

รายงานผลงานเรื่องเติมการทดลองที่สิ้นสุด

1. แผนงานวิจัย : วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร
2. โครงการวิจัย : การผลิตพลังงานทดแทนจากชีวมวลโดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพ
กิจกรรม : การพัฒนาเครื่องจักรกลในกระบวนการผลิตพลังงานทดแทนจากพืชชีวมวล
โดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพในระดับชุมชน
3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : การพัฒนาเครื่องปั่นเหวี่ยงแยกตะกอนสาหร่ายชีวมวลในระดับชุมชน
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Development of centrifugal separator for Algae Biomass
4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง	นายวุฒิพล จันทร์สระคู	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น
ผู้ร่วมงาน	นายพินิจ จิรคคกุล	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น
	นางสาวรุ่งนภา พิทักษ์ตันสกุล	สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ
	นางบุญเรือนรัตน์ เรืองวิเศษ	สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ
	นายประยูร เอ็นมาก	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

5. บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องปั่นเหวี่ยงแยกตะกอนสาหร่ายชีวมวลในระดับชุมชน โดยดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องมือต้นแบบสำหรับใช้ในกระบวนการผลิตพลังงานทดแทนระดับชุมชน เปรียบเทียบกับวิธีการแยกตะกอนสาหร่ายด้วยวิธีปฏิบัติของเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสาหร่ายในบ่อเพาะเลี้ยงคอนกรีตเคลือบไฟเบอร์กลาส ในกระบวนการทดลองนี้ทำการแปรผันความเร็วรอบและระยะเวลาของการปั่นเหวี่ยงโดยใช้ความเร็วรอบ 3,000, 4,000 และ 5,000 รอบต่อนาที และระยะเวลาที่ใช้ปั่น 5, 10 และ 15 นาที แล้วเก็บตัวอย่างของเหลวที่ผ่านการปั่นเหวี่ยงแล้วมาใส่ในหลอดปั่นเหวี่ยง แล้วนำไปแยกตะกอนด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงในห้องปฏิบัติการ พบว่าที่ความเร็วรอบ 5,000 rpm เวลา 10 นาที เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสามารถเก็บเกี่ยวเซลล์ได้สูงที่สุด โดยพบปริมาณเซลล์ที่เหลือจากการปั่นเหวี่ยงน้อยที่สุดคือ 0.23 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งข้อมูลเบื้องต้นนี้ จะนำไปใช้ในการพัฒนาเครื่องปั่นเหวี่ยงในระดับขยายขนาดต่อไป

abstract

This research aims to research and develop centrifugal biomass centrifuge at the community level. Design and build prototype tools for use for community renewable energy production. Comparison of seaweed cultures methods of practices of algae cultured farmers in fiberglass reinforced concrete ponds. In this experiment, the speed and duration of centrifugation

was varied from 3,000, 4,000 and 5,000 revolutions per minute, and the spin speed was 5, 10 and 15 minutes, record data the sample of the centrifuge tube. Then separate the sediment by centrifugation in a laboratory. Found that a speed of around 5,000 rpm at 10 minutes, it is the most efficient way to harvest the cells. The smallest residue from centrifugation was 0.23 mg/L. This preliminary information will be used to develop the centrifuge in the next scale.

6. คำนำ

แผนพัฒนาและส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน ระหว่างปี 2555-2564 มีแผนที่จะให้มีการใช้พลังงานทดแทนเป็นสัดส่วน 20% ของพลังงานทั้งหมด การวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนเป็นการศึกษา ค้นคว้า ทดสอบ พัฒนา และสาธิต ตลอดจนส่งเสริม และเผยแพร่พลังงานทดแทน ซึ่งเป็นพลังงานที่สะอาดไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นแหล่งพลังงานที่มีอยู่ในท้องถิ่น เช่น พลังงานลม แสงอาทิตย์ ชีวมวล และอื่นๆ เพื่อให้มีการผลิต และการใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย มีประสิทธิภาพ และมีความเหมาะสมทั้งทางด้านเทคนิค เศรษฐกิจ และสังคม พลังงานจัดเป็นปัจจัยสำคัญและมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ หลายประเทศทั่วโลกจึงแสวงหาแหล่งพลังงานทดแทนรูปแบบใหม่เพื่อเป็นหลักประกันความมั่นคงด้านพลังงานในระยะยาว ทั้งยังเป็นการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการใช้พลังงานที่ได้จากฟอสซิล เช่น น้ำมัน และ ถ่านหิน อันเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน จากแนวโน้มความต้องการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง และวิกฤติราคาน้ำมันแพงที่ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจทั่วโลกในขณะนี้ น้ำมันเชื้อเพลิงจากพืชสาหร่ายถือเป็นพืชน้ำมันอีกประเภทหนึ่งที่มีศักยภาพสูงของโลกในอนาคต นอกจากนี้การผลิตพลังงานทดแทนจากสาหร่ายกำลังเป็นที่น่าสนใจ ช่วยลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศโดยใช้กระบวนการสังเคราะห์แสง ทั้งสาหร่ายขนาดเล็กและขนาดใหญ่เหมาะที่จะนำมาผลิตเป็นชีวมวล และที่สำคัญสาหร่ายขนาดเล็กในกลุ่มยูคาริโอตจะมีแหล่งเก็บพลังงานได้สูงมาก เช่น triacylglycerol (TAG) ซึ่งเป็นแหล่งเก็บน้ำมัน และแป้ง (starch) สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพ (biofuels) ทั้งไบโอดีเซล และไบโอเอทานอล จากงานวิจัยสำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร ได้มีการศึกษาและวิจัยเรื่องการผลิตไบโอเอทานอลจากชีวมวลโดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพ ในปี พ.ศ.2556-2558 ได้แก่ การคัดเลือกพืช และชีวมวลที่เหมาะสมในการผลิตไบโอเอทานอล การผลิตเอนไซม์จากจุลินทรีย์ที่ช่วยในการย่อยสลายเซลลูโลส ลิกโนเซลลูโลส เครื่องมือแปรรูปชีวมวลในกระบวนการย่อยสลายชีวมวล เครื่องจักรกลในกระบวนการหมัก และเครื่องกลั่นในการผลิตเอทานอลจากชีวมวล ซึ่งแต่ละขั้นตอนดังกล่าวมีประโยชน์อย่างยิ่ง แต่ยังคงขาดเครื่องจักรที่ทำให้ขั้นตอนการผลิตเป็นพลังงานทดแทนมีประสิทธิภาพได้รวดเร็วยิ่งขึ้น จึงได้มีการพัฒนาเครื่องปั่นเหวี่ยงแยกตะกอนสาหร่ายชีวมวล ซึ่งสาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้รวดเร็วเหมาะแก่การนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นไบโอเอทานอล และไบโอดีเซล แต่การเก็บเกี่ยวเซลล์สาหร่ายชีวมวลที่ได้จากการเลี้ยงเป็นปัญหาที่สำคัญมาก โดยทั่วไปเก็บเซลล์สาหร่ายโดยใช้วิธีการกรองและการตกตะกอน แต่ทำได้ในปริมาณน้อยๆ และใช้เวลานาน ในโครงการนี้จึงได้พัฒนาเครื่องมือช่วยให้สาหร่ายตกตะกอนได้รวดเร็วและได้ปริมาณครั้งละมากๆ อีกทั้งใช้เวลาในการเก็บเซลล์ไม่นาน ก็สามารถได้สาหร่ายชีวมวลไปใช้ในกระบวนการผลิตเป็นพลังงานทดแทนได้ต่อเนื่อง เพื่อให้สามารถต่อยอดและขยายผลงานวิจัยให้บรรลุวัตถุประสงค์ในการนำส่งเทคโนโลยีการผลิตพลังงานทดแทนจากพืชชีวมวลสู่ชุมชนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ เพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องปั่นเหวี่ยงแยกตะกอนสาหร่ายชีวมวลในระดับชุมชน การผลิตเอทานอลจากชีวมวล เป็นกระบวนการซึ่งเกิดจากการหมักพืช เศษซากพืช ให้เป็นน้ำตาล แล้วเปลี่ยนจากน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ ซึ่งเมื่อทำให้บริสุทธิ์ 95% จะเรียกว่า “เอทานอล” โดยการผลิตเอทานอลจากกลีโคเซลลูโลส แบ่งขั้นตอนการผลิตออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้ การปรับสภาพวัตถุดิบ การย่อยหรือไฮโดรไลซิส และการผลิตเอทานอล แม้ว่าวัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิตเอทานอลในปัจจุบันจะใช้แป้งและน้ำตาลเป็นหลัก เช่น มันสำปะหลัง กากน้ำตาล แป้งข้าวโพด มันสำปะหลังเส้นตากแห้ง แป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น กระบวนการผลิตเอทานอลที่ผลิตได้จากเซลลูโลส เป็นเอทานอลที่ผลิตได้จากวัตถุดิบจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ฟางข้าว กากอ้อย ชังข้าวโพด เปลือกไม้ หรือจากต้นพืชที่ไม่เกี่ยวข้องกับพืชที่มนุษย์บริโภค ได้แก่ ต้นเลา หญ้าเนเปียร์ (ไกรลาส และคณะ, 2556) ข้าวฟ่างหวาน สาหร่าย สปู่ดำ อ้อยพลังงาน (อรพิมพ์, 2553) วัตถุดิบดังกล่าวประกอบไปด้วย ลิกนิน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส และเรียกวัตถุดิบประเภทนี้ว่า วัสดุกลีโคเซลลูโลส ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทคาร์โบไฮเดรตที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของพืช ซึ่งเกิดขึ้นจากหน่วยย่อยของน้ำตาลกลูโคส เชื่อมต่อกันเป็นสายยาวหรือพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคส เอทานอลที่ผลิตจากเซลลูโลสจึงมีคุณสมบัติและลักษณะทางเคมีเช่นเดียวกับเอทานอลที่ผลิตจากวัตถุดิบประเภทน้ำตาลและแป้งที่ได้จากอ้อยหรือมันสำปะหลัง

