให้เกิดกลิ่นเหม็นในน้ำดื่ม ทำลายพื้นสนามกีฬา ทำลายสีผนังตึก (Wnorowski, 1992) ส่วนการใช้ประโยชน์นั้นมีทั้งการสกัดสารต่างๆ จากเซลล์นำมาใช้ประโยชน์ หรือบางชนิดนำมาใช้ประโยชน์โดยเป็นอาหาร (Takenaka *et al.*, 1998)

Nostoc สามารถสร้างรงควัตถุ (pigment) ประเภท phycobiliprotein เป็นรงควัตถุที่ให้สีแดง (phycoerythrin) และสีน้ำเงิน (phycocyanin) ซึ่งเป็นรงควัตถุพิเศษที่พบในสาหร่ายเพียงบางกลุ่มเท่านั้น และสารสีเหล่านี้นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมเครื่องสำอางค์อย่างกว้างขวางจึงทำให้เป็นสารสีที่ได้รับความสนใจอย่างมากในการผลิตขึ้นเพื่อการค้า แต่ประสบปัญหาคือการเลี้ยง *Nostoc* ในห้องปฏิบัติการนั้นได้ผลผลิตปริมาณน้อย และใช้ต้นทุนสูง ดังนั้นหากสามารถเลี้ยง *Nostoc* ให้เพิ่มจำนวนมากได้กลางแจ้งภายนอกห้องปฏิบัติการ (out door) จะได้ผลตอบแทนที่คุ้มค่ามากยิ่งขึ้น (Reis *et al.*, 1998)

นอกจากนี้รงควัตถุพวก phycobiliprotein ยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการตรวจสอบระบบภูมิคุ้มกัน (fluorescent markers) (Tchernov *et al.*, 1999) ใช้ในด้านเภสัชกรรมได้ด้วย (Reis *et al.*, 1998)

ในสาหร่ายกลุ่ม Cyanobacteria โดยทั่วไปมีคุณสมบัติที่พิเศษคือมีสารต่อต้านแบคทีเรีย (antibacterial) สารต่อต้านจุลินทรีย์ (antimicrobial) สารต่อต้านมะเร็ง (antitumor) และสารยับยั้งเอนไซม์ (enzyme inhibitory) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า *Nostoc ellipsosporum* มีสาร anti-HIV ชื่อ cyanovirin-N (Gustafson *et al.*, 1997) และใน *Nostoc commune* มีสาร antimitotic compound และ antifungal (nostofungicidine) (Kajiyama *et al.*, 1998)

การใช้ประโยชน์ทางการเกษตร คือ ใช้เป็นปุ๋ย ซึ่งเนื่องมาจาก *Nostoc* เป็นพวกที่มี heterocyst ที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากบรรยากาศมาเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียได้จึงทำให้มีผู้นิยมใช้ *Nostoc* เป็นปุ๋ยชีวภาพ (biofertilizer) เป็นจำนวนมาก เช่น *N. calcicola* (Painter, 1995) โดยพบว่าพืชที่ปลูกและมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใส่ *Nostoc* ลงไปเจริญเติบโตได้รวดเร็วขึ้นเพราะได้รับแอมโมเนียเพิ่มขึ้น (Svircev *et al.*, 1997) และมีรายงานถึงการใช้ประโยชน์จาก *Nostoc* ในการบำบัดน้ำเสียว่าสามารถใช้ *N. muscorus* ในการบำบัดน้ำเสียที่มีนิเกิล (Ni) ปนได้เป็นอย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย (Chatterjee *et al.*, 1996)

การใช้ *Nostoc* เป็นอาหารมีความนิยมกันอย่างกว้างขวางในหลายท้องถิ่น โดยมีรายงานว่าในประเทศจีนและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้นิยมบริโภค *N. flagelliforme* หรือที่เรียกว่า Facai หรือ black moss เป็นอาหาร (Takenaka *et al.*, 1998) ซึ่ง *N. flagelliforme* มีคุณค่าทางโภชนาการคือมีโปรตีน 21.4 % ไขมัน 0.5 % คาร์โบไฮเดรท 56.8 % เยื่อใยที่ทานได้ 1.8 % และเถ้า 4.4 % ของน้ำหนักเซลล์แห้ง

ในประเทศไทย *Nostoc commune* เป็นที่รู้จักกันในชื่อของสาหร่ายเหืดลาบ เป็นสาหร่ายที่พบได้มากบริเวณอำเภอนาเชือก จังหวัดมหาสารคาม ประชาชนนิยมใช้ประกอบอาหารประเภทลาบ หรือแกล้มกับส้มตำ และมีรายงานว่าสาหร่ายนี้สามารถรักษาความผิดปกติของระบบทางเดินอาหารได้ แต่พบว่าปัจจุบันประชาชนมีการเก็บสาหร่ายมาบริโภคโดยขาดการจัดการที่ดีจึงทำให้มีภาวะเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ (เจษฎา และคณะ, 2546) ซึ่งแนวทางในการป้องกันและแก้ไขคือทำการหาวิธีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายนี้ให้ได้ผลผลิตปริมาณมากและเพียงพอต่อความต้องการในการบริโภคเพื่อป้องกันการสูญพันธุ์ของสาหร่ายในธรรมชาติ

สาหร่ายที่นิยมนำมาบริโภคในประเทศไทยยังมีอีกมากมายหลายชนิดเช่น *Scenedesmus* (สุพัตรา, 2533), *Spirulina* (บานชื่น, 2532) *Spirogyra*, *Cladophora* หรือชื่อประจำท้องถิ่นทางภาคเหนือคือเทาหรือผักไก (สรวิศ, 2543) ซึ่งในชนิดหลังนี้ชาวบ้านนิยมนำมาทำลาบ หรือทานสด ทำเป็นผักจิ้มหรือทำเป็นยำ โดยสาหร่ายต่าง ๆ มีคุณค่างทางโภชนาการดังนี้

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายไก (*Cladophora*) เทา (*Spirogyra* spp.) ที่พบในบริเวณภาคเหนือของไทย (หน่วย : ร้อยละของน้ำหนักแห้ง)

	ไก *Cladophora*	*Spirogyra*
โปรตีนรวม	19.44	18.65-23.82
ไขมันรวม	3	3.08-5.21
เยื่อใย	16.3	6.72-11.78
แคลเซียม	1.06	-
เหล็ก	0.15	-
แมกนีเซียม	0.17	-
วิตามิน	1.15 ppm	-
คาร์โบไฮเดรท	-	52.04-56.31
เถ้า	-	7.66-14.34

ที่มา : เอกสารเผยแพร่ "สาหร่าย" สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (- ไม่ได้ทำการวิเคราะห์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายเห็ดลาบ (*N. commune*) อาภารัตน์ (2546)

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

* กรดอะมิโนจำเป็น (esential amino acid)

ตารางที่ 2 ได้รายงานผลถึงคุณค่าทางอาหารของสาหร่ายเห็ดลาบ (*Nostoc nommune*) ซึ่งเป็นสาหร่ายที่บริโภคได้ พบในพื้นที่คุ้มครองทรัพยากรธรรมชาติป่าดูนลำพัน อำเภอนาเชือก จังหวัดมหาสารคาม ซึ่งปกติชาวบ้านจะเก็บได้เฉพาะในช่วงฤดูฝน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะเห็นได้ว่า *N. commune* เป็นสาหร่ายมีมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เหมาะแก่การนำมาเป็นอาหารเพื่อใช้เป็นแหล่งโปรตีน ทั้งนี้ยังเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายอยู่แล้วในท้องถิ่นนั้น จึงควรมีการจัดการดูแลเพื่อไม่ให้สูญพันธ์ไปจากธรรมชาติ และหาวิธีเพิ่มผลผลิตเพื่อให้สามารถมีสาหร่ายรับประทานได้ตลอดปี

ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะหาวิธีเพาะเลี้ยงสาหร่ายเพื่อให้ได้ผลผลิตสูง ต้นทุนต่ำ และยังคงคุณค่าทางโภชนาการสูง เพื่อเป็นแนวทางในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเห็ดลาบเป็นการค้า และนำไปเป็นอาหารมนุษย์หรืออาหารสัตว์รวมทั้งส่งเสริมให้เกษตรกรเพาะเลี้ยงไว้เป็นอาหารในครัวเรือนหรือเป็นการค้าหารายได้เสริมให้แก่ครอบครัวต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งสารเคมี
2. ตู้อบไอร้อน (Hot air oven)
3. อุปกรณ์ที่ใช้เพาะเลี้ยงสาหร่าย
4. เครื่องมือในการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ
5. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์
6. เครื่องปั่นเหวี่ยงหนีศูนย์กลางแบบควบคุมอุณหภูมิ

สารเคมี

1. สารเคมีที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสำหรับสูตรอาหาร BG-11, N-free medium และ Bold's basal medium
3. สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ
4. สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่าย
5. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย

วิธีการ

1. ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของ *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหารแตกต่างกัน

การหาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต โดยใช้อาหารสูตร Blue green 11 (BG-11), Nitrogen free medium (N-free medium) และ Bold's basal medium (BBM) ทำการเพาะเลี้ยงในขวดอาหารที่มีและไม่มีการเติมอากาศ เพื่อหาสภาวะการเพาะเลี้ยงที่ให้กลุ่มเซลล์สวยน่ารับประทาน ศึกษาการเจริญเติบโตโดยการวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ และน้ำหนักเซลล์แห้ง และศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ

2. ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของ *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหารที่มีแหล่งไนโตรเจนแตกต่างกัน

การศึกษาหาชนิดของแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสม ในสูตรอาหาร Bold's basal medium (ซึ่งเป็นสูตรอาหารที่ให้ปริมาณโปรตีนสูงที่สุด จากการทดลองขั้นที่ 1) เพื่อหาชนิดไนโตรเจนที่ส่งเสริมการเจริญและให้สาหร่ายมีคุณค่าทางโภชนาการที่สูงขึ้น โดยแหล่งไนโตรเจนที่ใช้ได้แก่ โพแทสเซียมไนเตรท โซเดียมไนเตรท และยูเรีย ทำการศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายโดยใช้วิธีเดียวกับข้อ 1 และวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการโดยการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรท เยื่อใยเถ้า แร่ธาตุได้แก่ แคลเซี่ยม และฟอสฟอรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของ *N. commune* ที่เลี้ยงในระดับ large scale

การเพาะเลี้ยงในระดับ Large scale โดยใช้อาหารสูตร Bold's basal medium ซึ่งมียูเรีย เป็นแหล่งไนโตรเจน (เป็นแหล่งไนโตรเจนที่ให้ปริมาณโปรตีน และการเจริญเติบโตดีที่สุด จากขั้นที่ 2) และแปรเปลี่ยนระดับของอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงที่ระดับ 50 75และ 100 % และหาวัตถุดิบหรือแหล่งอาหารอื่นมาทดแทนสารเคมีที่ใช้เพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ แหล่งอาหารที่สนใจคือน้ำส่วนที่เหลือจากการผลิตนม (กากนม) ซึ่งมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับนมสดโดยทั่วไป ในการศึกษาขั้นต้นจึงใช้นมสดผสมในสูตรอาหารเพื่อหาความเป็นไปได้ในการเพาะเลี้ยงและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ จากนั้นทำการศึกษาการเจริญเติบโต วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลการเจริญเติบโต คุณค่าทางโภชนาการ เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง

1. คุณค่าทางโภชนาการของ *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหารแตกต่างกัน

1.1 การทดลองเลี้ยง *N. commune* เพื่อหาสภาวะที่ทำให้กลุ่มเซลล์ที่มีความสวยงามน่ารับประทาน

เนื่องจากสภาพความสวยงามของกลุ่มเซลล์มีผลต่อการดึงดูดความสนใจในการนำมารับประทานเป็นอาหาร ซึ่งโดยปกติแล้วสาหร่ายที่เกาะตัวเป็นกลุ่มหรือแผ่นขนาดใหญ่ มีเมือกหุ้มเป็นมันวาวจะมีความสวยงามน่ารับประทานกว่าสาหร่ายที่เป็นกลุ่มขนาดเล็กและมีเมือกหุ้มในปริมาณน้อย

ในสภาวะการเลี้ยงแบบไม่มีการให้ฟองอากาศหรือไม่มีการผสมสาหร่ายให้กระจายทั่วมวลน้ำนั้นจะทำให้สาหร่ายเกาะรวมตัวเป็นกลุ่มขนาดใหญ่ได้ดี และมีสีสันเขียวสด สวยเงางามน่ารับประทาน แต่มีผลเสียคือสาหร่ายมีการเจริญเติบโตช้า เนื่องจากเซลล์สาหร่ายไม่สามารถสัมผัสกับมวลอาหารได้ทั่วถึง ส่วนการเลี้ยงแบบให้อากาศเพื่อผสมให้สาหร่ายกระจายทั่วมวลน้ำตลอดเวลานั้นจะทำให้สาหร่ายเจริญเติบโตได้ดี เพราะทุกเส้นสายสามารถสัมผัสธาตุอาหารได้โดยตรง แต่ผลเสียคือ สาหร่ายจะเป็นกลุ่มหรือแผ่นขนาดเล็ก เนื่องจากถูกอากาศในขวดดันให้หมุนเวียนอยู่ตลอดเวลา กลุ่มเซลล์จึงดูไม่น่ารับประทาน

การทดลองนี้จึงได้ทดลองเลี้ยงสาหร่าย *N. commune* ในสูตรอาหาร 3 สูตร คือ BG-11 ซึ่งเป็นสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สูตร N-free medium ซึ่งเป็นสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินพวกที่มีเฮเทอโรซิสต์ (heterocyst) ซึ่งเป็นเซลล์ที่ทำหน้าที่ช่วยตรึงไนโตรเจนจากบรรยากาศมาใช้ในการเจริญเติบโตได้ และสูตร Bold's basal medium (BBM) ซึ่งเป็นสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กทั่ว ๆ ไป โดยทดลองเลี้ยงในแบบให้อากาศ และไม่ให้อากาศเพื่อหาสูตรอาหารและสภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้เซลล์สวยงามน่ารับประทาน และมีคุณค่าทางโภชนาการสูงซึ่งในที่นี้เน้นการศึกษาปริมาณโปรตีนเป็นสำคัญ ซึ่งการศึกษาได้ผลดังนี้

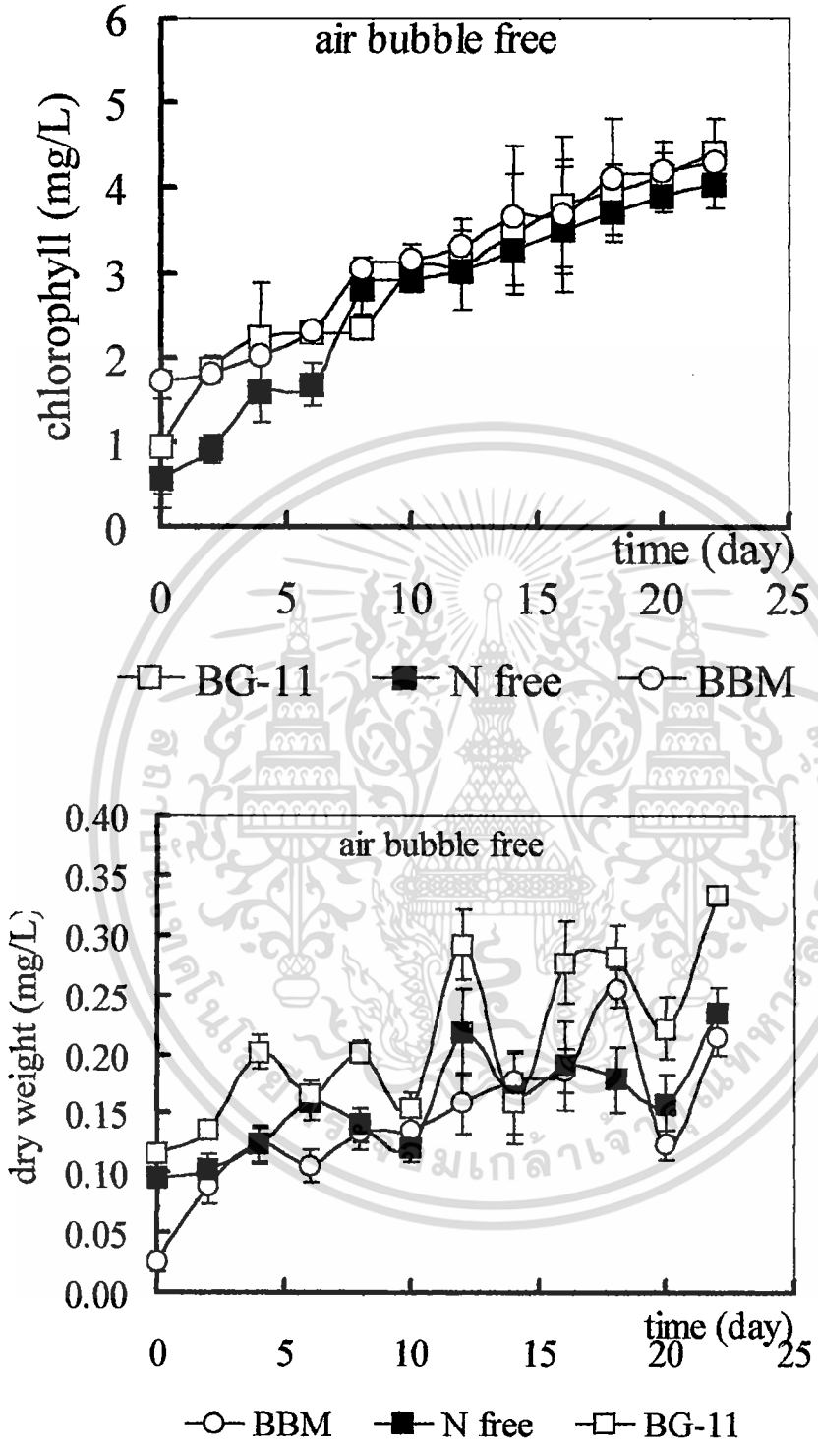
การเลี้ยง *N. commune* ในอาหารสูตร BG-11 ในสภาวะที่ไม่ให้ฟองอากาศนั้น มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าสภาวะให้ฟองอากาศ แต่มีปริมาณของน้ำหนักแห้งในการเลี้ยงแบบให้ฟองอากาศสูงกว่าแบบไม่ให้ฟองอากาศ ส่วนการเลี้ยงในอาหารสูตร N-free medium และสูตร BBM นั้นในสภาวะที่มีการให้ฟองอากาศมีการเจริญเติบโตที่มากกว่าในสภาวะไม่ให้อากาศ โดยการเจริญเติบโตที่มากกว่านี้แสดงออกทั้งปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และน้ำหนักแห้งที่สูงกว่าในระบบไม่ให้ฟองอากาศ ซึ่งโดยรวมแล้วพบว่าการเลี้ยงในสภาวะให้ฟองอากาศจะทำให้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าสภาวะไม่ให้ฟองอากาศ เนื่องจากเซลล์สาหร่ายสามารถดูดซับธาตุอาหารได้อย่างพอเพียงและทั่วถึง ในพวกที่ไม่มีการให้ฟองอากาศกลุ่มของสาหร่ายจะตกตะกอนอยู่ก้นภาชนะจึงทำให้เซลล์ที่อยู่ด้านล่างไม่สามารถสัมผัสกับธาตุอาหารได้จึงทำให้มีการเจริญเติบโตช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของ *N. commune* ระหว่างสูตรอาหาร 3 สูตรที่เลี้ยงในสภาวะเดียวกันพบว่า ภายใต้สภาวะการไม่ให้ฟองอากาศ (ภาพที่ 1) นั้น *N. commune* มีการเจริญเติบโตที่ใกล้เคียงกันในสูตรอาหารทั้งสามสูตร โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ส่วนการเลี้ยง *N. commune* ภายใต้สภาวะการให้ฟองอากาศ (ภาพที่ 2) พบว่า *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหารสูตร BBM และ N-free นั้น มีปริมาณคลอโรฟิลด์สูงกว่า BG-11 ส่วนปริมาณน้ำหนักแห้งพบว่าที่สิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักแห้งของ *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหารสูตร BBM และ BG-11 มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนน้ำหนักแห้งที่เลี้ยงใน N-free medium มีค่าสูงกว่าที่เลี้ยงใน BBM และ BG-11 เล็กน้อย

