รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

(การเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็ก *Chlorella* sp. และกระบวนการผลิตไบโอดีเซล)

(Cultivation of Microalgae *Chlorella* sp. and Biodiesel Production Processes)

คณะนักวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร.ผกามาศ เจษฎ์พัฒนานนท์
ศาสตราจารย์ ดร.เบญจมาส เชียรศิลป์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สินินาฏ จงคง

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ประจำปีงบประมาณ 2558-2559 รหัสโครงการ*ENG580582M

1. ชื่อชุดโครงการ **กระบวนการผลิตพลังงานทดแทนจากสาหร่ายขนาดเล็ก *Chlorella* sp.**
Production Processes of Alternative Energy from Microalgae *Chlorella* sp.

2. ชื่อโครงการย่อย **การเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็ก *Chlorella* sp. และกระบวนการผลิตไบโอดีเซล**
Cultivation of Microalgae *Chlorella* sp. and Biodiesel Production Processes

3. คณะนักวิจัย และหน่วยงานต้นสังกัด (คณะ/ภาควิชา หรือหน่วยงาน)

3.1 หัวหน้าโครงการ รองศาสตราจารย์ ดร.ผกามาศ เจษฎ์พัฒนานนท์ (60%)
หน่วยงานที่สังกัด ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
3.2 ผู้ร่วมโครงการ ศาสตราจารย์ ดร.เบญจมาส เชียรศิลป์ (20%)
หน่วยงานที่สังกัด ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพอุตสาหกรรม คณะอุตสาหกรรมเกษตร
3.3 ผู้ร่วมโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สินินาฏ จงคง (20%)
หน่วยงานที่สังกัด ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

4. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ต้องขอขอบคุณทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ประจำปีงบประมาณ 2558-2559 รหัสโครงการ*ENG580582M คณะทำงานขอขอบคุณสถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง สงขลา ที่เอื้อเฟื้อตัวอย่างสาหร่าย *Chlorella* sp. ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกทั้งในงานปฏิบัติการ และการติดต่อประสานงานกับหน่วยงานต่างๆ จนกระทั่งโครงการดำเนินการได้สำเร็จสมบูรณ์

5. บทคัดย่อภาษาไทย

สาหร่ายขนาดเล็ก *Chlorella* sp. มีความเหมาะสมในการใช้เป็นแหล่งผลิตพลังงานทดแทน โดยสามารถเพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งโรงงานปาล์ม หรือน้ำทิ้งจากการผลิตไบโอดีเซลได้ เป็นการลดค่าใช้จ่ายในการเพาะเลี้ยงและบำบัดน้ำทิ้งไปในตัว การสกัดน้ำมันจากสาหร่ายขนาดเล็ก *Chlorella* sp. ที่เหมาะสมคือการสกัดสาหร่ายที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ด้วยอ่างอัลตราโซนิคโดยใช้ตัวทำละลายผสมเมทานอล:เฮกเซน เป็นเวลา 80 นาที ส่วนการสกัดด้วยเครื่องสกัดความดันสูงที่สภาวะกึ่งวิกฤตของตัวทำละลาย การสกัดด้วยสาหร่ายที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งด้วยเฮกเซนที่ความดัน 1.7 เมกะปาสคาล อุณหภูมิ 185 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่เหมาะสม การสกัดด้วยอ่างอ่างอัลตราโซนิคเหมาะสมกว่าการสกัดด้วยความดันสูง จากปริมาณผลได้ที่สูงกว่าด้วยเวลาสกัดที่ต่ำกว่า น้ำมันที่สกัดได้มีองค์ประกอบกรดไขมันที่เหมาะสมกับการผลิตไบโอดีเซล แต่เนื่องจากน้ำมันดิบสาหร่ายยังมีปริมาณยางเหนียวค่อนข้างสูง จึงต้องศึกษาการลดปริมาณยางเหนียว สภาวะที่เหมาะสมคือ การใช้กรดฟอสฟอริก 0.42 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักน้ำมัน อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที จากนั้นศึกษาการฟอกสี พบว่าสภาวะที่เหมาะสมคือ ปริมาณดินฟอกสี 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักน้ำมัน อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที สามารถลดปริมาณคลอโรฟิลล์ได้ 99 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันที่ผ่านการลดกรดและฟอกสี สามารถลดยางเหนียวได้ 98 เปอร์เซ็นต์ สภาวะของการผลิตไบโอดีเซลที่เหมาะสมคือ 30:1 เมทานอล:น้ำมัน โมล/โมล โดยใช้กรดซัลฟิวริกในการทำปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันครั้งแรก 60% โดยน้ำหนัก