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบศักยภาพในการผลิตชีวมวล ปริมาณน้ำมันสะสม และพลังงานเชื้อเพลิงระหว่างพืช น้ำมันชนิดต่างและสาหร่ายขนาดเล็ก

ชนิดของพืชน้ำมัน	ชีวมวล (เมตริกตัน/เฮกตาร์/ปี)	ปริมาณน้ำมัน (% น้ำหนักแห้ง)	ไบโอดีเซล (เมตริกตัน/เฮกตาร์/ปี)
ถั่วเหลือง	1-2.5	20%	0.2-0.5
เมล็ดเรพ	3	40%	1.2
ปาล์มน้ำมัน	19	20%	3.7
สปู่ดำ	7.5-10	30-50%	2.2-5.3
สาหร่ายขนาดเล็ก	140-255	35-65%	50-100

ที่มา : สำนักคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิง, 2557

สาหร่ายขนาดเล็กมีศักยภาพในการให้น้ำมันได้ในปริมาณสูง เนื่องจากมีระยะเวลาในการเพาะเลี้ยงสั้นกว่า พืชน้ำมันชนิดอื่นๆ และเมื่อเปรียบเทียบพื้นที่ ระยะเวลาการเพาะปลูกกับพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 1 แล้ว หากสามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงทดแทนได้ย่อมสามารถลดการเกิดปัญหาในการแย่งส่วนแบ่งทางอาหารหรือเกษตรกรรมจากพืชน้ำมันทั่วไปได้

ดวงรัตน์ (มปป) ในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวสาหร่ายนี้มีความสำคัญมากเพราะเกี่ยวกับต้นทุนในการผลิต ซึ่งความเข้มข้นของสาหร่ายจะไม่เกิน 500 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนมากจะอยู่ระหว่าง 200-300 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งจะมีเทคนิคที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวสาหร่ายต่างๆ ในที่นี้ จะกล่าวถึงเทคนิคที่นิยมใช้โดยทั่วไป คือ

การกรอง (filtration) วิธีการกรองนี้ เหมาะสำหรับสาหร่ายที่มีลักษณะเป็นเส้นสาย (filamentous) หรือมีเซลล์ขนาดใหญ่ เช่น สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* sp) จะทำโดยใช้ผ้ากรองไนลอน (nylon sieve) ที่มีรูให้กรองผ่านตามขนาดที่เหมาะสม ซึ่งวิธีการนี้ใช้ได้ผลดี สะดวก และมีราคาถูก

การปั่นแยก (centrifugation) เทคนิคนี้ใช้กันมากในการแยกสาหร่ายที่มีขนาดเซลล์เล็ก เช่น คลอเรลลา (*Chlorella* sp.) วิธีการนี้ทำให้ค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูงเนื่องจากต้องใช้พลังงานในการแยก

การทำให้เกิดฟลอค และการตกตะกอน (flocculation and sedimentation) ซึ่งการใช้เทคนิคนี้ ส่วนใหญ่จะใช้ในการแยกเซลล์สาหร่ายจากระบบบำบัดน้ำเสีย

การเก็บเกี่ยวสาหร่ายทำได้หลายวิธีโดยใช้เครื่องมือและวิธีการต่าง ๆ ตามแต่ชนิดของสาหร่ายเช่น เครื่องเหวี่ยง การตกตะกอน การกรอง ซึ่งวิธีการปั่นเหวี่ยงไม่เหมาะสำหรับการเพาะเลี้ยงในระดับขยายขนาดเนื่องจากมีต้นทุนในการผลิตสูง ดังนั้นจึงมีการศึกษาและพัฒนาวิธีการเก็บเกี่ยวสาหร่ายให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำ เช่น การนำเทคนิคต่างๆ มาประยุกต์ใช้ร่วมกัน เช่น การตกตะกอน (Flocculation) การชะน้ำออก (Dewatering) และการทำแห้ง (Drying) (สำนักคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิง, 2557)

