บทนำ

จากรายงานสถิติการใช้พลังงานของประชากรในโลก พบว่าการใช้พลังงานปฐมภูมิของโลก ซึ่งคำนวณโดยเทียบกับการใช้น้ำมัน ประจำปี ค.ศ. 2009 มีปริมาณการใช้ประมาณ 11164.3 ล้านตัน และจะเห็นว่าประเทศไทยมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นทุกปี (BP, 2010) แหล่งของพลังงานที่นำมาใช้มากที่สุด ได้แก่ พลังงานจากฟอสซิล ใช้มากถึง 88% ของแหล่งพลังงานทั้งหมด ส่วนที่เหลือจะใช้พลังงานจากนิวเคลียร์และไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นต้น แม้ว่าแหล่งพลังงานนี้ยังคงเหลือพอที่จะทำให้ผู้บริโภคได้ใช้ในราคาถูกไปอีกช่วงเวลาหนึ่ง แต่การใช้พลังงานจากฟอสซิลเป็นสาเหตุสำคัญของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศของโลก (Brennan and Owende, 2010) ดังนั้นพลังงานทดแทนหรือพลังงานทางเลือกจึงได้รับความสนใจและศึกษา ค้นคว้า และวิจัย เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์หลัก ได้แก่ ลดการใช้พลังงานจากฟอสซิลและกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศ (Amin, 2009)

สาหร่าย (algae) เป็นสิ่งมีชีวิตหนึ่งที่มีการสะสมกรดไขมันในเซลล์สูง ซึ่งสามารถนำไปแปรรูปเป็นพลังงานเชื้อเพลิงได้ โดยเฉพาะสาหร่ายขนาดเล็ก (microalgae) เป็นสิ่งมีชีวิตที่เจริญได้เร็ว ใช้พื้นที่ในการเพาะเลี้ยงน้อย มีต้นทุนเริ่มต้นในด้านการสร้างถังเพาะเลี้ยงและต้นทุนของอาหารต่ำ (Chisti, 2007) เป็นแหล่งพลังงานทางเลือกใหม่ที่กำลังได้รับความสนใจโดยเฉพาะในการนำไปใช้เป็นไบโอดีเซล เนื่องจากสาหร่ายสามารถเจริญได้ตลอดปี เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตจากสาหร่ายกับพืชน้ำมัน จะพบว่าให้ผลผลิตต่อพื้นที่มากกว่า (ตารางที่ 1) ตัวอย่างเช่น สาหร่ายจะผลิตชีวมวลได้ประมาณ 100 – 150 ตันต่อเฮกเตอร์ต่อปี สูงกว่าการเพาะปลูกพืชทั่วไปถึง 10 – 15 เท่า น้ำมันที่ได้จากสาหร่าย ประมาณ 40,700 – 53,200 ลิตรต่อเฮกเตอร์ต่อปี สูงกว่าปาล์มน้ำมัน 6 – 8 เท่า (Rodolfi *et al.*, 2007) แม้ว่าสาหร่ายจะต้องเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว ซึ่งใช้น้ำเป็นส่วนประกอบ แต่เมื่อเทียบปริมาณความต้องการน้ำกับพืชที่เพาะปลูกทั่วไป สาหร่ายขนาดเล็กต้องการน้อยกว่า นอกจากนี้สาหร่ายยังสามารถเพาะเลี้ยงได้ในพื้นที่ที่ไม่ใช่พื้นที่เพาะปลูก ไม่ก่อปัญหาการแย่งพื้นที่เพาะปลูกกับพืชอาหาร สาหร่ายบางชนิดยังสามารถเพาะเลี้ยงในน้ำกร่อยได้ นอกจากนี้กระบวนการสร้างชีวมวลของสาหร่ายจะลดปริมาณปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึงประมาณ 1.83 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ ต่อชีวมวลแห้งของสาหร่าย 1 กิโลกรัม ทำให้การเพาะเลี้ยงสาหร่ายไม่เพียงได้พลังงานจากการแปรรูปชีวมวล แต่ยังช่วยลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อันเป็นต้นเหตุของสภาวะโลกร้อนอีกด้วย (Chisti, 2007)

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบแหล่งวัตถุดิบที่ใช้ผลิตไบโอดีเซล

วัตถุดิบ	ปริมาณน้ำมัน (ลิตร/เฮกเตอร์)	พื้นที่เพาะปลูก (ล้านเฮกเตอร์)[a]	เปอร์เซนต์ของพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดของประเทศสหรัฐอเมริกา[a]
ข้าวโพด	172	1,540	846
ถั่วเหลือง	446	594	326
คาโนลา	1,190	223	122
จาโทรฟา	1,892	140	77
มะพร้าว	2,689	99	54
น้ำมันปาล์ม	5,950	45	24
สาหร่ายขนาดเล็ก [b]	136,900	2	1.1
สาหร่ายขนาดเล็ก [c]	58,700	4.5	2.5

[a]เพื่อให้ได้ไบโอดีเซลเพียงพอที่จะทดแทน 50 % ของน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อการขนส่ง

