

การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Chlorella* sp. แบบเฮเทอโรโทรฟด้วยน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน

Cultivation of *Chlorella* sp. in Heterotrophic system by Vermicompost Tea

ชรินทร์ ขอพิง (Charin khorpueng)* ดร. สาวิตรี จันทรานุกรักษ์ (Dr. Sawitri chuntranuluck)**

พีรพงษ์ เชาวนพงษ์ (Peerapong chaowanapong)***

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Chlorella* sp. แบบเฮเทอโรโทรฟด้วยน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ที่ผลิตจากปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน เพื่อทดแทนอาหารสังเคราะห์สูตร N8 และทำการเปรียบเทียบปริมาณไขมันในสาหร่ายระหว่างการเลี้ยงด้วยน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน อาหารสังเคราะห์สูตร N8 อาหารสังเคราะห์สูตร N8 ผสมกลูโคส และอาหารสังเคราะห์สูตร N8 ผสมกากน้ำตาล ที่อุณหภูมิห้อง บนเครื่องเขย่า 200 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 15 วัน จากการทดลองพบว่า การเลี้ยงสาหร่ายด้วยอาหารสังเคราะห์สูตร N8 ผสมกลูโคส ให้ผลผลิตดีที่สุดในแง่ของค่าความเข้มข้นเซลล์สูงสุด ปริมาณของไขมัน และอัตราการผลิตไขมันเชิงปริมาตร เท่ากับ 2.95 กรัมต่อลิตร 0.35 กรัมต่อลิตร และ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ รองลงมาคือ การเลี้ยงสาหร่ายด้วยน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ให้ค่าความเข้มข้นเซลล์สูงสุด ปริมาณของไขมัน และอัตราการผลิตไขมันเชิงปริมาตร เท่ากับ 2.80 กรัมต่อลิตร 0.23 กรัมต่อลิตร และ 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ

ABSTRACT

The objective of this study was to cultivate *Chlorella* sp. in heterotrophic system using vermicompost tea culture media (made from vermicompost) to substitute the synthesis N8 media. The comparison (based on lipid production) were made between vermicompost tea, N8 media, N8 media with 0.45 g/L glucose, and N8 media with 0.45 g/L molasses under conditions: shaking at 200 rpm/min, at room temperature, for 15 days. The cultivation of N8 media mixed glucose gave highest value it was found that the highest cell concentrations, volumetric production rate of biomass and lipid were 2.95 g/L, 0.35 and 0.01 mg/L h respectively. It was found that the vermicompost tea gave highest cell concentrations, volumetric production rate of biomass and lipid were 2.80 g/L, 0.23 and 0.005 mg/L h respectively.

คำสำคัญ: น้ำหมักมูลไส้เดือน การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Chlorella* sp. เฮเทอโรโทรฟ

Key Words: Vermicompost tea, Cultivation of *Chlorella* sp., Heterotrophic system

* นิสิต หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

** รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*** นักวิชาการเกษตรชำนาญการ กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

สาหร่าย *Chlorella* sp. สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ มากมาย เช่น ด้านการเกษตร ด้านเวชภัณฑ์และเครื่องสำอาง อาหารเสริมต่างๆ และพลังงานทดแทน เช่น ไบโอดีเซล เพื่อทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล อย่างไรก็ตามการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Chlorella* sp. ด้วยอาหารสังเคราะห์ที่มีต้นทุนสูง ศิริพร และคณะ (2553) พบว่า น้ำเสียจากบ่อหมัก น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารและบ้านเรือน รวมทั้งน้ำหมักจากมูลสัตว์ต่างๆ มีศักยภาพในการนำมาปรับปรุงเป็นสูตรอาหารต้นทุนต่ำสำหรับเพาะเลี้ยงสาหร่ายได้