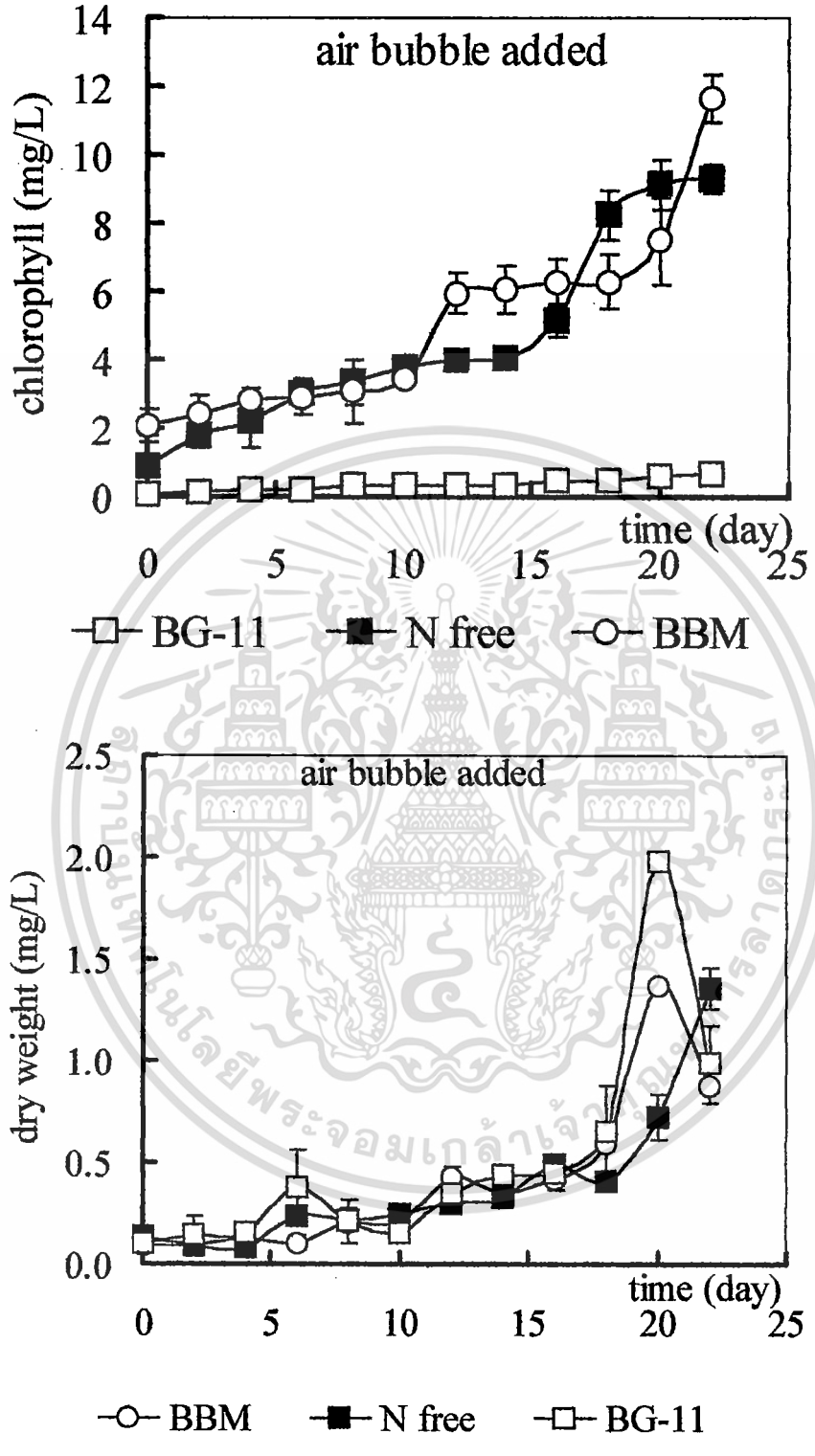
ในการพิจารณาว่าอาหารสูตรใดมีความเหมาะสมในการเลี้ยงสาหร่ายโดยส่งผลให้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตสูงสุดนั้นจะต้องมีการศึกษาทั้งจากปริมาณคลอโรฟิลด์ และน้ำหนักแห้งควบคู่กัน เพื่อป้องกันความผิดพลาดบางส่วนของข้อมูลในช่วงที่น้ำหนักแห้งและคลอโรฟิลด์ เอ ไม่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งจากการทดลองพบว่า *N. commune* มีการเจริญเติบโตสูงในการเลี้ยงแบบให้ฟองอากาศ โดยการเลี้ยงในสูตร BBM และ N-free medium มีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 3) ส่วนการเลี้ยงแบบไม่ให้ฟองอากาศนั้น การเจริญเติบโตมีค่าใกล้เคียงกันในอาหารทั้งสามสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