[b]ผลิตน้ำมันได้ 70% ของน้ำหนักแห้ง

[c]ผลิตน้ำมันได้ 30% ของน้ำหนักแห้ง

ที่มา: Chisti, 2007

สาหร่ายขนาดเล็กที่ได้รับความสนใจในการศึกษาด้านพลังงานทดแทนจะมีอยู่ 2 กลุ่มใหญ่ๆ กลุ่มแรกคือสาหร่ายจีนัส *Botryococcus* โดยเฉพาะ *B. braunii* เนื่องจากสาหร่ายชนิดนี้สามารถผลิตไฮโดรคาร์บอนได้ในปริมาณที่สูง ในหลายประเทศทั่วโลกจึงมุ่งเน้นการวิจัยมาที่สาหร่ายดังกล่าว แต่สาหร่ายชนิดนี้มีอัตราการเจริญที่ช้ามาก (Banerjee *et al.*, 2002) ทำให้งานวิจัยจำนวนมากมุ่งเน้นมาที่สาหร่ายขนาดเล็กชนิดอื่นๆ แทน เช่น สาหร่ายสีเขียว ไดอะตอม และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินหรือไซยาโนแบคทีเรีย ที่แม้จะไม่สามารถผลิตไฮโดรคาร์บอนได้โดยตรง แต่ก็สามารถผลิตกรดไขมันหรือน้ำมันอื่นๆ ได้ในปริมาณที่สูง หรือสามารถเพาะเลี้ยงได้ในปริมาณมาก ดังสรุปในตารางที่ 2

การผลิตชีวมวลของสาหร่ายเพื่อใช้เป็นพลังงานชีวภาพต้องประกอบด้วยปัจจัยที่เหมาะสมหลายประการ แบ่งตามกลุ่มพื้นฐานได้ 3 กลุ่ม ได้แก่ การเพาะเลี้ยง การเก็บเกี่ยว และการแปรรูปชีวมวล (Chun *et al.*, 2011)

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำมันหรือไฮโดรคาร์บอนจากสาหร่ายขนาดเล็ก

สาหร่ายขนาดเล็ก	ปริมาณน้ำมันหรือไฮโดรคาร์บอน (% ของน้ำหนักแห้ง)	ที่มา
Botryococcus braunii	25 – 75	Metzger and Largeau (2005), Chisti (2007)
Chlorella sp.	28 – 57.9	Miao and Wu (2004), Chisti (2007)
Crypthecodinium cohnii	20	Chisti (2007)
Cylindrotheca sp.	16 – 37	Chisti (2007)
Dunaliella primolecta	23	Chisti (2007)
Isochrysis sp.	25 – 33	Chisti (2007)
Microcystis aeruginosa	24	Miao and Wu (2004)
Monallanthus salina	>20	Chisti (2007)
Nannochloris sp.	20 – 35	Chisti (2007)
Nannochloropsis sp.	31 – 68	Chisti (2007)
Neochloris oleoabundans	35 – 54	Chisti (2007)
Nitzschia sp.	45 – 47	Chisti (2007)
Phaeodactylum tricornutum	20 – 30	Chisti (2007)
Schizochytrium sp.	50 – 77	Chisti (2007)
Spirulina sp.	0.12 – 9	ยุวดี (2546)
Tetraselmis sueica	15 – 23	Chisti (2007)

ความต้องการธาตุอาหารของสาหร่าย (ยุวดี, 2549)

การผลิตชีวมวลจากสาหร่ายเพื่อให้ได้ปริมาณมากนั้น ปัจจัยสำคัญยิ่งก็คือวิธีการเพาะเลี้ยงที่มีประสิทธิภาพ การที่สาหร่ายขนาดเล็กจะผลิตน้ำมันและไฮโดรคาร์บอนจากชีวมวลได้ดีจะต้องอาศัยปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมหลายประการ เช่น แสง อุณหภูมิ ความเข้มข้นของไอออน pH และองค์ประกอบทางด้านอาหาร ซึ่งล้วนมีผลต่อทั้งการเจริญของสาหร่ายและน้ำมันที่สาหร่ายสร้างขึ้น

ธาตุอาหารที่สาหร่ายต้องการในการเจริญมีทั้งคล้ายคลึงและแตกต่างกับพืชชั้นสูง ธาตุอาหารที่จำเป็นต้องการปริมาณมาก (macronutrient elements) เช่น คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์ ธาตุอาหารที่จำเป็นต้องการปริมาณน้อย (micronutrient elements) เช่น เหล็ก คลอไรด์ แมงกานีส โบรอน ทองแดง โมลิบดีนัม และสังกะสี

สาหร่ายบางกลุ่มต้องการธาตุอาหารที่แตกต่างออกไปจากที่กล่าวมาแล้ว เช่น พวกไดอะตอมต้องการซิลิกาสำหรับสร้างฟรัสตูล สาหร่ายบางชนิดใน Division Chrysophyta ที่มีซิลิกาเป็นส่วนประกอบของเซลล์ จะต้องการซิลิกามากเช่นกัน บางชนิดที่มีหินปูนเป็นส่วนประกอบจะต้องการแคลเซียมมากกว่าชนิดอื่นๆ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เช่น *Anabaena, Anacystis, Nostoc* ต้องการโซเดียมในการเจริญ

นอกจากนี้สาหร่ายยังต้องการสารอินทรีย์ชนิดต่างๆ ในการเจริญ เช่น วิตามินบี 12 วิตามินบี 1 และไบโอติน สาหร่ายแต่ละชนิดอาจต้องการวิตามินดังกล่าวทุกชนิด หรือต้องการเพียงชนิดใดชนิดหนึ่งก็ได้ สาหร่ายหลายกลุ่มต้องการ วิตามินบี 12 ในการเจริญ ไม่ว่าจะเป็นสาหร่ายใน Division Chlorophyta, Chrysophyta, Cryptophyta หรือ Euglenophyta สาหร่ายที่ตรวจพบว่ามีวิตามินบี 12 มากกว่าสาหร่ายชนิดอื่นคือ *Euglena* และ *Phormidium* และพบว่า *Chlorella* และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิดสามารถสังเคราะห์วิตามินบี 12 ได้ จึงคาดว่าสาหร่ายและแบคทีเรียอาจเป็นแหล่งสร้างวิตามินบี 12 ที่สำคัญในแหล่งน้ำธรรมชาติได้ วิตามินบี 1 เป็นส่วนประกอบของโคเอนไซม์ สำหรับเอนไซม์คาร์บอกซีเลส (carboxylase) มีการตรวจพบว่า *Ochromonas malhamensis* และ *Chlamydomonas reinhardtii* มีวิตามินบี 1 มากกว่าสาหร่ายชนิดอื่นๆ ไบโอตินเป็นวิตามินที่สาหร่ายต้องการน้อยกว่า 2 ชนิดแรก แต่พวกที่ต้องการวิตามินบี 12 และวิตามินบี 1 มักต้องการไบโอตินด้วยเสมอ