ในการทำน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน จากปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* ชรินทร์ และคณะ (2557) พบว่า น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ที่ผลิตจากปุ๋ยหมักจากมูลไส้เดือนดินสูตรมูลโคผสมกากถั่วเหลืองในอัตราส่วน 3:1 ให้ค่าปริมาณธาตุอาหารสูงที่สุดในช่วงสัปดาห์ที่ 8 ในงานวิจัยครั้งนี้จะใช้น้ำหมักดังกล่าว ในฐานะเป็นอาหารธรรมชาติ มาเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Chlorella* sp. เพื่อการผลิตไขมัน โดยทำการเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้ระหว่างการเลี้ยงด้วยน้ำหมักมูลไส้เดือนดินอาหารสังเคราะห์สูตร N8 อาหารสังเคราะห์สูตร N8 ผสมกลูโคส และอาหารสังเคราะห์สูตร N8 ผสมกากน้ำตาล

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Chlorella* sp. แบบเฮเทอโรทรอปด้วยน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ที่ผลิตจากปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน เพื่อทดแทนอาหารสังเคราะห์สูตร N8 และทำการเปรียบเทียบปริมาณไขมันในสาหร่ายระหว่างการเลี้ยงด้วยน้ำหมักมูลไส้เดือนดินอาหารสังเคราะห์สูตร N8 อาหารสังเคราะห์สูตร N8 ผสมกลูโคส และอาหารสังเคราะห์สูตร N8 ผสมกากน้ำตาล

วิธีการวิจัย

วัตถุดิบ

- น้ำหมักมูลไส้เดือนดินที่ผลิตจากไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* สูตรมูลโคผสมกากถั่วเหลือง ผลิตตามวิธีของ ชรินทร์ และคณะ (2557)

- สาหร่าย *Chlorella* sp. TISTR 8263 ได้รับการอนุเคราะห์จาก สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

การเตรียมน้ำหมักมูลไส้เดือนและอาหารสังเคราะห์

อาหาร 4 สูตรที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย มีดังนี้

สูตร A : อาหารสังเคราะห์ N8

สูตร B : อาหารสังเคราะห์ N8 ผสม Glucose 0.45 กรัมต่อลิตร

สูตร C : อาหารสังเคราะห์ N8 ผสม Molasses 0.45 กรัมต่อลิตร

สูตร D : น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในน้ำหมักมูลไส้เดือนดินและอาหารสังเคราะห์

นำอาหารสังเคราะห์และน้ำหมักมูลไส้เดือนดินดังกล่าว ไปวิเคราะห์ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณไนโตรเจน ทั้งหมดด้วย Kjeldahl Method, ปริมาณไนเตรท ปริมาณ ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้ด้วย Spectrophotometric Molybdovanado Phosphate Method ปริมาณ โปแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ด้วย Flame Photometric Method (กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี, 2551) โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอาหารสูตร A, B, C, D โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ ระดับ ความเชื่อมั่น 95%

การเตรียมกล้าเชื้อสาหร่าย

ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Chlorella* sp. แบบมิกโซทรอป ในอาหารสังเคราะห์สูตร N8 ภายใต้สภาวะ

ความเข้มแสง 4,000 ลักซ์ ช่วงสว่าง : ช่วงมืด เป็น 12 : 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อสาหร่ายเจริญเติบโตเต็มที่ เก็บตัวอย่าง เพื่อนำไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเพื่อผลิตไขมัน

ถ่ายกล้ำเชื้อ สาหร่าย *Chlorella* sp. 15 เปอร์เซ็นต์ ลงในอาหารสูตร A, B, C และ D ทำการเพาะเลี้ยงแบบเฮเทอโรทรอป ในฟลาสก์ขนาด 500 มิลลิลิตร ปริมาตร 300 มิลลิลิตร ภายใต้สภาวะมืด ที่อุณหภูมิห้อง อัตราการเขย่า 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 วัน ศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายโดยวัดจากน้ำหนักเซลล์แห้ง (Dry weight cell) และปริมาณไขมันของสาหร่าย (โยธกา, 2555)

การวิเคราะห์ปริมาณไขมันของสาหร่าย
(โยธกา, 2555)