การนำสาหร่ายขนาดเล็กมาผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซลนั้นไม่ใช่เพียงแค่นิเซลล์ของสาหร่ายมีปริมาณน้ำมันมากพอที่จะสกัดน้ำมาใช้ประโยชน์เท่านั้น สาหร่ายยังมีศักยภาพที่นาสนใจหลายประการ ได้แก่ สาหร่ายเพาะเลี้ยงได้ง่าย สามารถเจริญเติบโตดีทั้งในน้ำจืด น้ำเค็ม น้ำกร่อย แม้กระทั่งน้ำเสีย เติบโตได้ในทุกพื้นที่ที่มีแสงแดด ใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตสั้น (ประมาณ 8-14 วัน) ก็สามารถเก็บเกี่ยวมาใช้ประโยชน์ได้ ในขณะที่พืชพลังงานชนิดอื่นๆ ต้องใช้ระยะเวลาในการเติบโตมากกว่า นอกจากนี้ยังแก้ไขปัญหาในเรื่องของการนำพืชอาหาร เช่น ปาล์มน้ำมัน ถั่วเหลือง มาแปรรูปเป็นพืชพลังงาน ซึ่งถูกต่อต้านว่าการนำพืชอาหารมาใช้เป็นพืชพลังงานจะส่งผลกระทบต่อฐานอาหารของมนุษย์ และจะทำให้วัตถุดิบมีราคาสูงขึ้น จนทำให้เกิดการแย่งชิงวัตถุดิบในที่สุดเนื่องจากอาหารก็เป็นสิ่งจำเป็น ส่วนพลังงานก็เป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้สำหรับมนุษย์เช่นกัน สาหร่ายขนาดเล็กจะใช้พื้นที่ในการเพาะปลูกเพียง 2 ล้านเฮกเตอร์ โดยสามารถผลิตน้ำมันได้ปริมาณ 136,900 ลิตรต่อเฮกเตอร์ เพื่อที่จะให้ได้ 3 น้ำมันไบโอดีเซลเพียงพอที่จะทดแทน 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อการขนส่งของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยคิดเป็น 1.1 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่ใช้ในการเพาะปลูกทั้งหมดของประเทศสหรัฐอเมริกา (Chisti, 2007) ปัญหาและอุปสรรคที่อุตสาหกรรมสาหร่ายขนาดเล็กกำลังเผชิญอยู่นั้น คือ ขั้นตอนในการเก็บเกี่ยวสาหร่ายเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ เนื่องจากขนาดที่เล็กมากในระดับไมโครเมตร (5-50 ไมโครเมตร) จึงทำให้การแยกสาหร่ายออกจากน้ำเป็นไปได้ยากมาก ซึ่งนั่นจึงเป็นเหตุผลหลักที่การผลิตสาหร่ายตลอดหลายปีที่ผ่านมาไม่พัฒนาไปสู่อุตสาหกรรมขนาดใหญ่ในเชิงพาณิชย์ได้ (อาภารัตน์, 2552)

เครื่องหมุนเหวี่ยง เป็นเครื่องมือพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับเร่งอัตราการตกตะกอนของอนุภาค (particle) ที่ไม่ละลายออกจากของเหลว หรือใช้แยกของเหลวหลาย ๆ ชนิดที่มีความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ต่างกัน ออกจากกัน ใช้ทำสารละลายให้เข้มข้นขึ้น ฯลฯ ปัจจุบันเครื่องหมุนเหวี่ยง ได้มีการพัฒนาไปจนสามารถที่จะใช้วิเคราะห์ชนิดของสารหาน้ำหนักโมเลกุลของสารได้โดยอาศัยคุณสมบัติของตัวกลาง คุณสมบัติของอนุภาคที่แตกต่างกัน และการสร้างแรงหนีศูนย์กลางที่เกิดจากการหมุนรอบจุดหมุน (center of rotation) ในความเร็วรอบที่สูงมาก (ชูชาติ, 2534)

เครื่องหมุนเหวี่ยงสร้างแรงหนีศูนย์กลางหรือแรงหมุนเหวี่ยง (centrifugal force ,CF) ขึ้นเพื่อเร่งให้ออนุภาคตกตะกอนเร็วขึ้น ดังนั้นภายใต้สนามของแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางแรงนอนกันของอนุภาคจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงหนีศูนย์กลาง ทำให้ออนุภาคนอนกันด้วยอัตราเร็วที่แตกต่างกัน ภายใต้สนามแรงหนีศูนย์กลางอนุภาคจะตกตะกอนด้วยอัตราเร็วที่ไม่เท่ากัน การปั่นแยกตะกอน จึงต้องใช้เวลาให้นานพอเพียงที่อนุภาคขนาดเล็กจะนอนกันหมด จนกลายเป็นก้อนตะกอน (pellet) และของเหลวเหนือตะกอน (supernatant) จึงนิยมใช้วิธีนี้สำหรับการปั่นแยกตะกอนทั้งหมดออกจากของเหลว แต่สามารถประยุกต์ไปใช้สำหรับแยกสารแต่ละชนิดออกจากกัน โดยการกำหนดความแรงในการปั่นแยก และระยะเวลาในการปั่นแยกที่เหมาะสม เพื่อแยกตะกอนขนาดใหญ่ ออกก่อน แล้วจึงนำของเหลวเหนือตะกอนไปปั่นแยกอีกโดยอาจเพิ่มเวลาหรือความแรงในการปั่นแยก

เครื่องหมุนเหวี่ยงมีรูปแบบแตกต่างกันมีทั้งขนาดเล็ก ขนาดปานกลางที่สามารถตั้งบนโต๊ะได้ (bench model) ตลอดจนขนาดใหญ่ที่สามารถหมุนเหวี่ยงสารละลายได้ครั้งละมากๆ ซึ่งต้องตั้งบนพื้นในขณะใช้งาน (floor model) แต่ด้วยเทคโนโลยีการผลิตทำให้ขีดความสามารถไม่ได้อเพิ่มมากขึ้นตามขนาดของเครื่องหมุนเหวี่ยง ดังนั้นการแบ่งชนิดที่ค่อนข้างชัดเจนจึงแบ่งตามแรงหนีศูนย์กลางออกได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้ (ชูชาติ, 2534)

1. เครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วรอบต่ำ (low speed centrifuge) เป็นเครื่องหมุนเหวี่ยงขนาดเล็กเป็นส่วนใหญ่นิยมใช้ในงานต่างๆ ไปในห้องปฏิบัติการมีความเร็วรอบไม่เกิน 6,000 รอบต่อนาที มีแรงหนีศูนย์กลางสูงสุดในช่วง 1,800-7,000 กรัม

2. เครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วรอบสูง (high speed centrifuge) มีความเร็วรอบไม่เกิน 28,000 รอบต่อ นาที มีแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางสูงสุดถึง 80,000 กรัม จึงนิยมใช้เฉพาะงานที่ต้องการความแรงในการปั่นแยกปานกลาง ตัวอย่าง เช่น การแยกอนุภาคขนาดเล็กๆ หรือมีน้ำหนักเบาออกจากของเหลว ฯลฯ

3. เครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วรอบสูงมาก (ultra-speed centrifuge) เป็นเครื่องหมุนเหวี่ยงที่มีขนาดใหญ่ที่มีความเร็วรอบของการหมุนสูงถึง 150,000 รอบต่อนาที สามารถสร้างแรงหนีศูนย์กลางได้สูงถึง 800,000 กรัม บริษัท Spinco ผลิตเครื่องหมุนเหวี่ยงชนิดนี้ออกมาจำหน่ายตั้งแต่ปี ค.ศ.1950

ยุวดี พิรพรพิศาล จากห้องปฏิบัติการวิจัยสาหร่ายประยุกต์ สาขาวิชาจุลชีววิทยา ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พบว่าเซลล์ของสาหร่ายมีกรดไขมันค่อนข้างสูง โดยทั่วไปจะมีราว 20% แต่บางชนิด อาจมีถึง 60-70% ถ้าเลี้ยงเป็นปริมาณมากๆ แล้วนำมาผ่านกระบวนการทางเคมีที่เรียกว่า เอสเทอร์ฟิเคชัน (Esterification) ก็จะได้ไบโอดีเซล ซึ่งใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงเติมรถยนต์ได้เลย หรือใช้กระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis) ซึ่งเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีโดยใช้ความร้อนในสภาวะไร้อากาศ ซึ่งในที่สุดก็จะได้น้ำมันก็ออกมาเช่นกัน นอกจากนี้ก็ยังมีกระบวนการอื่นๆ อีกหลายอย่างที่สามารถเปลี่ยนชีวมวลของสาหร่ายเป็นน้ำมันได้ โดยเฉลี่ยสาหร่ายสามารถสกัดไปเป็นน้ำมันได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับว่าในบ่อพื้นที่ 1,000 ตารางเมตรก็จะได้น้ำมัน 25 กิโลกรัม/วัน ใน 1 ปีก็จะสามารถผลิตน้ำมันได้ 9,125 กิโลกรัมหรือประมาณ 7,600 ลิตร ซึ่งเป็นเปอร์เซ็นต์การผลิตน้ำมันได้มากกว่าพืชชนิดอื่นๆ เช่น คาโนลา สบู่ดำ ยิ่งกว่านั้นนักวิจัยของ NREL ยังระบุว่าหากพัฒนาการเพาะเลี้ยงและการสกัดน้ำมันจากสาหร่าย แบบโรงงานขนาดใหญ่ ต้นทุนในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจะมีเพียงลิตรละ 12 บาท เท่านั้น (กมลวรรณ, มปป.)

มัทนา (2555) กล่าวไว้ว่า น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นบริสุทธิ์ (Virgin cold-pressed coconut oil, VCO) ประกอบด้วย กรดไขมันสาย ปานกลาง (medium-chain fatty acids) ที่มีตัวในปริมาณสูงถึง 60 เปอร์เซ็นต์ เช่น กรดลอริก (คาร์บอน 12 อะตอม) 48-52% กรดคาปรีค (คาร์บอน 10 อะตอม) 6.7 % และกรดคาปรีลิก (คาร์บอน 8 อะตอม) 7.8% ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานได้อย่างรวดเร็วเมื่อเข้าสู่ร่างกาย ถูกดูดซึมและเผาผลาญได้ดี การทดลองนี้ ศึกษากรรมวิธีการแยกน้ำมันมะพร้าวออกจากกะทิจากสถานะของเหลว กะทิถูกทำให้แข็งตัวก่อนการสกัดน้ำมันมะพร้าวเพื่อให้เกิดการรวมตัวของไขมันในกะทิ ณ อุณหภูมิ -30 องศาเซลเซียส ที่ เวลา 0, 2, 4 และ 6 ชั่วโมง นำไปเหวี่ยงแยกด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิที่สภาวะอุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 7,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 50 นาที กะทิถูกแบ่งได้เป็น 3 ชั้น คือ ชั้นบนเป็นน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ชั้นกลาง คือ ชั้นครีม และชั้นล่าง คือ น้ำเปรี้ยว พบว่า กะทิที่แช่แข็งเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ของน้ำมันมะพร้าวสูงที่สุด คือ 26.25 และร้อยละผลได้ทั้งหมด 95.74 % การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเหวี่ยงแยกน้ำมันมะพร้าวด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิต่างกัน คือ 15, 20 และ 26 องศาเซลเซียส พบว่า ที่ 15 และ 20 องศาเซลเซียส ไม่สามารถแยกน้ำมันมะพร้าวได้จึงนำมาเหวี่ยงแยกที่ 26 องศาเซลเซียสซ้ำอีกครั้ง พบว่าได้ปริมาณเปอร์เซ็นต์น้ำมันมะพร้าว 32.85 เท่ากัน และ ร้อยละผลได้ทั้งหมด 98.82% และ 97.45% ตามลำดับ



ภาพที่ 1 เครื่องปั่นแยกสารแบบควบคุมอุณหภูมิ
ที่มา: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2550)

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2550) ได้พัฒนาเครื่องปั่นแยกสารแบบควบคุมอุณหภูมิ เป็นเครื่องมือสำหรับแยกสารหรืออนุภาคโดยอาศัยแรงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Force) ที่เกิดจากการหมุนของโรเตอร์ (Rotor) ที่ติดตั้งอยู่ภายในเครื่องปั่นแยกสาร ผลของแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่เกิดขึ้นจะทำให้อนุภาคต่างๆที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน เคลื่อนที่จนแยกออกจากกันได้ ระบบควบคุมอุณหภูมิของเครื่องฯ เป็นระบบทำความเย็นเพื่อลดอุณหภูมิให้กับสารตัวอย่าง เนื่องจากสารตัวอย่างบางชนิดอาจจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้น ประกอบด้วยส่วนสำคัญหลักๆ 5 ส่วนคือ 1) มอเตอร์และระบบควบคุมความเร็วรอบ เพื่อใช้สำหรับเป็นต้นกำลังให้เกิดการหมุนรอบและได้ความเร็วรอบตามความต้องการ 2) โรเตอร์ ใช้สำหรับบรรจุภาชนะ

ใส่ตัวอย่าง เมื่อโรเตอร์เกิดการหมุนจะทำให้เกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางขึ้นในบริเวณโรเตอร์ 3) ห้องที่ติดตั้งโรเตอร์ (Chamber) เป็นส่วนที่มีโรเตอร์ติดตั้งอยู่ภายใน มีฝาปิดเพื่อความปลอดภัยในขณะปฏิบัติงาน 4) ระบบทำความเย็น ใช้สำหรับควบคุมอุณหภูมิภายในห้องที่ติดตั้งโรเตอร์ และ 5) แผงควบคุม ใช้สำหรับควบคุมและแสดงผลการทำงานของเครื่องปั่นแยกสาร คุณลักษณะของเครื่องปั่นแยกสารแบบควบคุมอุณหภูมิ ขนาดเครื่อง (กว้าง x ยาว x สูง) 100 x 80 x 75 เซนติเมตร น้ำหนักเครื่อง 150 กิโลกรัม ไฟฟ้า 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ 1,100 วัตต์ อุปกรณ์ควบคุม PLC แบบหน้าจอสัมผัส ความเร็วรอบโรเตอร์ 0 ถึง 10,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิภายในห้องที่ติดตั้งโรเตอร์ อุณหภูมิห้อง ถึง -10 องศาเซลเซียส ปริมาตรของหลอดทดลองใช้งาน ขนาด 15 มิลลิลิตร x 12 หลอด หรือขนาด 50 มิลลิลิตร x 6 หลอด