นอกจากที่กล่าวมาแล้วก็ยังมีสารอีกหลายชนิดที่จำเป็นต่อการเจริญของสาหร่ายแต่ละชนิดซึ่งต้องการมากน้อยไม่เท่ากัน สารดังกล่าวได้แก่ ไนอาซิน กรดพาราแอม มิโนเบนโซอิค กรดโฟลิค กรดแพนโทธินิค ไพริดอกซิน กรดแอสคอร์บิค ไกลซีน และฮิสติดิน เป็นต้น ดังนั้นในการศึกษาเกี่ยวกับอาหารที่จะเลี้ยงสาหร่ายนั้น นอกจากสารอาหารพื้นฐานแล้วยังต้องคำนึงถึงสารอินทรีย์ดังกล่าวแล้วอีกด้วย สาหร่ายชนิดใดต้องการสารอินทรีย์ประเภทใดก็เป็นสิ่งที่จะต้องศึกษากันต่อไป

น้ำทิ้งจากการเกษตรและอุตสาหกรรมนำมาใช้เป็นแหล่งสารอาหารเพื่อใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายได้ (Cantrell *et al.*, 2008) ทำให้สามารถช่วยลดปริมาณสารอาหารในน้ำทิ้ง อันจะเป็นการช่วยลดการเกิดมลภาวะทางน้ำได้อีกทางหนึ่ง ในกระบวนการแปรรูปสาหร่ายเพื่อ

ผลิตพลังงานชีวภาพ หลังจากนำสาหร่ายไปสกัดน้ำมันแล้ว ชีวมวลที่เหลืออยู่ยังสามารถนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ ทำปุ๋ย ใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตเอทานอล มีเทน (Cantrell *et al.*, 2008) และสามารถนำไปใช้ผลิตพลังงานในรูปของไบโอไฮโดรเจนได้ (Gouveia and Oliveira., 2009) ในการศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเพื่อผลิตเป็นน้ำมันนั้น การลดหรือเพิ่มธาตุอาหารบางชนิดยังส่งผลให้สาหร่ายมีการสะสมกรดไขมันในเซลล์เพิ่มขึ้นด้วย ยกตัวอย่างเช่น การเพิ่มเกลือ K_2HPO_4 ในสูตรอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงสาหร่าย *Nannochloropsis limnetica* ส่งผลให้มีการสะสมกรดไขมันมากขึ้น (Krienitz and Wirth, 2006) นอกจากนี้การลดปริมาณแหล่งไนโตรเจนยังส่งผลให้สาหร่ายประเภทไดอะตอมน้ำจืด *Stephanodiscus minutulus* มีการสะสมปริมาณกรดไขมันเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะกลุ่ม triacylglycerols แต่แตกต่างออกไปในกรณีของสาหร่ายทะเล *Ulva pertusa* จะมีปริมาณกรดไขมันต่อน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นเมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณ nitrogen source สูงถึง 15 mM (Guschina and Harwood, 2006) การเพิ่มความเค็ม (salinity) ในสูตรอาหารก็เป็นอีกทางหนึ่งที่สร้างสภาวะให้สาหร่ายมีการสะสมกรดไขมันเพิ่มในเซลล์ การเพาะเลี้ยง *Botryococcus brauni* ในสภาวะที่มีค่าความเค็มตั้งแต่ 34 mM ถึง 85 mM NaCl ส่งผลให้สาหร่ายมีการสะสมปริมาณกรดไขมันต่อน้ำหนักเซลล์เพิ่มขึ้น แต่ได้มวลชีวภาพน้อยลง (Rao *et al.*, 2007) จากการสร้างสภาวะให้สาหร่ายสะสมกรดไขมันในเซลล์ด้วยการลดธาตุอาหารหรือใช้ความเค็ม จะส่งผลให้สาหร่ายเจริญได้น้อยลงถึงแม้ว่าจะได้อัตราส่วนกรดไขมันต่อน้ำหนักเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงมีอีกแนวทางหนึ่งที่จะทำให้สาหร่ายเพิ่มการสะสมกรดไขมันในเซลล์กระทำได้โดยการเพาะเลี้ยงสาหร่ายจนเข้าสู่ระยะ stationary phase หรือได้มวลชีวภาพจำนวนมากพอ จึงเติมสารบางชนิดเพื่อสร้างสภาวะให้สาหร่ายสะสมกรดไขมัน เช่นจากการศึกษาของ Takagi *et al.* (2006) พบว่าเมื่อทำการเติม 0.5 M NaCl ลงไปหลังจากเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Dunaliella* spp. จนเข้าสู่ช่วงสุดท้ายของ log phase ทำให้มีการสะสมกรดไขมันเพิ่มขึ้นจาก 63% เป็น 70% ของน้ำหนักแห้ง