นำตัวอย่างสาหร่ายปริมาตร 20 มิลลิลิตร ไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 3500 รอบต่อนาที นาน 10 นาที แล้วล้างเซลล์ด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง เติมน้ำกลั่น 0.8 มิลลิลิตร เมทานอล 2 มิลลิลิตร และคลอโรฟอร์ม 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ทำให้เซลล์แตกด้วยเครื่องอัลตราโซนิค (ยี่ห้อ Elma รุ่น S30H; เฮอร์มัน) เป็นระยะเวลา 15 นาที เติมน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 3500 รอบต่อนาที นาน 10 นาที ดูดสารละลายส่วนบนทิ้ง เก็บส่วนของเหลวชั้นล่างคือ คลอโรฟอร์มและไขมัน นำของเหลวส่วนที่เหลือไปสกัดซ้ำจนกระทั่งของเหลวที่สกัดได้ไม่มีสี นำสารละลายที่สกัดได้รวมกัน กรองผ่านกระดาษกรอง (Whatman GF/C) ที่ชุ่มด้วยคลอโรฟอร์มลงในภาชนะที่ทราบน้ำหนักแล้ว อบภาชนะและตัวอย่างที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง และคำนวณหาปริมาณของไขมันจากสมการ

$$C_p = (W_1 - W_0) / V \times 10^3$$

โดย W_0 คือ น้ำหนักภาชนะใส่ตัวอย่าง
 W_1 คือ น้ำหนักภาชนะกับตัวอย่าง
 V คือ ปริมาตรตัวอย่าง

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบธาตุอาหารทางเคมีระหว่างอาหารทั้ง 4 สูตร พบว่าน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ N, P และ K สูงที่สุด

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารทางเคมีในอาหาร 4 สูตร

Parameters	Treatment			
	A	B	C	D
pH	6.66±1.0 ^a	6.67±1.0 ^a	6.55±1.0 ^a	6.85±1.0 ^a
Total Nitrogen (%)	0.01±0.3 ^c	0.02±0.5 ^{bc}	0.05±1.0 ^b	0.20±1.0 ^a
Nitrate (%)	0.03±1.0 ^a	0.03±0.5 ^a	0.02±1.0 ^a	0.02±1.0 ^a
Soluble Phosphorous (%)	0.06±0.7 ^a	0.10±1.0 ^b	0.09±1.0 ^c	0.66±1.0 ^d
Soluble Potassium (%)	0.14±1.0 ^c	0.16±1.0 ^c	0.20±1.0 ^b	0.37±1.0 ^d

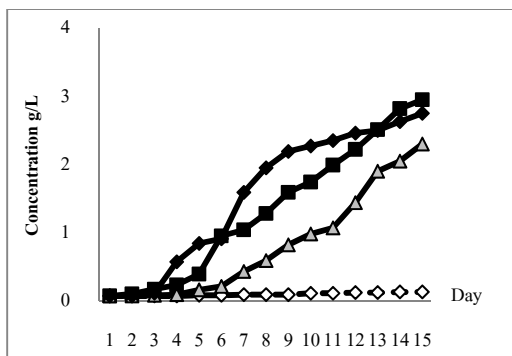
Remark: (1) ^{a, ab, b, c, d} Different letters in each row indicate a statistically significant difference at p<0.05.

(2) The experiment was done in 3 replications

การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Chlorella* sp. แบบเฮเทอโรทรอป

ภาพที่ 1 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Chlorella* sp. เมื่อเลี้ยงในอาหารทั้ง 4 สูตร ในที่มืด ภายใต้อุณหภูมิห้อง บนเครื่องเขย่า 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 วัน โดยวัดจากน้ำหนักเซลล์แห้ง (Dry Weight Cell) จากกราฟ พบว่าในช่วง 1-3 วันแรกของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งเป็นช่วงที่เซลล์สาหร่ายมีการเจริญเติบโตในระยะ