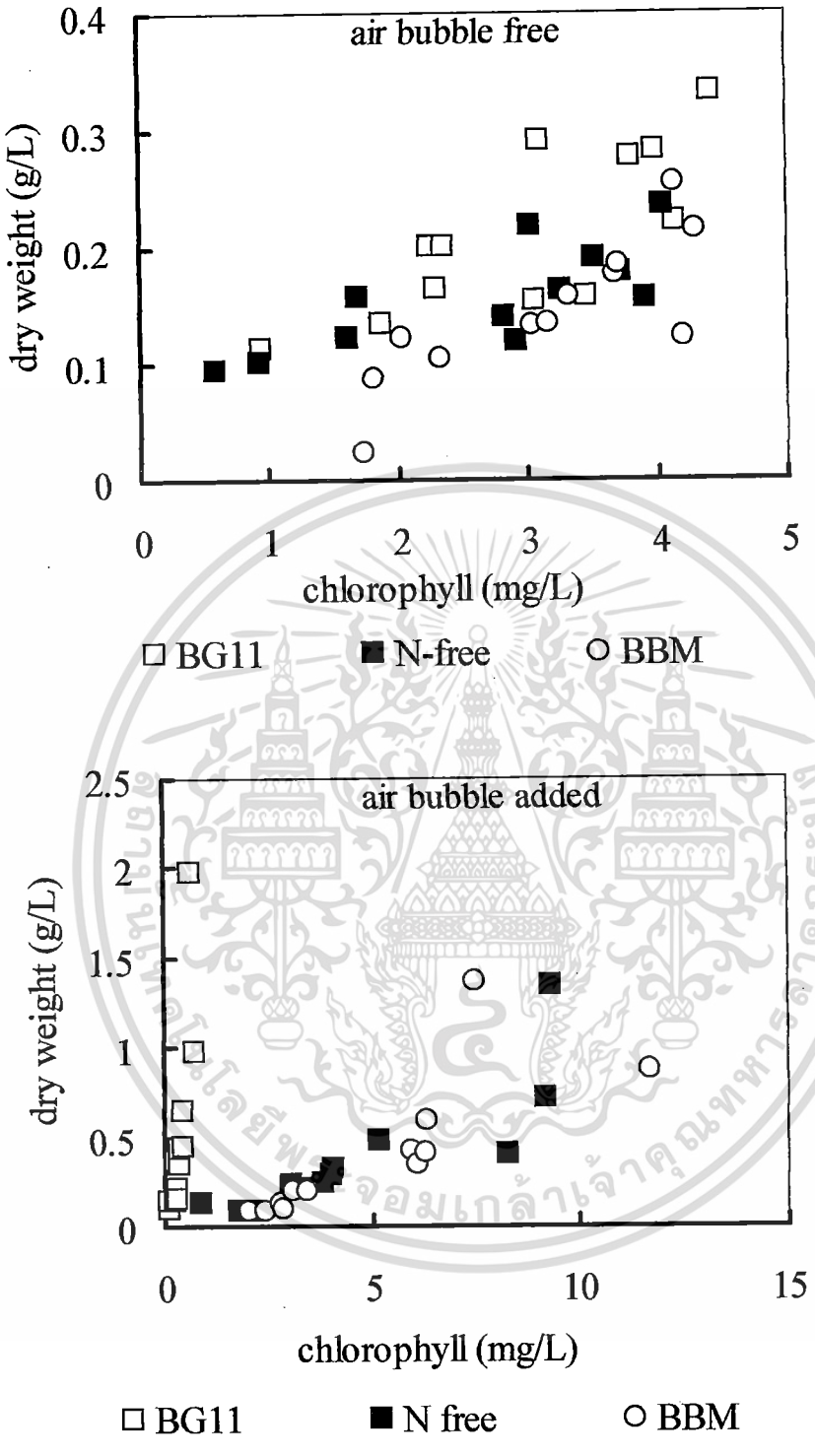
ภาพที่ 1 ปริมาณคลอโรฟิลล์และน้ำหนักแห้งของ *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหารแตกต่างกันภายใต้สภาวะไม่ให้ฟองอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 ปริมาณคลอโรฟิลล์และน้ำหนักแห้งของ *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหารแตกต่างกันภายใต้สภาวะการให้ฟองอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลด์ และน้ำหนักแห้งของ *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหารแตกต่างกันและระบบการให้อากาศแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในสาหร่าย *N. commune* ที่เลี้ยงในสภาวะไม่ให้ฟองอากาศพบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารทั้งสามสูตรนั้นมีปริมาณใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่าสูตร N-free medium นั้นมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดคือ 33.78±4.49 % รองลงมาคือสูตร BBM 33.69±0.85% และสูตร BG-11 31.30±0.72 % ซึ่งแสดงว่าในการเลี้ยงแบบไม่ให้อากาศ อาหารทั้งสามสูตรไม่มีผลทำให้ปริมาณโปรตีนของสาหร่ายแตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาถึงปริมาณผลผลิตที่ได้พบว่าการเลี้ยงแบบไม่ให้ฟองอากาศจะให้ผลผลิตต่ำกว่าการเลี้ยงแบบให้ฟองอากาศมาก ดังนั้นในการศึกษาขั้นต่อ ๆ ไป จึงทำการเลี้ยงแบบให้ฟองอากาศ

ส่วนการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของ *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหาร BG-11, N-free medium และ BBM ในการเลี้ยงแบบให้ฟองอากาศพบว่า การเลี้ยงสาหร่ายในอาหารสูตร BBM ให้ปริมาณโปรตีนสูงที่สุดถึง 48.17% และมีความแตกต่างทางสถิติกับอาหารอีกสองสูตร (ตารางที่ 1) สำหรับปริมาณไขมัน คาร์โบไฮเดรท และแคลเซียม ในอาหารทั้งสามสูตรให้ปริมาณใกล้เคียงกันไม่ต่างกันทางสถิติ โดยไขมันและคาร์โบไฮเดรทพบมากที่สุดในสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารสูตร BG-11 มีปริมาณ 0.53 และ 17.91% ส่วนแคลเซียมพบมากที่สุดในอาหารสูตร N-free medium คือ 0.98% ปริมาณฟอสฟอรัสพบมากที่สุดในสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหาร N-free medium และมีค่าแตกต่างทางสถิติกับอาหารสูตรอื่น ๆ ปริมาณเยื่อใยพบมากในสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารสูตร BG-11 คือ 33.13% และมีค่าแตกต่างทางสถิติกับสูตร N-free medium เมื่อพิจารณาคุณค่าทางอาหารและการเจริญเติบโตพบว่าสูตรอาหาร BBM ทำให้ *N. commune* มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด และมีการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างทางสถิติกับอาหารสูตรอื่น ๆ

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของ *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหาร BG-11, N-free medium และ BBM

	สูตรอาหาร		
	BG-11	N-free medium	BBM
โปรตีน (%)	36.30±4.23^{A}	29.34±1.04^{A}	48.17±1.87^{B}
ไขมัน (%)	0.53±0.01^{A}	0.38±0.00^{A}	0.47±0.03^{A}
คาร์โบไฮเดรท (%)	17.91±1.59^{A}	17.42±3.75^{A}	16.14±1.82^{A}
เยื่อใย (%)	33.13±0.89^{A}	14.79±6.03^{B}	31.45±2.58^{A}
แคลเซียม (%)	0.76±0.09^{A}	0.98±0.17^{A}	0.56±0.10^{A}
ฟอสฟอรัส (%)	0.27±0.03^{A}	2.01±0.03^{B}	0.53±0.01^{C}
ความชื้น (moisture) (%)	6.18±0.07^{A}	6.08±0.14^{A}	6.85±0.06^{B}
เถ้า (ash) (%)	10.95±0.06^{A}	27.56±2.09^{B}	11.39±0.17^{A}

*ตัวอักษรในแถวแนวนอนเดียวกันที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (n=3, average± S.E.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คุณค่าทางโภชนาการของ *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหารที่มีแหล่งไนโตรเจนแตกต่างกัน

จากการทดลองเลี้ยง *N. commune* ในอาหาร 3 สูตรคือ BG-11 N-free medium และ BBM พบว่าสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและให้ปริมาณโปรตีนได้สูงคือสูตร BBM จากนั้นจึงได้ทำการทดลองเลี้ยง *N. commune* ในอาหารสูตร BBM โดยมีการผันแปรแหล่งของไนโตรเจน 3 แหล่ง คือ โซเดียมไนเตรท โพแทสเซียมไนเตรท และยูเรีย

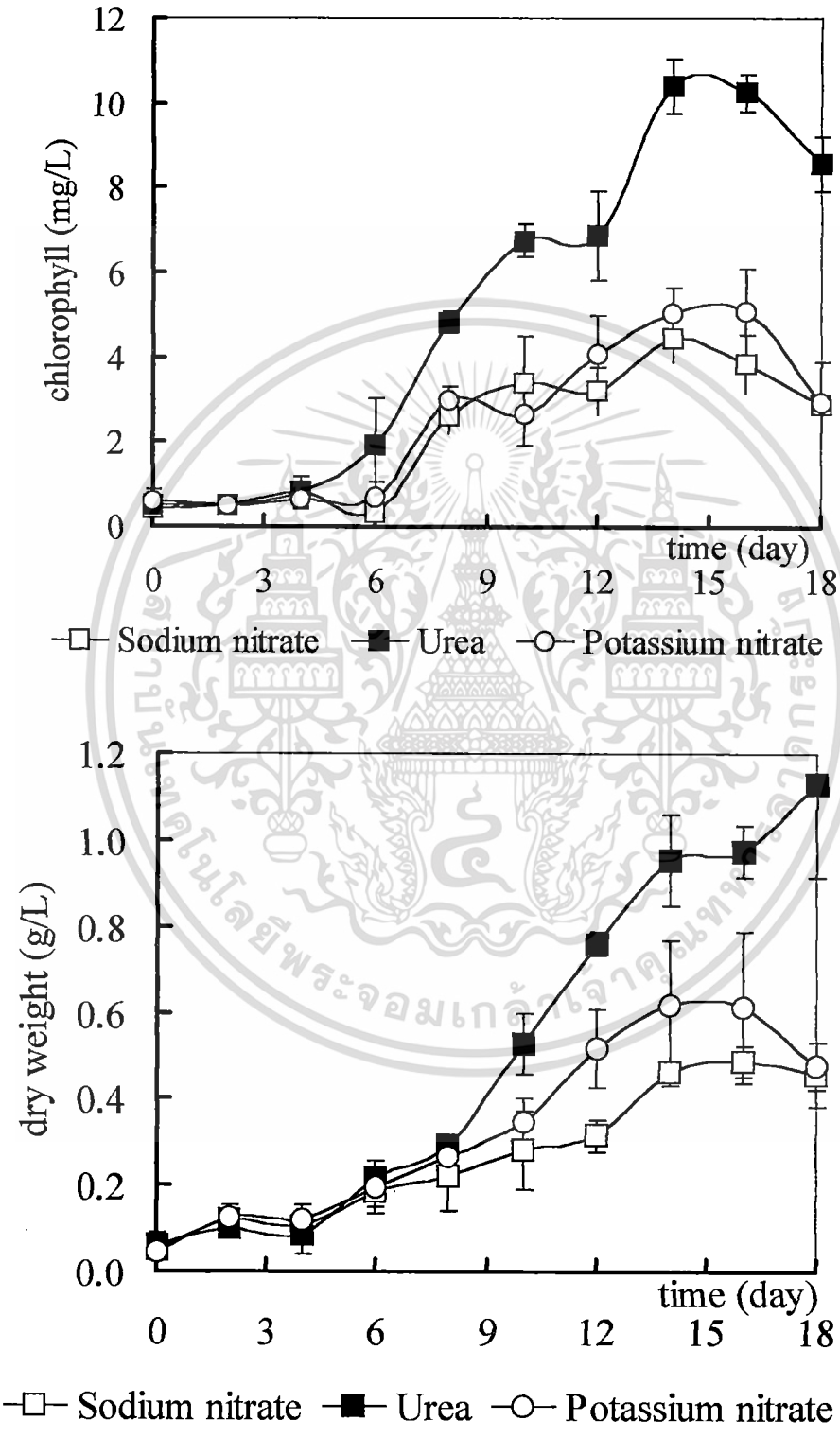
โดยปกติแล้วไนโตรเจนมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายคือช่วยในการสังเคราะห์แสง สร้างรงควัตถุ ช่วยในกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ โดยทั่วไปไนโตรเจนมีประมาณ 7-10 % ของน้ำหนักแห้งของเซลล์ สาหร่ายที่ขาดไนโตรเจนจะสร้างสารประกอบคาร์บอนขึ้นมาทดแทน เช่น สร้างขึ้นมาในรูปของน้ำมันหรือแป้งเพื่อมาทดแทน