นอกจากเกลือแล้วโลหะหนักยังเป็นสารอีกชนิดหนึ่งที่สามารถใช้เหนี่ยวนำให้สาหร่ายสะสมกรดไขมันเพิ่มขึ้น โดยเมื่อเพาะเลี้ยง *Chlorella vulgaris* จนเข้าสู่ late-exponential growth phase แล้วทำการเก็บเซลล์ด้วยการ centrifuge จากนั้นเพาะเลี้ยงอีกครั้งลงในอาหารใหม่ที่มีปริมาณโลหะ Fe^{3+} มากกว่าเดิม 5 เท่า พบว่าสาหร่ายมีการสะสมกรดไขมันสูงถึง 56.6 % น้ำหนักแห้ง ซึ่งมากกว่า 7 เท่าของที่พบในสูตรอาหารปกติ (Liu *et al.*, 2008)

สภาวะที่ใช้เพาะเลี้ยงสาหร่าย

สภาวะที่ใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายมีผลต่อการเจริญและองค์ประกอบทางชีวเคมีภายในเซลล์ของสาหร่าย โดยทั่วไปสภาวะดังกล่าวแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่ photoautotrophic, heterotrophic, mixotrophic และ photoheterotrophic (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 คุณลักษณะของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายในสภาวะต่างๆ

สภาวะเพาะเลี้ยง	แหล่งพลังงาน	แหล่งคาร์บอน	ความหนาแน่นของเซลล์	ระบบการเพาะเลี้ยงในระดับใหญ่	ค่าใช้จ่าย	ข้อจำกัด
Phototrophic	แสง	สารอนินทรีย์	ต่ำ	Open pond และ photobioreator	น้อย	ได้เซลล์ไม่หนาแน่น
Heterotrophic	สารอินทรีย์	สารอินทรีย์	สูง	Conventional fermentor	ปานกลาง	ปนเปื้อนสูง ค่าสารอินทรีย์
Mixotrophic	แสงและสารอินทรีย์	สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์	ปานกลาง	Closed photobioreactor	สูง	ปนเปื้อนสูง ค่าอุปกรณ์
Photoheterotrophic	แสง	สารอินทรีย์	ปานกลาง	Closed photobioreactor	สูง	ปนเปื้อนสูง ค่าอุปกรณ์ ค่าสารอินทรีย์

ที่มา: Chun *et al.* (2011)

สภาวะการเพาะเลี้ยงแบบ photoautotrophic

การเพาะเลี้ยงแบบ photoautotrophic หรือ autotrophic เป็นการเพาะเลี้ยงโดยสาหร่ายจะใช้แสง เช่น แสงอาทิตย์ เป็นแหล่งพลังงาน ใช้คาร์บอนอนินทรีย์ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นแหล่งคาร์บอน (Huang *et al.*, 2010) การเพาะเลี้ยงแบบนี้เป็นสภาวะที่นิยมใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็ก (Gouveia *et al.*, 2009; Gouveia and Oliveira, 2009; Illman *et al.*, 2000) ปริมาณไขมันในสาหร่ายจะอยู่ระหว่าง 5% ถึง 68% ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของสาหร่าย โดยทั่วไปจะพบว่าถ้าเพาะเลี้ยงภายใต้สภาวะที่มีไนโตรเจน หรือสารอาหารจำกัดจะทำให้สาหร่ายมีการสะสมไขมันเพิ่มขึ้น (Mata *et al.*, 2010) รายงานปริมาณไขมันที่พบสูงสุดในสาหร่ายขนาดเล็กที่เพาะเลี้ยงด้วยสภาวะ autotrophic โดย Chiu *et al.* (2008) ซึ่ง

เพาะเลี้ยง *Chlorella* sp. ร่วมกับ 2% CO_2 และให้อากาศ 0.25 vvm พบว่าจะได้ปริมาณไขมัน 179 mg/L/d

ข้อดีของการเพาะเลี้ยงด้วยสภาวะ autotrophic คือการใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นแหล่งคาร์บอน เพื่อการเจริญและการผลิตน้ำมันของสาหร่าย แต่ในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย จะต้องเพาะเลี้ยงในบริเวณที่ใกล้โรงงาน หรือโรงผลิตพลังงานที่สามารถปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาได้ในปริมาณมากเพียงพอต่อการเจริญของสาหร่าย นอกจากนี้การเพาะเลี้ยงดังกล่าวจะมีปัญหาเรื่องการปนเปื้อนน้อยกว่าการเพาะเลี้ยงแบบอื่นๆ ดังนั้นในการเพาะเลี้ยงระดับใหญ่ เช่น การเพาะเลี้ยงแบบกลางแจ้ง หรือบ่อระบบน้ำวน จะนิยมใช้การเพาะเลี้ยงแบบ photoautotrophic (Mata *et al.*, 2010)

สภาวะการเพาะเลี้ยงแบบ heterotrophic

สาหร่ายบางสายพันธุ์สามารถใช้สารคาร์บอนอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ไม่มีแสงเพื่อการเจริญได้เช่นเดียวกับแบคทีเรีย สภาวะที่สาหร่ายใช้สารคาร์บอนอินทรีย์เป็นทั้งแหล่งพลังงานและแหล่งคาร์บอน เพื่อการเจริญได้ เรียกสภาวะนี้ว่า heterotrophic การเพาะเลี้ยงสาหร่ายด้วยสภาวะดังกล่าวนี้จะช่วยแก้ปัญหาในเรื่องของปริมาณแสงที่อาจมีจำกัดเมื่อเพาะเลี้ยงด้วยสภาวะ autotrophic ซึ่งจะส่งผลต่อความหนาแน่นของเซลล์ที่เพาะเลี้ยงได้ (Huang *et al.*, 2010) และยังพบว่าสาหร่ายจะมีปริมาณไขมันในเซลล์สูงขึ้น เช่นในงานวิจัยของ Xu *et al.* (2006) ซึ่งศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสายพันธุ์ *Chlorella protothecoides* พบว่าเมื่อเปลี่ยนสภาวะการเพาะเลี้ยงจาก phototrophic เป็น heterotrophic ปริมาณไขมันจะสูงขึ้น 40% ของน้ำหนักแห้ง