ปรับตัว (Adaptation Phase) แสดงว่าสาหร่ายมีความสามารถปรับสภาพกับอาหารได้ดี (Guerrero et al., 1999) ในช่วงวันที่ 4-15 พบว่าสาหร่ายมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (ยกเว้นอาหารสังเคราะห์สูตร N8) มีการแบ่งตัวและเพิ่มจำนวนเซลล์อย่างทวีคูณ (Log Phase) ความเข้มข้นเซลล์สูงสุดอยู่ในช่วง 2.5-2.95 กรัมต่อลิตร ลัดดา (2539) รายงานว่าถ้าสาหร่ายสามารถเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันแรกของการเพาะเลี้ยง แสดงว่าสาหร่ายสามารถปรับตัวต่ออาหารเลี้ยงเชื้อได้ดี หลังการเพาะเลี้ยงผ่านช่วงการเพิ่มขึ้นของเซลล์ระยะทวีคูณแล้ว สาหร่ายจะเข้าสู่ช่วงการเจริญแบบคงที่ (Stationary Phase) การที่สาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตน้อยมาก ในอาหารสังเคราะห์สูตร N8 (ภาพที่ 1) เนื่องจากอาหารสังเคราะห์สูตร N8 มีปริมาณธาตุอาหาร (แหล่งคาร์บอน) น้อยกว่าในอาหารสูตรอื่น โดยพิจารณาจากปริมาณธาตุอาหารหลัก N, P, K ดังตารางที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ขวัญกมล, วันวิสาข์ (2556) พบว่าสารอาหารที่มีอยู่ในน้ำเสียมีปริมาณธาตุอาหาร N และ P น้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณธาตุอาหารที่สาหร่ายต้องการจึงส่งผลให้สาหร่ายที่ทำการเพาะเลี้ยงมีมวลและ



ภาพที่ 1 แสดงอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Chlorella* sp. เมื่อเลี้ยงในอาหารทั้ง 4 สูตรในที่มืด ภายใต้อุณหภูมิห้อง บนเครื่องเขย่า 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 วัน (◆) น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน (◇) อาหาร

สังเคราะห์สูตร N8 (■) อาหารสังเคราะห์สูตร N8 ผสมกลูโคส (▲) และอาหารสังเคราะห์สูตร N8 ผสมกากน้ำตาล อัตราการเจริญเติบโตต่ำ ดังนั้นเมื่อนำเซลล์สาหร่ายไปสกัดไขมันส่งผลให้ปริมาณไขมันที่ได้น้อยตามไปด้วย

การวิเคราะห์ปริมาณไขมันของสาหร่าย

Chlorella sp.

จากตารางที่ 2 พบว่า อาหารสังเคราะห์สูตร N8 ผสมกลูโคส (สูตร B) ให้ปริมาณของไขมัน และอัตราการผลิตไขมันเชิงปริมาตร สูงที่สุด เป็น 0.35 กรัมต่อลิตร และ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ รองลงมาคืออาหารสังเคราะห์สูตร N8 ผสมกากน้ำตาล (สูตร C) มีปริมาณของไขมัน และอัตราการผลิตไขมันเชิงปริมาตร เป็น 0.26 กรัมต่อลิตร และ 0.009 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน (สูตร D) ให้ปริมาณของไขมัน และอัตราการผลิตไขมันเชิงปริมาตร เป็น 0.23 กรัมต่อลิตร และ 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ในขณะที่อาหารสังเคราะห์สูตร N8 (สูตร A) ให้ปริมาณของไขมัน และอัตราการผลิตไขมันเชิงปริมาตรต่ำที่สุด คือ 0.03 กรัมต่อลิตร และ 0.0003 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ

สาเหตุที่ปริมาณไขมันของสาหร่ายในอาหารสังเคราะห์สูตร N8 ผสมกลูโคส (สูตร B) ให้ค่าสูงสุดเนื่องจากในอาหารสังเคราะห์สูตร B มีน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเป็นแหล่งพลังงานและแหล่งคาร์บอน ที่สาหร่ายสามารถดูดซึมและนำไปใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึมในกิจกรรมของเซลล์ได้เลย โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการย่อยให้เป็น โมเลกุลขนาดเล็ก ซึ่งต่างจากอาหารสูตร C และสูตร D ที่ประกอบด้วย น้ำตาลโมเลกุลขนาดใหญ่ จึงจะต้องผ่านการย่อยสลายให้เป็น โมเลกุลขนาดเล็ก ก่อนนำไปใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึมของเซลล์ต่อไปได้ เมื่อสาหร่ายย่อยสลายน้ำตาลให้เป็น โมเลกุลขนาดเล็กแล้วนั้น ทำให้สาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตใกล้เคียง

กับอาหารสังเคราะห์สูตร B ได้ในภายหลัง ส่วนอาหารสูตร A สาหร่ายจะมีอัตราการเจริญเติบโตที่ค่อนข้างช้าและคงที่ เนื่องจากอาหารสังเคราะห์สูตร A เซลล์สาหร่ายอยู่ในสภาวะหรือมีแหล่งอาหารที่ไม่สามารถนำไปใช้หรือใช้ได้เล็กน้อยเกินกว่าที่เซลล์สาหร่ายจะสามารถเก็บสะสมในรูปไขมันในเซลล์ได้ (Huang et al., 2010)

ตารางที่ 2 พารามิเตอร์ของการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Chlorella* sp. แบบเฮเทอโรโทรฟในอาหารทั้ง 4 สูตร

Parameter	Treatment			
	A	B	C	D
Initiate cell concentration (g/L)	0.07± 0.8 ^a	0.07± 0.8 ^a	0.07± 0.8 ^a	0.07± 0.8 ^a
Highest cell concentration (g/L)	0.14± 0.00 ^d	2.95± 0.01 ^a	2.50± 0.01 ^c	2.80± 0.01 ^b
Growth rate (g/L/d)	0.002± 0.004 ^c	0.115± 00a	0.097± 001 ^b	0.109± 0.00 ^b
Concentration lipid (C _{pg/L})	0.03± 0.15 ^c	0.35± 0.01 ^a	0.26± 0.01 ^b	0.23± 1.2 ^b
Volumetric production rate of lipid (Q _{lipid})	0.0003± 0.00 ^d	0.010± 0.00 ^a	0.009± 0.00 ^b	0.005± 0.00 ^c

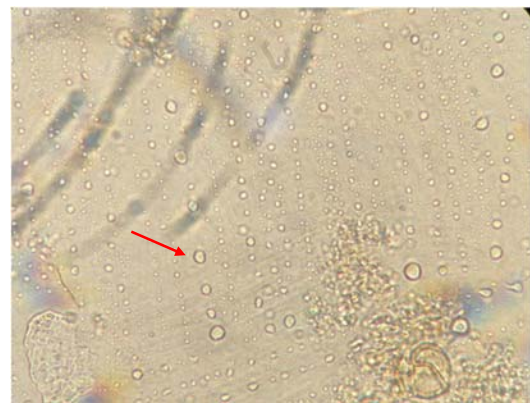
Remark: (1) ^{a, ab, b, c, d} Different letters in each row indicate a statistically significant difference at p<0.05.

(2) The experiment was done in 3 replications

การวิเคราะห์พารามิเตอร์ของการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Chlorella* sp.