การทดลองเลี้ยง *N. commune* ในอาหารสูตร BBM โดยมีแหล่งไนโตรเจนที่ต่างกันคือ โซเดียมไนเตรท โพแทสเซียมไนเตรท และยูเรีย พบว่าการเลี้ยง *N. commune* ในอาหารสูตรที่ผสมยูเรีย มีการเจริญเติบโตสูงที่สุด โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์และน้ำหนักแห้งสูงกว่า *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหารสูตรที่มีแหล่งไนโตรเจนจากโซเดียมไนเตรทและโพแทสเซียมไนเตรทและมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 4) และจากการทดลองพบว่า *N. commune* ที่เลี้ยงใน BBM ที่มีแหล่งไนโตรเจนจากยูเรีย จะมีช่วงเวลาปรับตัวอยู่ในระยะ lag phase นานประมาณ 4 วัน จากนั้นจึงเข้าสู่ exponential phase จนถึงวันที่ 14 จึงเข้าสู่ stationary phase โดยที่สิ้นสุดการเลี้ยง *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหารที่มีแหล่งไนโตรเจนจากโซเดียมไนเตรท โพแทสเซียมไนเตรท และยูเรีย ให้ผลผลิตคือ 0.458±0.076, 1.13±0.21 และ 0.477±0.057 กรัมต่อลิตร (น้ำหนักแห้ง)

สำหรับการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของ *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหาร BBM ที่มีแหล่งไนโตรเจนจาก โซเดียมไนเตรท โพแทสเซียมไนเตรท และยูเรีย พบว่า *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหารทั้งสามสูตรมีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยในอาหารที่ใช้ยูเรีย เป็นแหล่งไนโตรเจน ให้ปริมาณโปรตีนสูงที่สุดคือ 45.42 % (ตารางที่ 2) สำหรับปริมาณไขมัน *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหารที่มีแหล่งไนโตรเจนจากโพแทสเซียมไนเตรท ให้ปริมาณไขมันมากที่สุดถึง 28.94% และมีค่าแตกต่างทางสถิติกับอาหารสูตรอื่น ๆ ปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัสในอาหารทั้ง 3 สูตรมีค่าไม่ต่างกันทางสถิติ โดยปริมาณแคลเซียมมีมากที่สุดในอาหารสูตรยูเรีย คือ 0.67 % ส่วนฟอสฟอรัสมีมากที่สุดในอาหารสูตรโซเดียมไนเตรท คือ 0.41% ปริมาณคาร์โบไฮเดรทพบมากที่สุดในอาหารผสมยูเรีย คือ 16.44 % โดยแตกต่างทางสถิติกับอาหารผสมโพแทสเซียมไนเตรท และเยื่อใยพบสูงที่สุดในอาหารผสมยูเรีย เช่นเดียวกัน โดยมีปริมาณ 27.22% และมีความแตกต่างทางสถิติกับอาหารอีกทั้งสองสูตร ซึ่งจากการทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสูตรอาหารที่ทำให้สาหร่ายสร้างโปรตีนสูงและให้ผลผลิตมาก ดังนั้นอาหารผสมยูเรีย จึงเป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุด จึงทำการศึกษาการเลี้ยง *N. commune* ในอาหารที่ผสมยูเรียเป็นแหล่งไนโตรเจนในระดับ large scale โดยใช้สารเคมีในคุณภาพระดับการค้า (commercial

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

grade) เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิต รวมทั้งเพื่อทราบผลกระทบของอาหารที่ใช้เลี้ยงต่อคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย



ภาพที่ 4. ปริมาณคลอโรฟิลล์และน้ำหนักแห้งของ *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหารสูตร Bold's basal medium ที่มีแหล่งไนโตรเจนต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนาการของ *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหาร BBM ที่มีแหล่งไนโตรเจนต่างกัน

	แหล่งไนโตรเจน		
	โซเดียมไนเตรท	ยูเรีย	โพแทสเซียมไนเตรท
โปรตีน (%)	41.73±0.23^{A}	45.42±2.52^{A}	41.85±1.25^{A}
ไขมัน (%)	3.20±0.44^{A}	1.00±0.08^{B}	28.94±0.31^{C}
คาร์โบไฮเดรท (%)	16.15±1.00^{A}	16.44±1.94^{A}	6.78±1.11^{B}
เยื่อใย (%)	21.71±1.32^{A}	27.22±1.74^{B}	9.98±0.52^{C}
แคลเซียม (%)	0.27±0.07^{A}	0.67±0.12^{A}	0.54±0.20^{A}
ฟอสฟอรัส (%)	0.41±0.13^{A}	0.37±0.02^{A}	0.41±0.05^{A}
ความชื้น (moisture) (%)	3.85±0.15^{A}	3.14±0.43^{A}	3.50±0.15^{A}
เถ้า (ash) (%)	13.36±0.20^{A}	6.77±0.26^{B}	8.95±0.30^{C}

*ตัวอักษรในแถวแนวนอนเดียวกันที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (n=3, average± S.E.)