สาหร่ายขนาดเล็กมีความสามารถในการใช้สารอินทรีย์คาร์บอนได้หลากหลายชนิด เช่นglucose, acetate, glycerol, fructose sucrose, lactose, galactose และ mannose เพื่อใช้ในการเจริญ (Liang *et al.*, 2009) มีงานวิจัยที่ได้ศึกษาการใช้แหล่งคาร์บอนอินทรีย์อื่นๆ ที่มีราคาถูก เช่น การใช้ corn powder hydrolysate (CPH) แทนน้ำตาล พบว่าได้ชีวมวลในปริมาณที่สูง (2 g/L/d) และได้ไขมัน 932 mg/L/d (Xu *et al.*, 2006) สำหรับปริมาณไขมันมากที่สุดเท่าที่มีรายงาน พบในงานวิจัยของ Xiong *et al.* (2008) ซึ่งเพาะเลี้ยงสาหร่ายใน fermentor ขนาด 5 ลิตร เลี้ยงแบบ fed-batch culture พบว่าสาหร่ายผลิตไขมันสูงที่สุดถึง 3700 mg/L/d มากกว่าปริมาณไขมันที่ได้จากการเพาะเลี้ยงภายใต้สภาวะ phototrophic ถึงประมาณ 20 เท่า แต่อย่างไรก็ตามการเพาะเลี้ยงในสภาวะ heterotrophic โดยใช้น้ำตาลเป็นแหล่งคาร์บอนนั้นปัญหาสำคัญที่มักพบได้บ่อยคือปัญหาเรื่องการปนเปื้อน (Chun *et al.*, 2011)

สภาวะการเพาะเลี้ยงแบบ mixotrophic

การเพาะเลี้ยงภายใต้สภาวะ mixotrohpic นั้น สาหร่ายจะมีการสังเคราะห์แสงโดยใช้ทั้งคาร์บอนอินทรีย์และคาร์บอนอนินทรีย์เป็นแหล่งคาร์บอน ซึ่งสาหร่ายจะสามารถอาศัยอยู่ได้ทั้งในสภาวะที่เป็น phototrophic และ heterotrophic เมื่อสาหร่ายใช้สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์คาร์บอน เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นแหล่งคาร์บอน สาหร่ายจะปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาผ่านทางกระบวนการหายใจ ซึ่งคาร์บอนไดออกไซด์ดังกล่าวจะถูกนำไปใช้ในการเจริญภายใต้สภาวะ phototrophic ต่อไป (Mata *et al.*, 2010) การเพาะเลี้ยงสาหร่ายในสภาวะ mixotrophic นี้ ยังไม่เป็นที่แพร่หลายนักเมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะ photoautotrophic และ heterotrophic

สภาวะการเพาะเลี้ยงแบบ photoheterotrophic

ในการเพาะเลี้ยงแบบ photohetertrophic สาหร่ายจะใช้แสงเมื่อมีการใช้สารอินทรีย์เป็นแหล่งคาร์บอน ดังนั้นในการเพาะเลี้ยง จึงต้องใช้ทั้งแสงและน้ำตาลในเวลาเดียวกัน ข้อแตกต่างระหว่างการเพาะเลี้ยงแบบ mixotrophic และ photoheterotrophic คือ สภาวะ mixotrophic จะสามารถใช้สารอินทรีย์เป็นแหล่งพลังงาน ขณะที่ photoheterotrophic จะใช้แสงเป็นแหล่งพลังงาน การเพาะเลี้ยงสาหร่ายในสภาวะเช่นนี้ ยังมีรายงานน้อยมาก (Chun *et al.*, 2011)

งานวิจัยที่ศึกษาและเปรียบเทียบสภาวะการเพาะเลี้ยงแบบ autotrophic, heterotrophic และ mixotrophic

Perez-Garcia *et al.* (2010) ได้เพาะเลี้ยงสาหร่าย *Chlorella vulgaris* Beij ในสภาวะ heterotrophic, autotrophic และ mixotrophic เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และกลูโคสจากน้ำเสียสังเคราะห์ โดยทำการเพาะเลี้ยงสาหร่าย 3 วิธี ได้แก่ เพาะเลี้ยงแบบอิสระ แบบตรึงด้วย alginate bead และแบบร่วมกับแบคทีเรีย *Azospirillum brasilense* พบว่าการเพาะเลี้ยงแบบ heterotrophic โดยให้สาหร่ายเจริญแบบอิสระ สาหร่ายจะมีการใช้แอมโมเนียมไนโตรเจนสูงที่สุด และจะให้ชีวมวลของสาหร่ายสูงที่สุด ขณะที่ประสิทธิภาพในการใช้ฟอสฟอรัสแม้จะมีมากที่สุดในการเพาะเลี้ยงแบบ autotrophic แต่ทั้งนี้ถือได้ว่ามีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกับการเพาะเลี้ยง heterotrophic และ mixotrotrophic ส่วนการเพาะเลี้ยงสาหร่ายร่วมกับแบคทีเรีย *A. brasilense* พบว่าจะมีอิทธิพลต่อการเจริญของสาหร่ายเมื่อมีการให้แสงร่วมด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าในทุกสภาวะการเพาะเลี้ยง ค่า pH จะลดลงเมื่อ