FFA ครั้งที่สอง 30% โดยน้ำหนัก FFA และใช้โพแทสเซียมเมทอกไซด์ในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน 1% โดยน้ำหนักน้ำมัน การใช้น้ำมันที่ผ่านการลดยางเหนียวจะทำให้ไบโอดีเซลที่ผลิตได้มีเปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์สูงขึ้น

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ

Microalgae *Chlorella* sp. are suitable resource for alternative energy production. They can be cultivated in palm oil mill or wastewater from biodiesel production plant. So that in the mean time the microalgae cultivation cost can be reduced and the wastewater can be treated. The optimum extraction condition with ultrasonic bath was using freeze-dried algae with methanol:hexane for 80 min. While subcritical extraction with the high pressure extractor was using freeze-dried algae with hexane at 1.7 MPa, temperature 185 ^{o}C for 2 h. Extraction with ultrasonic bath was more suitable than extraction with high pressure as it gave greater yield with lower extraction time. The extracted oils composed of the suitable fatty acid profiles for biodiesel production. However, the crude algal oils contained high gum. Therefore, dugumming processes were investigatd. The optimum degumming condition was using phosphoric acid 0.42 %wt. of oil, temperature 90 ^{o}C for 60 min. After that bleaching process was carried out and the optimum condition was using bleaching clay 50 %wt. of oil, temperature 100 ^{o}C for 30 min that gave 99% chlorophyll reduction. After degumming and bleaching 98% gum reduction was obtained. The optimum condition for biodiesel production was using 30:1 methanol:oil mol/mol, 1st esterification with 60 %wt of FFA, 2nd esterification with 30 %wt of FFA and the transesterification with potassium methoxide 1 %wt. of oil. Using of degummed oil could increase % purity of methyl ester.

6. บทสรุปผู้บริหาร (Executive Summary) ประกอบด้วย

บทนำ

ความต้องการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นและการขยายตัวของเศรษฐกิจ แต่ปริมาณเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ได้ลดลงเป็นอย่างมาก นอกจากนี้การเผาไหม้เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ยังก่อให้เกิดมลภาวะที่ส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อน การใช้เชื้อเพลิงทดแทนที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า เช่น ไบโอดีเซล และไบโอก๊าซโซลีน ซึ่งสามารถผลิตโดยวัตถุดิบจากแหล่งทรัพยากรหมุนเวียนจึงมีความจำเป็น สำหรับในประเทศไทย วัตถุดิบที่นิยมใช้ในการผลิตไบโอดีเซล ได้แก่ น้ำมันปาล์ม ซึ่งเป็นน้ำมันพืชที่ใช้สำหรับบริโภคด้วย ดังนั้นจึงเกิดความขัดแย้งของการใช้พืชน้ำมันสำหรับเป็นแหล่งอาหารหรือเป็นแหล่งพลังงาน ประกอบกับการผลิตพืชน้ำมันจำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการเพาะปลูกมาก ใช้เวลานานและสิ้นเปลืองพลังงาน การหาแหล่งวัตถุดิบใหม่ที่ไม่ก่อให้เกิดความขัดแย้งดังกล่าวจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ได้มีการรายงานถึงความเป็นไปได้ในการใช้สาหร่ายขนาดเล็กเป็นแหล่งผลิตพลังงานทดแทน เนื่องจากสาหร่ายขนาดเล็กสามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว และให้อัตราการผลิตไขมันสูงกว่าพืชน้ำมันอื่นๆ เมื่อเปรียบเทียบต่อหน่วยพื้นที่ นอกจากนี้การเลี้ยงสาหร่ายจะช่วยให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง เพราะสาหร่ายต้องใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์แสง ทำให้เป็นการช่วยลดภาวะโลกร้อนได้อีกทางหนึ่ง