3. คุณค่าทางโภชนาการของ *N. commune* ที่เลี้ยงในระดับ large scale

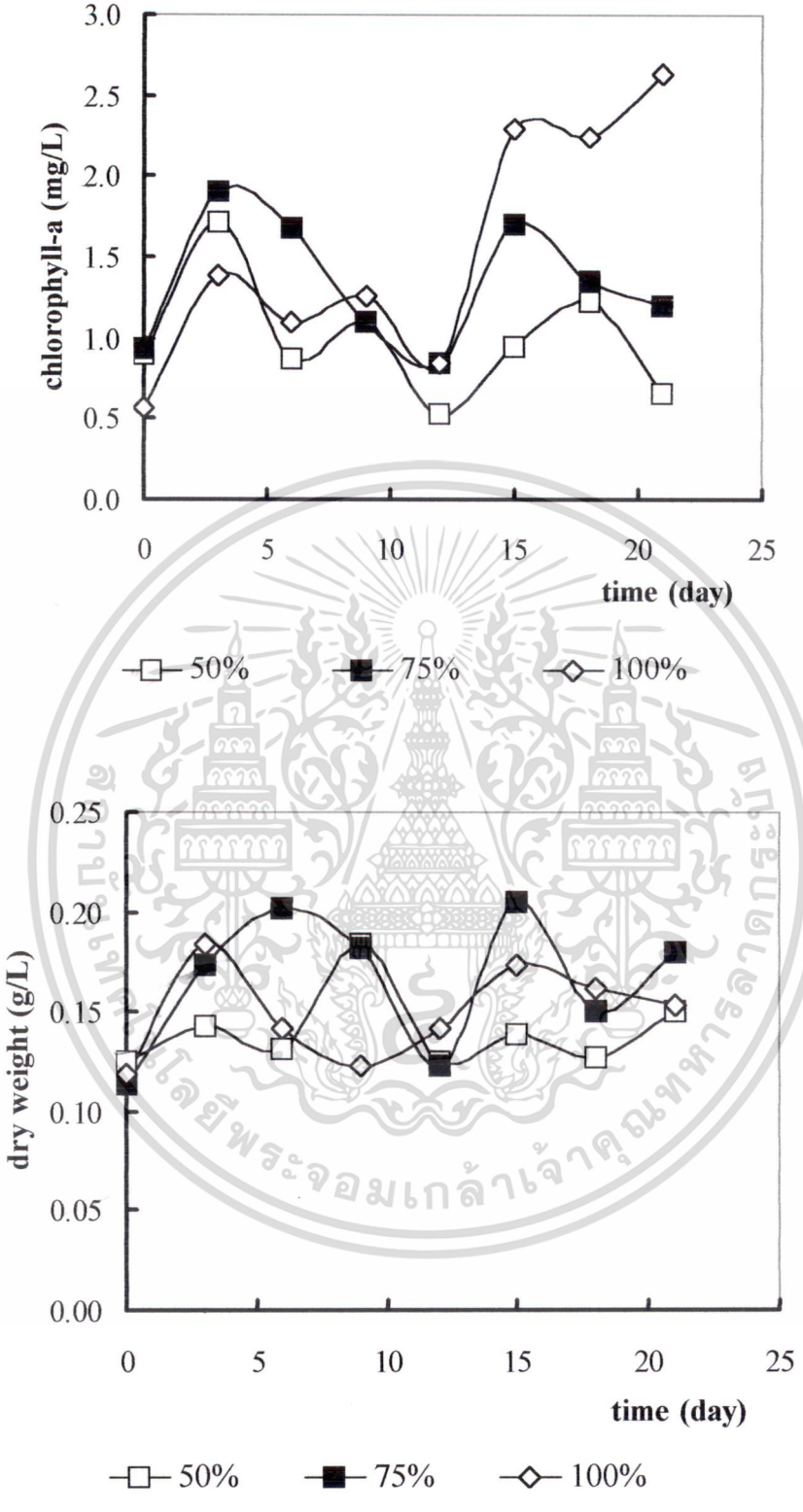
3.1 คุณค่าทางโภชนาการของ *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหารที่มีความเข้มข้นลดลงจากระดับปกติ

การทดลองเลี้ยง *N. commune* ในระดับ large scale โดยทดลองเลี้ยงในโหลแก้วขนาดความจุประมาณ 12 ลิตร เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการผลิตเพื่อการบริโภคระดับครัวเรือน โดยใช้อาหารสูตร BBM เป็นสูตรอาหารหลักและใช้ยูเรีย เป็นแหล่งไนโตรเจน และเลือกใช้สารเคมีระดับการค้าที่มีขายตามท้องตลาดทั่วไป เพื่อลดต้นทุนการผลิต และทำการผันแปรความเข้มข้นของอาหาร โดยใช้อาหารที่มีความเข้มข้น 50 75 และ 100% เพื่อศึกษาถึงปริมาณความเข้มข้นของอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายและหาวิธีการลดปริมาณการใช้สารเคมีเพื่อลดต้นทุนการผลิต โดยยังต้องคงคำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายและยังคงเจริญเติบโตได้ดี

การเลี้ยง *N. commune* ในอาหารเข้มข้นต่างกันทั้ง 3 ระดับพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ในอาหารที่เข้มข้น 100% มีปริมาณสูงที่สุดคือ 2.63±0.28 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีความแตกต่างทางสถิติกับอาหารเข้มข้น 75% และ 50% ส่วนปริมาณน้ำหนักแห้งของสาหร่ายนั้นพบว่าในอาหารที่เข้มข้นต่างกันทั้ง 3 ระดับไม่มีผลทำให้น้ำหนักแห้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารที่เข้มข้น 75% มีน้ำหนักแห้งสูงที่สุดคือ 0.18 กรัมต่อลิตร (ภาพที่ 5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ภาพที่ 5 ปริมาณคลอโรฟิลล์และน้ำหนักแห้งของ *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณความเข้มข้นแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

58907

การเลี้ยง *N. commune* ในระดับ large scale โดยใช้อาหารสูตร BBM ที่มียูเรียเป็นแหล่งไนโตรเจนและลดความเข้มข้นของอาหารที่ใช้เลี้ยงเป็น 3 ระดับคือ อาหารเข้มข้น 100% 75% และ 50% เพื่อศึกษาหาแนวทางในการลดต้นทุนการผลิต รวมถึงศึกษาผลกระทบต่อการลดปริมาณธาตุอาหารต่อคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย *N. commune* พบว่าการเลี้ยง *N. commune* ในอาหารที่มีความเข้มข้นลดลงเหลือเพียง 75% และ 50% นั้น ไม่ทำให้ปริมาณ ไขมัน เยื่อใย และแคลเซียมมีความแตกต่างทางสถิติกับ *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหารเข้มข้น 100% หรืออาหารที่ใช้เลี้ยงในสภาวะปกติ (ตารางที่ 3) แต่พบว่าคาร์โบไฮเดรทมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาสารอาหารลดลง

ปริมาณคาร์โบไฮเดรทใน *N. commune* มีปริมาณลดลงเมื่อความเข้มข้นของอาหารลดลง โดยปริมาณคาร์โบไฮเดรทของสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเข้มข้น 50% และ 75% มีค่าแตกต่างทางสถิติกับสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเข้มข้น 100% โดย *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหารเข้มข้น 50% มีคาร์โบไฮเดรทเหลือเพียง 13.50±0.15% สำหรับปริมาณเยื่อใยในสาหร่าย *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหารที่มีความเข้มข้นต่ำนั้นมีปริมาณสูงกว่าที่เลี้ยงในอาหารเข้มข้น 100% แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณฟอสฟอรัสใน *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหารที่เข้มข้นต่ำลงเหลือ 50% นั้นมีค่าใกล้เคียงกับที่เลี้ยงในอาหารเข้มข้น 100% ส่วนที่เลี้ยงในอาหาร 75% มีค่าต่ำลงเล็กน้อย

ปริมาณโปรตีนในอาหารที่ลดความเข้มข้นลงนั้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับอาหารเข้มข้น 100% แต่ที่อาหารเข้มข้น 50% มีปริมาณโปรตีนแตกต่างทางสถิติกับที่ 75% และพบว่า *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหารเข้มข้น 50% มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดคือ 50.70±0.36% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการลดความเข้มข้นของอาหารสูตร BBM ที่ใช้ยูเรียเป็นแหล่งไนโตรเจนลงจากเข้มข้น 100% เหลือ 75 และ 50% นั้นไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตสาหร่ายที่ได้ และไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีนเมื่อลดความเข้มข้นของอาหารลง และยังพบว่าปริมาณ แคลเซียม เยื่อใย ยังคงมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติกับอาหารที่เข้มข้นปกติ 100% แต่พบว่ามีผลทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรทลดลง เมื่อความเข้มข้นของอาหารลดลง

ตารางที่ 3 คุณค่าทางโภชนาการของ *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหารที่มีความเข้มข้นต่างกัน (หน่วย: ร้อยละของน้ำหนักแห้ง)

	ความเข้มข้นของอาหาร		
	50%	75%	100%
โปรตีน (%)	50.70±0.36 ^{A}	48.42±0.92 ^{B}	49.50±0.31 ^{AB}
ไขมัน (%)	0.68±0.07 ^{A}	1.08±0.46 ^{A}	0.81±0.11 ^{A}
คาร์โบไฮเดรท (%)	13.50±0.15 ^{A}	14.28±0.49 ^{A}	18.03±0.61 ^{B}
เยื่อใย (%)	18.36±0.21 ^{A}	18.29±0.20 ^{A}	17.06±0.18 ^{A}
แคลเซียม (%)	0.22±0.04 ^{A}	0.24±0.03 ^{A}	0.24±0.04 ^{A}
ฟอสฟอรัส (%)	4.01±0.04 ^{A}	3.40±0.06 ^{B}	3.84±0.09 ^{A}
เถ้า (ash) (%)	15.02±0.13 ^{A}	18.12±0.58 ^{B}	14.30±0.40 ^{A}

*ตัวอักษรในแถวแนวนอนเดียวกันที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (n=3, average± S.E.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 คุณค่าทางโภชนาการของ *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหารผสมนมสด

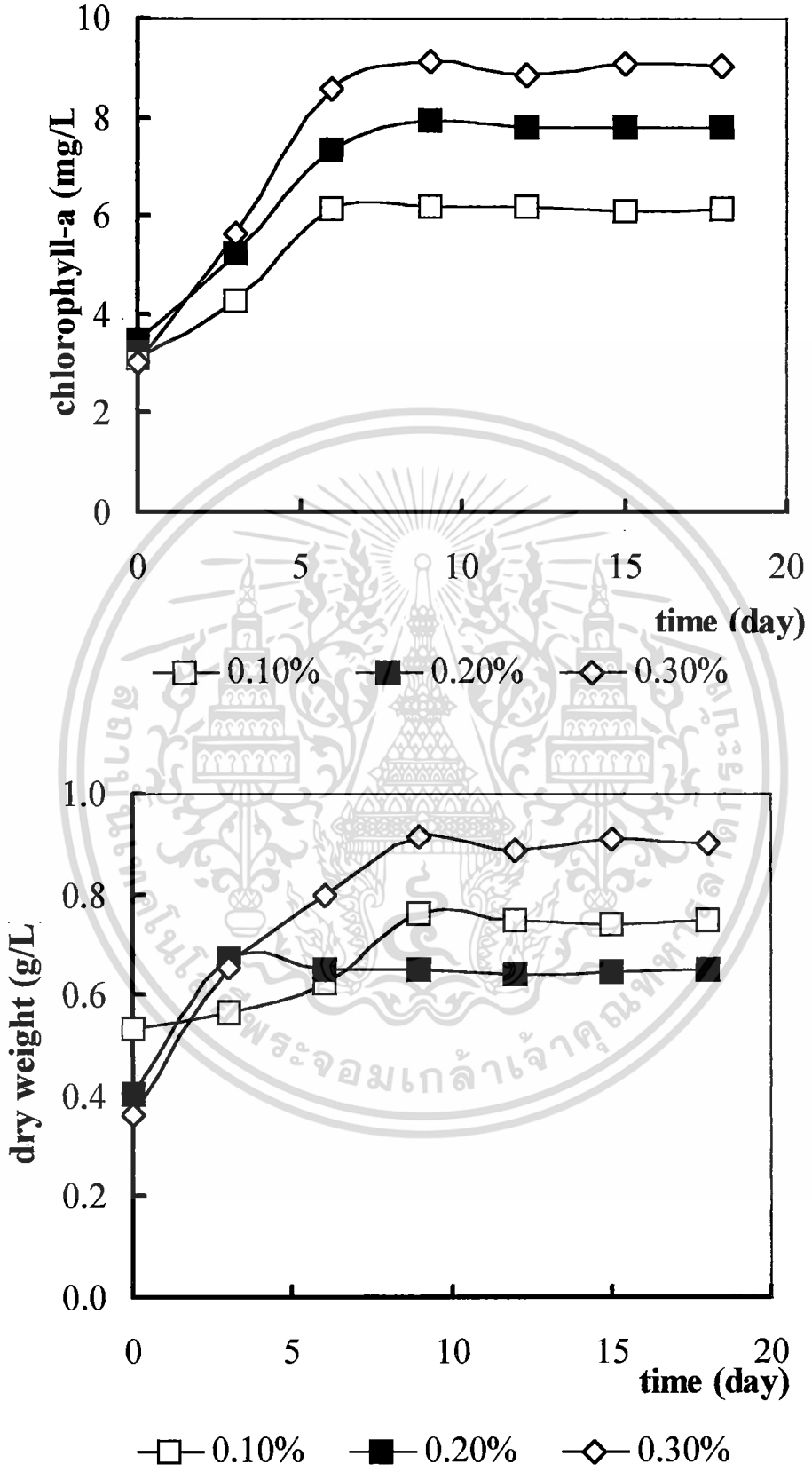
การทดลองเลี้ยง *N. commune* ในอาหารสูตรสำหรับเลี้ยงสาหร่ายสไปรูไลนาปริมาณมาก โดยใช้สารเคมีระดับคุณภาพเพื่อการค้าผสมกับนมสด โดยทำการทดลองเบื้องต้นผสมนมสดความเข้มข้น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5% ในอาหาร พบว่าที่ความเข้มข้น 0.4-0.5% นั้นทำให้สาหร่ายไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ส่วนที่ความเข้มข้น 0.1-0.3% นั้นการเจริญเติบโตไม่ต่างกันมากนัก จึงทำการทดลองในขั้นที่ 2 โดยเลี้ยง *N. commune* ในอาหารผสมนมสดความเข้มข้น 0.1 0.2 และ 0.3% และทำการศึกษาการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการ พบว่า *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหารผสมนม 0.3% มีปริมาณคลอโรฟิลด์สูงที่สุดตลอดการเลี้ยง โดยที่สิ้นสุดการเลี้ยงค่าเท่ากับ 9.03±0.71 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับความเข้มข้น 0.2 และ 0.3 % และพบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารผสมนม 0.3% ให้ปริมาณผลผลิตสาหร่ายสูงสุดเช่นเดียวกันคือ 0.9±0.10 กรัมต่อลิตร โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับ 0.1 และ 0.2% (ภาพที่ 6) โดยเมื่อพิจารณาคุณค่าทางโภชนาการพบว่า *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหารผสมนมสด 0.3% นั้นให้ปริมาณโปรตีนสูงที่สุด 45.13±0.11 และมีค่าแตกต่างทางสถิติกับ 0.2 และ 0.1 % (ตารางที่ 4) สำหรับปริมาณไขมันและคาร์โบไฮเดรทนั้นพบว่าสาหร่าย *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหารผสมนมสด 0.1% นั้นมีปริมาณสูงที่สุด เช่นเดียวกับปริมาณฟอสฟอรัส ส่วนปริมาณแคลเซียมและเยื่อใยของสาหร่ายนั้นมีปริมาณใกล้เคียงกัน โดยในอาหารที่มีความเข้มข้นของนมสดแตกต่างกันนั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งมีแนวโน้มว่าการเลี้ยงสาหร่ายในอาหารผสมนมสดนั้นจะมีผลต่อปริมาณโปรตีน ไขมันและคาร์โบไฮเดรทของสาหร่าย โดยอาหารที่ผสมนมในความเข้มข้นต่ำจะทำให้มีไขมันและคาร์โบไฮเดรทสูงกว่า สาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารผสมนมความเข้มข้นสูงแต่จะมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่า

ตารางที่ 4 คุณค่าทางโภชนาการของ *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหารผสมนมสด

	ความเข้มข้นของนมสด		
	0.1%	0.2%	0.3%
โปรตีน (%)	30.67±0.28^{A}	40.63±0.64^{B}	45.13±0.11^{C}
ไขมัน (%)	1.67±0.05^{A}	1.00±0.16^{B}	0.85±0.02^{B}
คาร์โบไฮเดรท (%)	22.28±0.57^{A}	19.34±0.93^{A}	15.37±1.11^{A}
เยื่อใย (%)	16.60±0.91^{A}	15.88±1.47^{A}	17.46±1.17^{A}
แคลเซียม (%)	2.17±0.16^{A}	2.17±0.15^{A}	1.83±0.15^{A}
ฟอสฟอรัส (%)	3.23±0.06^{A}	2.79±0.04^{B}	2.50±0.03^{C}
ความชื้น (moisture) (%)	9.19±0.04^{A}	7.70±0.06^{B}	7.72±0.11^{B}
เถ้า (ash) (%)	19.59±0.13^{A}	15.47±0.22^{AB}	13.48±0.21^{B}

*ตัวอักษรในแถวแนวนอนเดียวกันที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (n=3, average± S.E.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6 ปริมาณคลอโรฟิลด์และน้ำหนักแห้งของ *N. commune* ที่เลี้ยงในอาหารที่มีนมสดผสมในปริมาณความเข้มข้นแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าสาหร่าย *N. commune* นั้นมีคุณค่าทางโภชนาการที่สูง มีความสามารถใช้ทดแทนอาหารโปรตีนหลาย ๆ ประเภทได้ เมื่อพิจารณาจากปริมาณโปรตีนพบว่า *N. commune* มีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 29.34-50.7% ขึ้นอยู่กับสูตรอาหารและสภาพปัจจัยภายนอกในการเลี้ยง และเมื่อเปรียบเทียบกับ *N. commune* ในธรรมชาตินั้นพบว่าในการเพาะเลี้ยงครั้งนี้ให้ปริมาณโปรตีนสูงกว่ามาก โดยในธรรมชาติมีโปรตีนเพียง 20.26% (อาภารัตน์ และคณะ, 2546) ทั้งนี้เนื่องมาจากการนำมาเลี้ยงในระดับห้องปฏิบัติการหรือระดับมหภาคนั้นเน้นการเพิ่มผลผลิตจึงมีการให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายอย่างเพียงพอ ทำให้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตที่ดีและมีสารที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์โปรตีนหรืออาหารสะสมประเภทอื่น ๆ อย่างเพียงพอ จึงมีการสร้างธาตุอาหารต่าง ๆ ขึ้นในเซลล์สาหร่ายในปริมาณมาก แต่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโปรตีน กับ *Spirulina* ซึ่งมีโปรตีนอยู่มากถึง 69.5-71% (เจียมจิตต์, 2531) นั้นปริมาณโปรตีนของ *N. commune* ยังต่ำกว่าค่อนข้างมาก แต่มีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกับ *Chlorella* ซึ่งมีปริมาณโปรตีน 40-56% (โอภาส, 2533) ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงคุณค่าทางโภชนาการโดยเฉพาะปริมาณโปรตีนแล้วพบว่า *N. commune* สามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนอาหารหลาย ๆ ประเภทได้เช่น ถั่วเหลือง ถั่วเขียว งา ไข่เป็ด ซึ่ง *N. commune* ให้ปริมาณโปรตีนที่สูงกว่าและสามารถเพาะเลี้ยงไว้บริโภคได้เองในครัวเรือนโดยใช้พื้นที่เพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับพื้นที่ที่ใช้ปลูกพืช