สาหร่ายมีการใช้กลูโคส งานวิจัยนี้ได้สรุปว่า การเพาะเลี้ยงสาหร่ายแบบ heterotrophic โดยใช้กลูโคสในการเจริญ สาหร่ายจะมีการใช้แอมโมเนียมไนโตรเจน และฟอสเฟสได้ดีที่สุด

นอกจากนี้มีงานวิจัยของ Scarsella *et al.* (2010) ได้ศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Chlorella vulgaris* โดยเปรียบเทียบสภาวะที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยง 3 แบบ คือ autotrophic, mixotrophic และ heterotrophic พบว่าการเพาะเลี้ยงแบบ mixotrophic ให้ผลดีกว่าการเพาะเลี้ยงแบบ autotrophic และ heterotrophic โดยสาหร่ายมีการเจริญได้ดีกว่า และมี lipid content ประมาณ 16.6% สำหรับการเพาะเลี้ยงแบบ mixotrophic ส่วนการเพาะเลี้ยงแบบ heterotrophic และ autotrophic มี lipid content ประมาณ 9% และ 6% ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Heredia-Arroyo *et al.* (2011) ซึ่งได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยง *Chlorella vulgaris* เพื่อสะสมไขมัน โดยเปรียบเทียบการใช้สารต่างๆ เป็นแหล่งคาร์บอน ทำการเพาะเลี้ยงแบบ autotrophic แบบ heterotrophic และแบบ mixotrophic พบว่าชีวมวลของสาหร่ายดังกล่าวที่ได้จากการเพาะเลี้ยงแบบ mixotrophic จะมีปริมาณมากกว่าการเพาะเลี้ยงแบบอื่นๆ และพบว่าการใช้ acetate เป็นแหล่งคาร์บอนจะทำให้สาหร่ายมีการเจริญดีกว่าการใช้ glycerol เป็นแหล่งคาร์บอน

ระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่าย

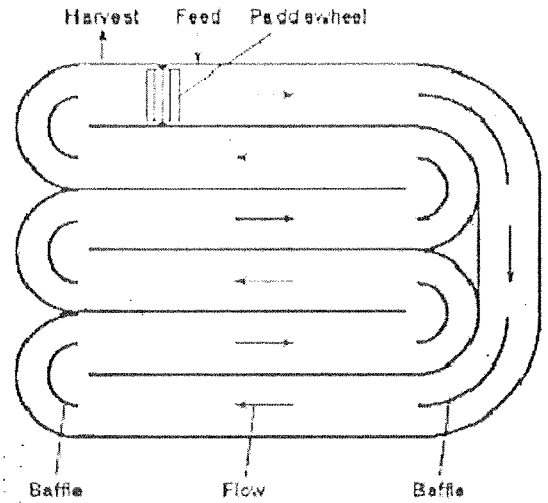
แนวทางในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเพื่อเป็นแหล่งพลังงานได้เกิดขึ้นมานานกว่าที่คนส่วนใหญ่คาดการณ์ไว้ เริ่มตั้งแต่ในช่วงปี ค.ศ. 1950 ได้มีแนวคิดที่จะผลิตก๊าซมีเทนจากสาหร่าย จนกระทั่งถึงปัจจุบันนี้ ระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายในระดับอุตสาหกรรม แบ่งได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่

1. ระบบการเพาะเลี้ยงแบบเปิด (open ponds)
2. ระบบปฏิกรณ์ชีวภาพแบบใช้แสงแบบปิด (closed photobioreactor)
3. ระบบการเพาะเลี้ยงแบบผสมผสาน (open and closed systems/hybrid systems)

ระบบเพาะเลี้ยงแบบเปิด (Open ponds)

ระบบที่นิยมใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายในเชิงพาณิชย์ ได้แก่ ระบบการเพาะเลี้ยงแบบบ่อเปิด ซึ่งแบ่งย่อยได้เป็น 4 แบบ ได้แก่ บ่อเปิดขนาดใหญ่ (large open ponds) บ่อทรงกลมที่มีระบบระบบเคล้าน้ำ (circular ponds with rotating components for mixing) บ่อระบบน้ำวน (raceway ponds) และถุงเพาะเลี้ยงขนาดใหญ่ (large bags) แบบที่นิยมใช้มากที่สุด คือ บ่อระบบน้ำวนที่มีใบพัดสำหรับเคล้าน้ำ (ภาพที่ 1)