ภาพที่ 2 เครื่องเหวี่ยงแยกความเร็วสูงแบบต่อเนื่อง นำเข้าจากต่างประเทศ
ที่มา : บริษัทจีอีเอสเฟาเลียเซฟพาทเรเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด

เครื่องเหวี่ยงแยกความเร็วสูงแบบต่อเนื่อง มีการนำเข้าจากต่างประเทศเพื่อจำหน่ายซึ่งมีราคาค่อนข้างสูงมากประมาณสองล้านบาท ตัวเครื่องมีความสามารถในการปั่นน้ำ (Hydraulic capacity): 3,000 ลิตร/ ชั่วโมง ความสามารถในการปั่นแยกจุลินทรีย์และสาหร่าย (Feed rate): 200-400 ลิตร/ ชั่วโมง ถังสแตนเลส AISI 304 Storage Tank ความจุ 500 ลิตร สำหรับสำรองน้ำจุลินทรีย์ก่อนป้อนเข้าเครื่องเหวี่ยงแยก ป้อนสำหรับป้อนน้ำจุลินทรีย์เข้าเครื่องเหวี่ยงแยก ความจุไม่น้อยกว่า 400 ลิตร ต่อชั่วโมง ป้อนสำหรับ ป้อนน้ำใช้ในการกระบวนการเดินเครื่องเหวี่ยงแยกจากจุลินทรีย์ ถึงสแตนเลสสำหรับเก็บกากจุลินทรีย์ที่ผ่านเครื่องเหวี่ยงแยกขนาด ไม่น้อยกว่า 10 ลิตร

7. วิธีดำเนินการ

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องมือจักรกลโรงงานสำหรับการสร้างเครื่องต้นแบบ

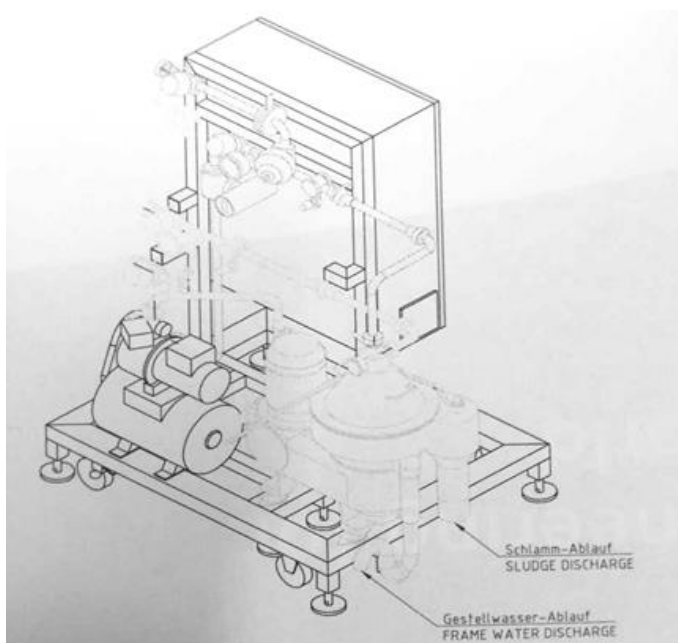
2. บ่อเพาะเลี้ยงสาหร่าย สำหรับเตรียมวัตถุดิบในการทดสอบ
3. เครื่องเหวี่ยงแยกตะกอนขนาดเล็กในห้องปฏิบัติการ
4. เครื่องมือวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการ สทช. และ กวป.
5. มอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 4 กิโลวัตต์ พร้อมอุปกรณ์ควบคุมและปรับความถี่ได้
6. ปั้มน้ำแบบหอยโข่ง ขนาด 1.5 แรงม้า

แบบและวิธีการทดลอง

เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องมือต้นแบบสำหรับใช้ในกระบวนการผลิตพลังงานทดแทนระดับชุมชน โดยเปรียบเทียบกับวิธีการแยกตะกอนสาหร่ายด้วยวิธีปฏิบัติเดิมของเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสาหร่าย แผนการทดลองแบบ t-test

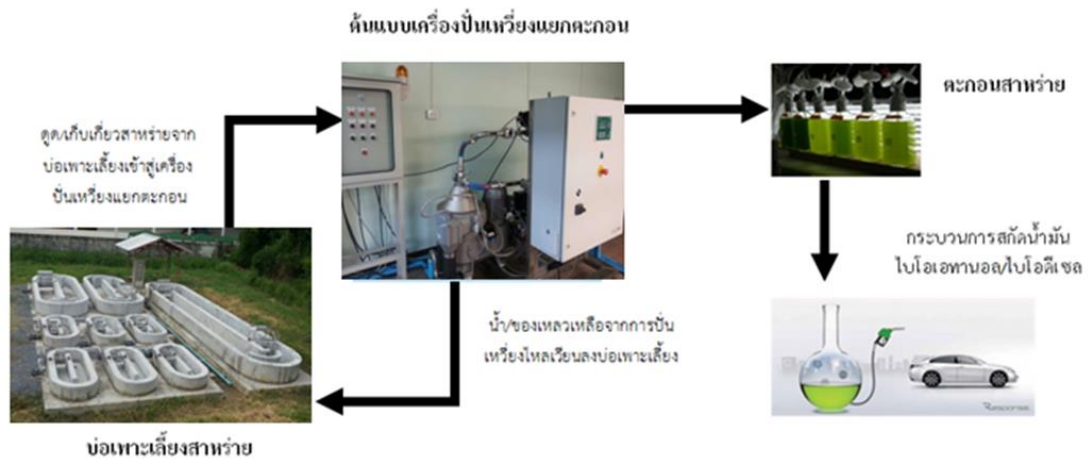
วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์ถึงสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และองค์ประกอบต่างๆ ตลอดจนใช้ในการออกแบบเครื่องมือ
2. จัดการระบบบ่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายและศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเลี้ยงสาหร่ายซีวมวลในบ่อเปิด สภาพกลางแจ้งขนาด 1,000 และ 5,000 ลิตร เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการผลิตพลังงานทดแทน ที่ห้องปฏิบัติการ และบ่อเลี้ยง กวป.
3. ศึกษาแนวทางการออกแบบเครื่องปั่นเหวี่ยงแยกตะกอนสาหร่ายซีวมวล ให้เหมาะสมตามกำลังการผลิตในกระบวนการผลิตพลังงานทดแทน