จากตารางที่ 2 พบว่าอาหารสูตร B และสูตร D ให้ความเข้มข้นเซลล์สูงสุด และ อัตราการเจริญของสาหร่ายใกล้เคียงกัน

ภาพที่ 2 แสดงลักษณะของเซลล์สาหร่าย *Chlorella* sp. ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 1000 เท่า ที่เพาะเลี้ยงด้วยน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน (อาหารธรรมชาติสูตร D) พบว่าเซลล์สาหร่าย *Chlorella* sp. มีสีค่อนข้างใสเหลือง ภายในจะประกอบด้วยของเหลวใส มีปริมาณเม็ดสีและรงควัตถุที่ใช้ในการสังเคราะห์แสงน้อย ซึ่งสอดคล้องกับ Chapman, Chapman (1977) ที่กล่าวว่าประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของเซลล์ *Chlorella* sp. ลดลงเมื่อเลี้ยงในที่มืด



ภาพที่ 2 ลักษณะของเซลล์สาหร่าย *Chlorella* sp. ที่เพาะเลี้ยงด้วยน้ำหมักมูลไส้เดือนดินแบบเฮเทอโรโทรฟภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 1000 เท่า

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Chlorella* sp. แบบเฮเทอโรโทรฟด้วยอาหารทั้ง 4 สูตร พบว่าน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน (สูตร D) ให้ผลผลิตใกล้เคียงกับอาหารสังเคราะห์สูตร N8 ผสมกลูโคส (สูตร B) จึงสามารถใช้ทดแทนอาหารสังเคราะห์ได้การใช้หมักมูลไส้เดือนดิน เป็นสารอาหาร จึงเป็นการลดต้นทุนในการผลิตในขณะเดียวกันยังเป็นการกำจัดขยะอินทรีย์ และได้ไส้เดือนเป็นผลพลอยได้ แต่การที่จะให้ประสิทธิผลดีที่สุดจะต้องมีการเติมแหล่งคาร์บอนลงไปในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ที่อนุเคราะห์สาหร่าย *Chlorella* sp. TISTR 8263 และขอขอบคุณ กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร ที่ได้อนุเคราะห์สารเคมี อุปกรณ์ เครื่องมือ และห้องปฏิบัติการในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. คู่มือวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร; 2551.

ขวัญกมล พรหมมา, วันวิสาข์ ทองอินทร์. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายน้ำมันด้วยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว. [ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม]. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2556.

ชรินทร์ ขอพึง, สาวิตรี จันทรานุกรักษ์, พีระพงษ์ เชาวนพงษ์. การผลิตน้ำมันกมุลไส้เดือนดินเพื่อเลี้ยงสาหร่าย *Chlorella* sp. : | ระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมันกมุลไส้เดือนดิน. ใน: อุษาวดี ดันติวานุกรักษ์, บรรณาธิการ. การประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 6; วันที่ 20-21 มีนาคม 2557; คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา; 2557. หน้า 319.

โยธยา ปัชชา. การหาสภาวะที่เหมาะสมของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กแบบเฮเทอโรโทรฟเพื่อผลิตไบโอดีเซล. [ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ]. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2555.

ลัดดา วงศ์รัตน์. คู่มือการเลี้ยงแพลงก์ตอน. กรุงเทพฯ: คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2539.

ศิริพร ชูเชิด, ขจรเกียรติ ศรีนวลสม, สิทธิชัย พัฒนเกียรติชีวิน, จงกล พรหมยะ, บัญญัติ มนเทียรอาสน์, ศิริเพ็ญ ไชยาพร. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา (*Spirulina platensis*) ในสูตรอาหารน้ำหมักต้นทุ่นต่ำ. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง 2553; 4 (2): 26-33.

Chapman, L. J., J. P. Chapman. Selection of subjects in studies of schizophrenic cognition. *Psychology* 1977; 86: 10–15.

Guerrero, L., F. Omil, R. Mendez, J.M. Lema. Anaerobic hydrolysis and acidogenesis of wastewaters from food industries with high content of organic solids and protein. *Water Res* 1999; 33 (15): 3250-3281.

Horikoshi, T., A. Nakajima, T. Sakaguchi. Accumulation of uranium by *Chlorella* cells grown under autotrophic, heterotrophic and mixotrophic culture conditions. *Agaric BioChem* 1981; 45: 781-783.

Huang, G.H., C. Feng, W. Dong, Z. XueWu, C. Gu. Biodiesel production by microalgal biotechnology. *Applied Energy* 2010; 87: 38-46.