แม้ว่าระบบเพาะเลี้ยงแบบเปิดจะมีความน่าสนใจในแง่การลงทุนเชิงพาณิชย์ เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการสร้างระบบน้อยกว่าระบบการเพาะเลี้ยงแบบปิด และแบบผสมผสาน แต่สำหรับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเพื่อผลิตน้ำมันชีวภาพ ระบบการเพาะเลี้ยงแบบเปิดยังมีข้อจำกัดในเรื่องของการแข่งขันการเจริญระหว่างสาหร่ายที่ต้องการเพาะเลี้ยงกับสาหร่ายอื่น และการอยู่รอดของสาหร่ายในบ่อเพาะเลี้ยง ทำให้การคงสภาพสาหร่ายสายพันธุ์เดี่ยว (monoculture) ที่ต้องการได้ยาก ปัจจุบันนี้ การเพาะเลี้ยงสาหร่ายในระบบเพาะเลี้ยงแบบเปิด ในเชิงพาณิชย์จะนิยมใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายที่เจริญในสภาพแวดล้อมแบบวิกฤต (extreme environments) เช่น สาหร่าย *Dunaliella, Spirulina,* และ *Chlorella* ซึ่งเจริญในสภาพแวดล้อมที่มีความเค็ม ความเป็นด่าง และสารอาหารสูง ตามลำดับ ทำให้ไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการแข่งขันการเจริญกับสาหร่ายอื่นๆ (Borowitzka, 1999) ข้อจำกัดที่สำคัญอีกประการหนึ่งเมื่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายด้วยระบบเปิด ได้แก่ การสูญเสียน้ำเนื่องจากการระเหย (Kunjapur and Eldridge, 2010) ดังนั้นหากต้องการเพาะเลี้ยงสาหร่ายด้วยระบบดังกล่าว จะต้องมีการคำนึงถึงข้อจำกัดดังที่กล่าวมา



ภาพที่ 1 ระบบเพาะเลี้ยงสาหร่ายแบบระบบน้ำวน

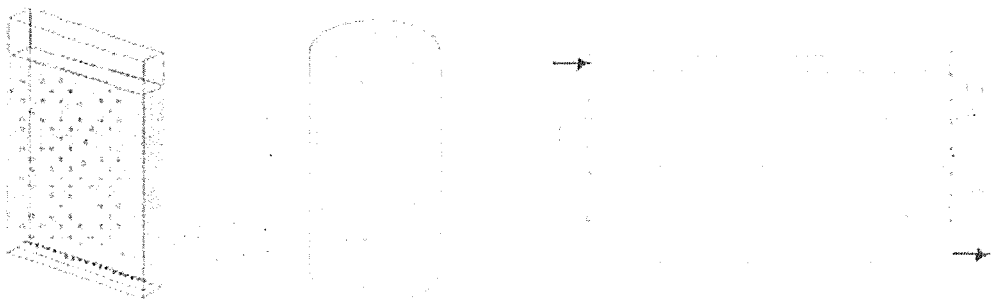
ที่มา: Kunjapur and Eldridge (2010)

ระบบปฏิกรณ์ชีวภาพแบบใช้แสง (Closed photobioreactor)

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายในถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบใช้แสง เป็นการเพาะเลี้ยงแบบปิด ทำให้สาหร่ายปลอดการปนเปื้อน แม้ว่าเมื่อเปรียบค่าใช้จ่ายในการสร้างระบบ จะสูงกว่าระบบการเพาะเลี้ยงแบบเปิด แต่ระบบการเพาะเลี้ยงนี้ถือได้ว่าเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพ ให้

ผลผลิตชีวมวลสาหร่ายสูง (2 to 5 g/L) ใช้เวลาเก็บเกี่ยวสั้น (2 – 4 สัปดาห์) มีอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวและปริมาตรเพาะเลี้ยงสูงกว่าระบบการเพาะเลี้ยงแบบบ่อเปิด (25 – 125/m) (Chun *et al.*, 2011)

ปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาถังปฏิกรณ์ชีวภาพขึ้นมาหลายแบบ เช่น tubular, flat-plated, annular, rectangular, continued stirred reactors (Bajpai and Tyagi, 2006; Grima *et al.*, 2010) แต่แบบที่นิยมใช้กันทั่วไป คือแบบ tubular, flat-plated และ annular หรือ column (ภาพที่ 2) (Posten, 2009)



A) Flat plate reactor B) Annular หรือ Column reactor C) Tubular reactor

ภาพที่ 2 closed photobioreactor ที่นิยมใช้เพาะเลี้ยงสาหร่าย
ที่มา: Posten (2009)

Sánchez Mirón *et al.* (1999) ได้เปรียบเทียบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายด้วยถังปฏิกรณ์แบบ tubular และ column พบว่า ถังปฏิกรณ์แบบ tubular จะมีข้อจำกัดในด้านการขยายปริมาตรการเพาะเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ ขณะที่แบบ column จะแนวโน้มนำไปขยายปริมาตรการเพาะเลี้ยงได้ และยังใช้พลังงานน้อยกว่า

ถังปฏิกรณ์แบบแนวตั้ง (Vertical reactor) จะลดการเกิดการยับยั้งการเจริญด้วยแสง (photoinhibition) และใช้พื้นที่น้อย แต่จะขยายปริมาตรการเพาะเลี้ยงได้ไม่มาก Sierra *et al.* (2008) กล่าวว่า ถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบ flat panel และ tubular จะขยายขนาดการเพาะเลี้ยงได้มากกว่า 1,000 ลิตร ขณะที่ถังปฏิกรณ์แบบแนวตั้ง จะเพาะเลี้ยงได้เพียง 125 ลิตร

Chun *et al.* (2011) ได้สรุปว่า การขยายขนาด หรือปริมาตรการเพาะเลี้ยงในระบบแบบปิด แม้สามารถทำได้โดยเพิ่มจำนวนถังปฏิกรณ์ แต่ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่สำคัญสำหรับการเพาะเลี้ยง เช่น แสง การเคล้าน้ำ ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์

สารอาหาร และอุณหภูมิ เป็นต้น จะเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน และการคงสภาพสาหร่ายสายพันธุ์เดี่ยวในทุกถังปฏิกรณ์ต้องใช้การดูแลอย่างใกล้ชิดและจริงจัง

ระบบการเพาะเลี้ยงแบบผสมผสาน (Open and closed systems/hybrid systems)