ภาพที่ 3 แนวทางการออกแบบต้นแบบเครื่องปั่นเหวี่ยงแยกตะกอนสาหร่ายซีวมวล

4. ออกแบบและสร้างเครื่องปั่นเหวี่ยงแยกตะกอน สำหรับการนำไปใช้ในกระบวนการผลิตพลังงานทดแทนระดับชุมชน โดยทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายในบ่อเลี้ยงขนาดประมาณ 5,000 ลิตร โดยนักวิจัยด้านการเพาะเลี้ยงสาหร่าย ที่ร่วมงานวิจัย ซึ่งออกแบบระบบการเก็บเกี่ยวสาหร่ายขึ้นจากบ่อเพาะเลี้ยง มาทำการแยกกากตะกอนและน้ำออกจากกันด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงแยกตะกอนสาหร่ายที่พัฒนาขึ้น และออกแบบให้มีระบบหมุนเวียนน้ำที่แยกออกจากเครื่องปั่นเหวี่ยง เพื่อลงสู่บ่อเพาะเลี้ยงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนกากหรือตะกอนก็นำไปสู่ขั้นตอนการสกัดน้ำมันต่อไป



ภาพที่ 4 การออกแบบระบบการจัดการบ่อเพาะเลี้ยงสาหร่าย และเครื่องปั่นเหวี่ยงแยกตะกอน

5. ศึกษาและทดสอบปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการแยกตะกอนสาหร่ายชีวมวล

- ความเร็วรอบในการปั่นเหวี่ยงแยกตะกอนที่เหมาะสม
- เวลาที่ใช้ และอัตราการป้อนวัสดุที่เหมาะสม

6. ทดสอบและประเมินผล ปรับปรุงเครื่องต้นแบบ

- หาสมรรถนะการทำงานของเครื่องต้นแบบ เช่น ความสมดุลของการหมุนเหวี่ยง ความเสถียรภาพของเครื่องมือในขณะการทำงานเก็บเกี่ยวสาหร่าย
- หาประสิทธิภาพการทำงาน ได้แก่ การวัดประสิทธิภาพการตกตะกอน

7. ประเมินต้นทุนการผลิตในเชิงธุรกิจ (Financial Costs) และเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

8. สรุปและเขียนรายงานผลการทดลอง

ค่าชี้ผลการศึกษา

- ความสามารถในการทำงานของเครื่องต้นแบบ
- ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่อง
- ค่าพลังงานที่ใช้ในการทำงาน

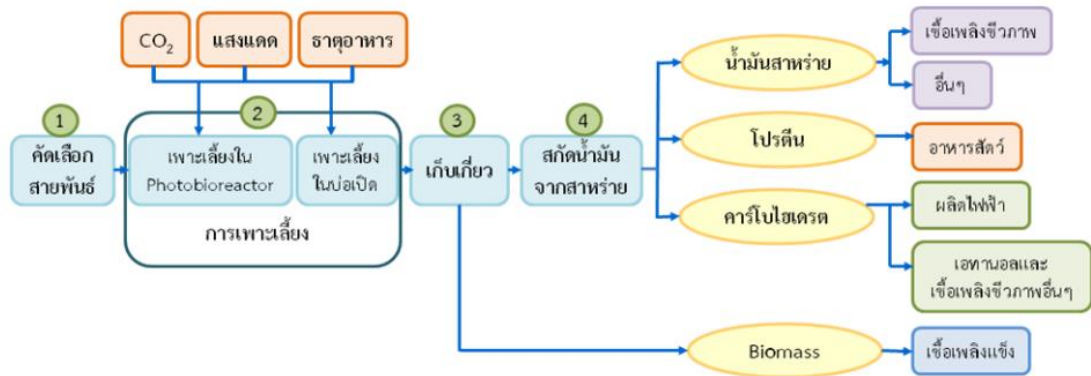
- ระยะเวลาดำเนินการ เริ่มต้น ตุลาคม 2559 – สิ้นสุด กันยายน 2560 (โดนตัดงบประมาณปี 61-62)

- สถานที่ทำการทดลอง

1. ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น
2. สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ
3. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

การจะได้มาซึ่งน้ำมันเชื้อเพลิงจากสาหร่ายต้องมีการผ่านขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน ได้แก่ การคัดเลือกสายพันธุ์ การเพาะเลี้ยง การเก็บเกี่ยว และการสกัดน้ำมัน



ภาพที่ 5 แผนผังกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงจากสาหร่าย

การเก็บเกี่ยวสาหร่ายทำได้หลายวิธีโดยใช้เครื่องมือและวิธีการต่าง ๆ ตามแต่ชนิดของสาหร่ายเช่น เครื่องเหวี่ยง การตกตะกอน การกรอง ซึ่งวิธีการปั่นเหวี่ยงไม่เหมาะสำหรับการเพาะเลี้ยงในระดับขยายขนาดเนื่องจากมีต้นทุนในการผลิตสูง การนำเทคนิคต่างๆ มาประยุกต์ใช้ร่วมกัน เช่น การตกตะกอน (Flocculation) การชะน้ำออก (Dewatering) และการทำแห้ง (Drying) เพื่อพัฒนาวิธีการเก็บเกี่ยวสาหร่ายให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและใช้ต้นทุนในการผลิต



ภาพที่ 6 เครื่องปั่นเหวี่ยงแยกตะกอนความเร็วสูงแบบอัตโนมัติ

ได้ทำการศึกษาเบื้องต้นระบบการแยกตะกอนสาหร่ายด้วยเครื่องเหวี่ยงความเร็วสูง ซึ่งเป็นเครื่องมือที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ราคาประมาณ 2.5 ล้านบาท โดยคณะผู้วิจัยจะดำเนินการสร้างชุดทดสอบหลักการทำงานเพื่อหาแนวทางการพัฒนาเครื่องต้นแบบให้สามารถสร้างได้ในราคาต่ำกว่าการนำเข้าจากต่างประเทศ

การจัดการระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กในระดับขยายขนาด

1. การวิเคราะห์และทดสอบทิศทางการถ่ายเทมวลเซลล์สาหร่ายในบ่อเพาะเลี้ยง

1.1 การติดตั้งระบบระบายน้ำ



ภาพที่ 7 แสดงการติดตั้งระบบท่อระบายน้ำทั้ง ระบบเติมน้ำและอาหารเหลว

ทำการติดตั้งระบบระบายน้ำทั้ง เมื่อทำการล้างบ่อ ระบบเติมน้ำและอาหารเหลว ในระหว่างการเพาะเลี้ยง รวมทั้งระบบท่อสำหรับเก็บเกี่ยวเซลล์จากบ่อเพาะเลี้ยง ให้สะดวกและเหมาะสมในการปฏิบัติงาน และลดการปนเปื้อนระหว่างท่อน้ำทิ้งและท่อชีวมวลของสาหร่าย ดังแสดงในภาพที่ 7