ต้นทุนความเป็นไปได้ในการเพาะเลี้ยง *N. commune* ที่เลี้ยงในระดับนอกห้องปฏิบัติการในอาหารสูตร BBM ที่มียูเรียเป็นแหล่งไนโตรเจน และการเพาะเลี้ยง *N. commune* ในอาหารสูตรที่ใช้เลี้ยงสไปรูไลนาในระดับนอกห้องปฏิบัติการผสมนมสด 3 % อยู่ที่ประมาณ 10 บาทต่อลิตร แต่การเลี้ยงในอาหารสูตรเลี้ยงสไปรูไลน่าจะมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้อาหารสูตร BBM ที่มียูเรียเป็นแหล่งไนโตรเจน เนื่องจากในสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงสไปรูไลนามีการใช้ชนิดของสารเคมีน้อยกว่าซึ่งง่ายต่อการเตรียมเพื่อใช้เลี้ยง *N. commune* ต่อไป และจากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายในอาหารสูตรดังกล่าวเปรียบเทียบกับผลจากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายในอาหารสูตร BBM ยังมีค่าใกล้เคียงกันอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

สาหร่าย *N. commune* เป็นสาหร่ายที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะปริมาณโปรตีน ไขมัน โดยการเลี้ยงแบบไม่ให้ฟองอากาศจะทำให้สาหร่ายที่ผลิตได้มีความสวยงาม น่ารับประทาน แต่ผลผลิตมีปริมาณน้อย การเลี้ยงแบบให้ฟองอากาศจะทำให้ผลผลิตสาหร่ายดูไม่น่ารับประทาน แต่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ให้ผลผลิตสาหร่ายมากขึ้น การทดลองเลี้ยงในอาหาร 3 สูตรคือ BG-11, N-free medium และ BBM พบว่าสูตรอาหาร BBM ให้ปริมาณโปรตีนสูงที่สุด จากนั้นทำการผันแปรหาแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสม 3 แหล่งคือ โซเดียมไนเตรท โพแทสเซียมไนเตรท และยูเรีย พบว่ายูเรียเป็นแหล่งที่ทำให้ *N. commune* มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด และยังช่วยเพิ่มปริมาณคาร์โบไฮเดรทและเยื่อใย ในขั้นตอนการผลิตในระดับการเลี้ยงขนาดใหญ่ โดยเน้นเพื่อการเลี้ยงในระดับครัวเรือนในโหลความจุ 12 ลิตร โดยใช้ยูเรียเป็นแหล่งไนโตรเจน และลดความเข้มข้นของอาหารลง พบว่าการลดปริมาณอาหารลงเหลือ 50% หรือ 75% ไม่มีผลต่อผลผลิตของสาหร่าย และปริมาณโปรตีนที่ได้มีค่าไม่แตกต่างจากอาหารเข้มข้น 100% ดังนั้นการใช้อาหารความเข้มข้นต่ำในการเลี้ยงจะทำให้สามารถลดต้นทุนในการผลิตได้โดยไม่ทำให้ผลผลิตหรือคุณค่าทางอาหารลดลง การทดลองเลี้ยงโดยใช้นมสดผสมในอาหารสูตรที่ใช้เลี้ยงสไปรูไลนาในปริมาณ 0.1 0.2 และ 0.3% พบว่าทั้งสามความเข้มข้นไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโตแตกต่างกัน โดยที่การผสมนมสด 0.3% จะทำให้ได้ผลผลิตสูงที่สุด และให้ปริมาณโปรตีนสูงสุดเช่นกัน

ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงคุณค่าทางโภชนาการโดยเฉพาะปริมาณโปรตีนแล้วพบว่า *N. commune* สามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนอาหารหลาย ๆ ประเภทได้ ซึ่ง *N. commune* ให้ปริมาณโปรตีนที่สูงกว่าพืชผัก หลาย ๆ ชนิด และสามารถเพาะเลี้ยงไว้บริโภคได้เองในครัวเรืองโดยใช้พื้นที่เพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับพื้นที่ที่ใช้ปลูกพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

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

เจษฎา ทิพยะสุขศรี อุษา กลิ่นหอม มยุรี ตั้งธนานุวัฒน์ และอาภารัตน์ มหาขันธ์. 2546. การศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของ "สาหร่ายเห็ดลาบ" (*Nostoc commune*, Cyanophyta). การประชุม วิชาการสาหร่าย และ แพลงก์ตอนแห่งชาติ. ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เจียมจิตต์ บุญสม. 2531. ความลับของสาหร่ายเกลียวทอง. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

บานชื่น ชลสวัสดิ์. 2532. การใช้สาหร่ายเกลียวทองสดเป็นส่วนประกอบของอาหารผสมสำหรับเลี้ยงปลาตะเพียนขาวและปลาดุกอุย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 78 หน้า.

สุพัตรา จันทร์ศิริโพธา. 2533. คุณค่าทางโภชนาการบางประการของสาหร่าย *Spirulina platensis* ที่เลี้ยงในน้ำกากส่าเหล้า. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อาภารัตน์ มหาขันธ์ อุษา กลิ่นหอม มยุรี ตั้งธนานุวัฒน์ เจษฎาทิพยะสุขศรี และ วัชรี กัลยาลัง. 2546. วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากสาหร่ายเห็ดลาบ (*Nostoc commune*, Cyanophyta). การประชุมวิชาการประจำปี BRT.

โอภาส วิชชุไตรภพ. 2533. ผลของสาหร่าย *Spirulina* spp. ที่มีผลต่อการเติบโตและการเกิดสีของนกกระทาพันธุ์ญี่ปุ่น (*Coturnix coturnix* japonica). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 112 น.

AOAC. 1995. Offical Methods of Analysis of AOAC International. 16th Edition. AOAC International. U.S.A.

Chatterjee S., Asthana R.K., Tripathi A.K. and Singh S.P.. 1996. Metal Removal by Selected Sorbents. *Process Biochemistry*. 31(5): 457-462.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kajiyama S., Kanzaki H., Kawazu K., and Kobayashi A. 1998. Nostofungicidine, an Antifungal Lipopeptide from the Field-grown Terrestrial Blue-green Alga *Nostoc commune*. *Tetrahedron Letters*. 39: 3737-3740.

Painter T.J.. 1995. Biofertilizers: exceptional calcium binding affinity of a sheath proteoglycan from the blue-green soil alga *Nostoc calcicola*. *Carbohydrate Polymers*. 26: 231-233.

Reis A., Mendes A., Lobo-Fernandes H., Empis J.A. and Novais J.M. 1998. Production, Extraction and Purification of Phycobiliproteins from *Nostoc* sp. *Bioresource Technology*. 66 : 181-187.

Svircev (Obreht) Z., Tamas I., Nenin P., and Drovbac. 1997. Co-cultivation of N_2-fixing cyanobacteria and some agriculturally important plants in liquid and sand cultures. *Applied Soil Ecology*. 6 : 301- 308.

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

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

Thorsteinsson M.V., Bevan D.R., Ebel R.E., Weber R.E. and Potts M.. 1996. Spectroscopical and functional characterization of the hemoglobin of *Nostoc commune* UTEX 584 (Cyanobacteria). *Biochimica et Biophysica Acta*. 1292:133-139.

Vyas D. and Kumar H.D.. 1995. Nitrogen fixation and hydrogen uptake in four cyanobacteria. *Int. J. Hydrogen Energy*. 20(2):163-168.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

อาหารสูตร Bold's basal medium ที่มียูเรียเป็นแหล่งไนโตรเจน

ส่วนประกอบ	ความเข้มข้น (กรัมต่อลิตร)
Urea ($(NH_2)_2CO$)	0.0883
$MgSO_4.7H_2O$	0.075
NaCl	0.025
K_2HPO_4	0.075
KH_2PO_4	0.175
$CaCl_2.2H_2O$	0.025
H_3BO_3	0.0114
EDTA-KOH solution	
$EDTANa_2$	0.05
KOH	0.031
$FeSO_4.7H_2O$	0.00498
Conc H_2SO_4	0.001 มิลลิลิตร
Trace element solution	1 มิลลิลิตร
น้ำกลั่น/น้ำประปา	1 ลิตร
Trace element solution	มิลลิกรัม/ลิตร
$ZnSO_4.7H_2O$	8.82
$MnCl_2.4H_2O$	1.44
MoO_3	0.71
$CuSO_4.5H_2O$	1.57
$Co(NO_3)_2.6H_2O$	0.49

อาหารสูตรเลี้ยงสไปรูไลนาปริมาณมาก

ส่วนประกอบ	ความเข้มข้น (กรัมต่อลิตร)
$NaNO_3$	0.15
Na_2HPO_4	0.03
$NaHCO_3$	1
นมสด	30 มิลลิลิตร
น้ำประปา	1 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้