1.2 เคลือบบ่อเพาะเลี้ยงด้วยไฟเบอร์กลาส

เนื่องจากบ่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายมีวัสดุผิวที่ทำจากซีเมนต์ ทำให้ไม่สามารถขัดล้างทำความสะอาดเซลล์สาหร่ายขนาดเล็กในแต่ละครั้งของการเพาะเลี้ยงได้หมด จึงแก้ไขโดยการพ่นเคลือบบ่อด้วยไฟเบอร์กลาส ขนาด 1000 ลิตร จำนวน 6 บ่อ โดยให้มีระดับที่ลาดเอียงลงไปยังช่องระบายตะกอนของสาหร่าย ซึ่งปรับลดระดับให้เป็นจุดที่ต่ำที่สุดของบ่อ และทำช่อง service สำหรับการระบายให้เป็นชนิดสวมปิด แทนการใช้แบบเกลียวหมุน ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แสดงการเคลือบบ่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายด้วยไฟเบอร์กลาส

1.3 การบังคับทิศทางการไหลของน้ำ

เดิมบ่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายมีแผ่นบังคับทิศทางการไหลของน้ำเป็นเส้นตรงที่ทำแนวขนานกับแนวของบ่อเพาะเลี้ยง เมื่อเดินระบบแล้วพบว่าเกิดปัญหาจุดบอดของน้ำหรือ dead zone ทำให้เกิดการตกตะกอนของเซลล์สาหร่ายในระหว่างการเพาะเลี้ยง จึงได้ทำการเตรียมบ่อแบบเปิดที่จะเคลือบด้วยไฟเบอร์กลาส ขนาด 1,000 ลิตร จำนวน 6 บ่อ โดยเพิ่มขนาดของพื้นที่สัมผัสน้ำของแผ่นบังคับทิศทางให้มีลักษณะเป็นแนวโค้งมนคล้ายหยดน้ำ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวและทำให้สามารถเพิ่มอัตราการไหลวนของน้ำเพิ่มมากขึ้นด้วย ดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 แสดงการบังคับทิศทางการไหลของน้ำเพื่อแก้ปัญหา Dead Zone ภายในบ่อเพาะเลี้ยงสาหร่าย

1.4 ระบบใบพัด (paddle wheel)

ใบพัดของบ่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายเดิมใช้แผ่นสแตนเลสเชื่อมติดกับแนวแกนหมุนเมื่อเดินระบบแล้วพบว่า มีน้ำเลี้ยงเซลล์ไหลออกจากบ่อที่บริเวณขอบใบพัดในปริมาณมาก สืบเนื่องจากใบพัดที่ใช้มีองศาที่ไม่เหมาะสม ทั้งนี้ได้ทำการออกแบบใบพัดใหม่โดยใช้วิธีการปิดช่องทางน้ำออกในบริเวณด้านข้างของใบพัดทั้ง 2 ด้าน เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ดังแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 แสดงการติดตั้งระบบบำบัดของบ่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็ก

1.5 การทดสอบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายในระบบเปิด

ในระยะแรกจะทำการทดสอบการเพาะเลี้ยงเซลล์สาหร่ายในบ่อขนาด 1,000 ลิตร โดยใช้อาหารสำหรับสาหร่ายน้ำจืดสูตรมาตรฐาน Modified Chu 13 เป็นระยะเวลา 25 วัน จากนั้นเก็บเกี่ยวเซลล์สาหร่ายโดยใช้วิธีการกรอง และประเมินผลเบื้องต้นในการวางแผนการนำน้ำเลี้ยงเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยง เพื่อออกแบบทิศทางการป้อนของน้ำเข้าและออกตัวเครื่องในลำดับต่อไป

1.6 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กในระดับขยายขนาด

สำหรับการทดลองในครั้งนี้เป็นการทดสอบระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสายพันธุ์ SK-QSGMF6 (*Coelastrella* sp.) ในระดับขยายขนาดนอกห้องปฏิบัติการซึ่งเป็นการเพาะเลี้ยงในบ่อแบบเปิด (Open raceway pond) ที่มีปริมาตรเพาะเลี้ยง 500 ลิตร โดยใช้น้ำประปาที่มีอาหารเพาะเลี้ยงสาหร่ายสูตรมาตรฐาน Modified Chu 13 ใช้หัวเชื้อเริ่มต้น 1% ของปริมาตรเพาะเลี้ยงทั้งหมด ทำการเก็บตัวอย่างเซลล์สาหร่ายเพื่อติดตามอัตราการเจริญเติบโตทุกวัน ด้วยเทคนิคการนับเซลล์และวัดค่าความขุ่นด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร ลักษณะของน้ำที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงและลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏเมื่อใช้เวลาในการเพาะเลี้ยง 7 วัน ดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ลักษณะของการเพาะเลี้ยงสาหร่าย SK-QSGMF6 ในบ่อแบบเปิด (Open raceway pond)

1.7 การปั่นเหวี่ยง

ในกระบวนการทดลองนี้ทำการแปรผันความเร็วรอบและระยะเวลาของการปั่นเหวี่ยงโดยใช้ความเร็วรอบ 3,000, 4,000 และ 5,000 รอบต่อนาที และระยะเวลาที่ใช้ปั่น 5, 10 และ 15 นาที แล้วเก็บตัวอย่างของเหลวที่ผ่านการปั่นเหวี่ยงแล้ว (supernatant) มาใส่ในหลอดปั่นเหวี่ยง แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 12,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที พบว่าวิธีปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็วรอบ 5,000 rpm เวลา 10 นาที เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสามารถเก็บเกี่ยวเซลล์ได้สูงที่สุด โดยพบปริมาณเซลล์ที่เหลือจากการปั่นเหวี่ยงน้อยที่สุดคือ 0.23 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งข้อมูลเบื้องต้นนี้ จะนำไปใช้ในการพัฒนาเครื่องปั่นเหวี่ยงในระดับขยายขนาดต่อไป



ภาพที่ 12 การเก็บเกี่ยวเซลล์สาหร่าย Isolate SK-QSGMF6 โดยวิธีปั่นเหวี่ยง

ผลการทดลองพบว่าวิธีปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 5,000 rpm เวลา 10 นาที เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสามารถเก็บเกี่ยวเซลล์ได้สูงที่สุด โดยพบปริมาณเซลล์ที่เหลือจากการปั่นเหวี่ยงน้อยที่สุดคือ 0.23 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งข้อมูลเบื้องต้นนี้จะนำไปใช้ในการเก็บตัวอย่างในระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาองค์ประกอบต่างๆของเซลล์ในแต่ละช่วงเวลาของการเพาะเลี้ยง รวมทั้งพัฒนาวิธีการเก็บเกี่ยวในระดับขยายขนาดในลำดับต่อไป

ตารางที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นนำไปใช้ในการเก็บตัวอย่างในระดับห้องปฏิบัติการ

Speed (rpm)	Time (min)	Cell recovery in supernatant (mg/L)
3000	5	0.482
	10	0.476
	15	0.425
4000	5	0.410
	10	0.404
	15	0.388
5000	5	0.451
	10	0.233
	15	0.231

การปั่นเหวี่ยงโดยใช้เครื่องปั่นเหวี่ยงแยกกากเซลล์จุลินทรีย์แบบอัตโนมัติ (High performance self-cleaning Separator)

ในการศึกษาในขั้นตอนนี้จะเป็นการเก็บเกี่ยวเซลล์สาหร่ายจากบ่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายแบบบ่อเปิดในระดับขยายขนาด ซึ่งได้ทำการแปรผันอัตราการไหลและระยะเวลาในการคายกากเซลล์สาหร่าย เพื่อให้ได้ลักษณะของตัวอย่างที่เหมาะสม โดยพบว่าที่ระดับอัตราการไหลของสาหร่ายเข้าสู่เครื่องเหวี่ยง 500 ± 50 ลิตรต่อชั่วโมง เป็นอัตราเร็วที่เหมาะสมและไม่มีเซลล์สาหร่ายเหลือทิ้งในอาหารที่เพาะเลี้ยง และใช้ระยะเวลาในการคายกากเซลล์สาหร่าย 50 นาทีต่อรอบของการปั่นเหวี่ยง มีลักษณะของเนื้อตัวอย่างสาหร่ายที่เหมาะสมต่อการนำไปอบแห้งหรือแช่แข็งไว้สำหรับรอศึกษาในขั้นตอนต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 14



ภาพที่ 13 เครื่องปั่นเหวี่ยงแยกกากเซลล์จุลินทรีย์อัตโนมัติ (High performance self-cleaning Separator)



ภาพที่ 14 ลักษณะของสาหร่ายที่เก็บเกี่ยวได้ และเซลล์ของสาหร่ายที่ได้จากการอบแห้ง

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ผลการทดสอบด้วยวิธีปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 5,000 rpm เวลา 10 นาที เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสามารถเก็บเกี่ยวเซลล์ได้สูงที่สุด โดยพบปริมาณเซลล์ที่เหลือจากการปั่นเหวี่ยงน้อยที่สุดคือ 0.23 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งข้อมูลเบื้องต้นนี้จะนำไปใช้ในการเก็บตัวอย่างในระดับห้องปฏิบัติการ โดยการศึกษาในขั้นตอนนี้จะเป็นการเก็บเกี่ยวเซลล์สาหร่ายจากบ่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายแบบบ่อเปิดในระดับขยายขนาด ซึ่งได้ทำการแปรผันอัตราการไหลและระยะเวลาในการคายนากเซลล์สาหร่าย เพื่อให้ได้ลักษณะของตัวอย่างที่เหมาะสม โดยพบว่าที่ระดับอัตราการไหลของสาหร่ายเข้าสู่เครื่องเหวี่ยงประมาณ 500 ลิตรต่อชั่วโมง เป็นอัตราเร็วที่เหมาะสมและไม่มีเซลล์สาหร่าย

เหลือทิ้งในอาหารที่เพาะเลี้ยง และใช้ระยะเวลาในการคายากเซลล์สาหร่าย 50 นาทีต่อรอบของการปั่นเหวี่ยง มีลักษณะของเนื้อตัวอย่างสาหร่ายที่เหมาะสมต่อการนำไปอบแห้งหรือแช่แข็งไว้สำหรับบรอศึกษาในขั้นตอนต่อไป

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

10.1 เป็นองค์ความรู้ในการวิจัยต่อไป เผยแพร่ในรายงานประจำปี หรือวารสารกรมวิชาการเกษตร หรือการเผยแพร่ผลงานวิจัยในวารสารวิชาการต่าง ๆ

10.2 ได้เทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซลจากสาหร่ายเพื่อถ่ายทอดสู่ระดับชุมชน และภาคเอกชน ในการผลิตไบโอดีเซลจากพืชและวัสดุชีวมวลต่าง ๆ ทางภาคเกษตรเพื่อนำไปใช้ประโยชน์

10.3 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้แก่ หน่วยงานภายในกรมวิชาการเกษตร เกษตรกรที่ร่วมโครงการหรือภาคเอกชนรายย่อยที่สนใจ

11. คำขอบคุณ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานวิจัยตลอดระยะเวลา 1 ปี และขอบคุณข้าราชการและพนักงานกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ที่อนุเคราะห์สถานที่เพาะเลี้ยงสาหร่ายเพื่อการเตรียมวัตถุดิบในการทดสอบ

12. เอกสารอ้างอิง

กมลวรรณ แก้วบุญเจริญ. มปป. เชื้อเพลิงสาหร่าย นวัตกรรมพลังงานทดแทน (ออนไลน์). สืบค้นจาก :

<https://www.gotoknow.org/posts/539176> [9 มิถุนายน 2558]

ชัชพันธ์ นินาสวงษ์ และ เฉลิม เรือวิริยะชัย. 2555. การผลิตเซลลูโลสเอทานอลในประเทศไทย. KKU Sci. J.40 (4) 1073-1088 (2012).

ชูชาติ อารีจิตรานุสรณ. 2534. เครื่องมือวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 259 หน้า.

ธราพงษ์ วิจิตสานต์, นวตล เหล่าศิริพจน์ และประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ. 2553. รายงานสถานภาพของงานวิจัยและผลิตเอทานอลไบโอดีเซล ไบโอดีเซล และน้ำมันชีวภาพในประเทศไทย. สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สว.)

ดวงรัตน์ อินทร. มปป. การนำสาหร่ายมาใช้ในทางเทคโนโลยีชีวภาพ. (ออนไลน์). สืบค้นจาก :

<http://advisor1.anamai.moph.go.th/223/22310.html> [9 มิถุนายน 2558]

พนิดา รัตนพลที และ ผกาวดี แก้วกันเนตร. 2551. ศักยภาพการผลิตไบโอดีเซลจากสาหร่ายขนาดเล็ก. วารสารศูนย์บริการวิชาการ. ปีที่ 16 ฉบับที่ 1. น. 9-13

มณฑนา แก้วชื่น วิทยา ปันสุวรรณ และ วิเชียร สีสาวชมมาศ . 2555. การแยกน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นบริสุทธิ์จากน้ำกะทิด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิ. การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2550. วิจัยพัฒนาเครื่องปั่นแยกสารแบบควบคุม

อุณหภูมิลดการนำเข้าเทคโนโลยี. สืบค้นจาก : <http://www.most.go.th>

สำนักคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิง. 2557. ความรู้เกี่ยวกับน้ำมันเชื้อเพลิงจากสาหร่าย. (ออนไลน์). สืบค้นจาก :

http://www.doeb.go.th/v5/knowledge/data/algal_biofuel_mar57.pdf

อรุณี ศุภสินสาธิต. 2555. พลังงานจากชีวมวลที่มีลิกโนเซลลูโลสสูง. วารสารสิ่งแวดล้อม. ปีที่ 16 เล่มที่ 2. 8 น.

อารรัตน์ มหาจันทร์. 2552. พลังงานทางเลือกจาก "สาหร่าย" ความท้าทายที่รอการพิสูจน์. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ปีที่ 24 ฉบับที่ 2. เมษายน-มิถุนายน 2552. หน้า 60-64

Chisti, Y. 2007. Biodiesel from microalgae, *Biotechnology Advance*. 25, 294-306.