นักวิทยาศาสตร์หลายคนมีความเชื่อว่าการรวมระบบการเพาะเลี้ยงทั้งแบบเปิดและแบบปิดเข้าด้วยกันจะเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะเลี้ยงสาหร่าย ระบบการเพาะเลี้ยงดังกล่าวในเชิงพาณิชย์ จะแบ่งเป็นสองขั้นตอนใหญ่ เริ่มจากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายในระบบปิดเพื่อทำให้เซลล์มีการเจริญสูงที่สุด จากนั้นจะย้ายเซลล์ไปเลี้ยงในระบบเปิด แล้วทำให้สาหร่ายอยู่ในภาวะการขาดแคลนอาหาร เพื่อให้สาหร่ายเกิดความเครียดและมีการสะสมไขมันมากขึ้น และได้ยกตัวอย่างการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Haematococcus pluvialis* ด้วยระบบดังกล่าว ซึ่งเดิมมีวัตถุประสงค์ในการเพาะเลี้ยงเพื่อผลิตแอสตาแซนทิน (astaxanthin) แต่พบว่าสาหร่ายดังกล่าวสามารถสะสมไขมันได้เช่นกัน และเมื่อเพาะเลี้ยงด้วยระบบแบบผสมผสาน พบว่าได้ผลผลิตสูงกว่าการเพาะเลี้ยงด้วยระบบปิด หรือระบบเปิดอย่างใดอย่างหนึ่ง (Chun *et al.*, 2011)

สิ่งที่ต้องพึงระวังในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายด้วยระบบนี้ คือระยะเวลาที่จะเลี้ยงสาหร่ายในระบบเปิด ซึ่งจะทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนได้ง่าย ข้อด้อยอีกประการหนึ่งของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายด้วยระบบเพาะเลี้ยงแบบผสมผสาน ได้แก่ค่าใช้จ่ายในการสร้างระบบ ซึ่งจะต้องสร้างทั้งระบบปิด และระบบเปิด ทำให้มีระบบดังกล่าวมีค่าใช้จ่ายสูงกว่าการสร้างระบบเพาะเลี้ยงแบบใดแบบหนึ่ง

ปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตน้ำมันชีวภาพจากสาหร่าย

การเก็บเกี่ยวชีวมวลของสาหร่าย เป็นอีกหนึ่งขั้นตอนที่สำคัญ และยังคงเป็นปัญหาสำหรับเทคโนโลยีการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากสาหร่าย เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายที่ถือว่าค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับผลผลิตที่ได้ และคิดเป็น 20 – 30% ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด (Grima *et al.* 2003) หลักการที่สำคัญที่นิยมใช้ในการเก็บเกี่ยว ได้แก่ การตกตะตอนด้วยแรงโน้มถ่วง (sedimentation in gravity field) การปั่นเหวี่ยง (centrifugation) การทำให้ลอยเกาะกลุ่ม (floatation) และการกรอง (filtration) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสาหร่าย สำหรับสาหร่ายสีเขียวที่มีขนาดเล็ก ขนาดเซลล์ประมาณ 3 – 10 μm วิธีการเก็บเกี่ยวชีวมวลที่เหมาะสม คือการปั่นเหวี่ยง และการกรอง แต่วิธีการปั่นเหวี่ยงจะมีค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง โดยเฉพาะเมื่อใช้กับการเพาะเลี้ยงในปริมาณมาก ดังนั้นวิธีการกรองจึงอาจเป็นวิธีที่เหมาะสม แต่เดิมวิธีการดังกล่าวนิยมใช้ในการกำจัดสาหร่ายจากแหล่งน้ำ เป็นวิธีที่ใช้พลังงานไม่มาก ค่าใช้จ่ายไม่สูง สามารถใช้ร่วมกับการใช้แรงดันหรือแรงดันสุญญากาศเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกรอง พลังงาน

ที่ใช้จะอยู่ที่ประมาณ 0.3 – 2 kW h m^{-3} ขณะที่การปั่นเหวี่ยงจะต้องใช้พลังงานตั้งแต่ 1 kW h m^{-3} ขึ้นไป (Grima *et al.* 2003)

การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Scenedesmus* sp. AARL G022

จากโครงการวิจัยเรื่อง "การศึกษาสายพันธุ์สาหร่ายขนาดเล็กและพัฒนาสภาวะที่ใช้เพาะเลี้ยงเพื่อหาความเป็นไปได้ในการผลิตเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง" ซึ่งเป็นหนึ่งในแผนงานวิจัย "การพัฒนาการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากสาหร่ายขนาดเล็ก ระยะที่ 1" แผนงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดินในปี 2553 ซึ่งมุ่งเน้นที่จะคัดเลือกหาสายพันธุ์สาหร่ายขนาดเล็กที่มีอัตราการเจริญเติบโตเร็ว รวมถึงมีการสะสมไขมันในเซลล์สูง โดยเปรียบเทียบสายพันธุ์ที่แยกได้ในประเทศไทยและสายพันธุ์ที่มีปริมาณไขมันสูงที่มีรายงานจากต่างประเทศ จากนั้นนำสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้มาทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสม รวมถึงปริมาณส่วนประกอบของอาหารที่ทำให้สาหร่ายเจริญเติบโตได้รวดเร็ว และมีความสามารถในการผลิตไขมันสูง ภายใต้สภาวะ autotrophic ในอาหาร AM ซึ่งมีต้นทุนในด้านอาหารไม่สูงนัก พบว่า สาหร่ายสายพันธุ์จากประเทศไทย *Scenedesmus* sp. AARL G022, *Monoraphidium* sp. AARLG044 และ *Carteria* sp. AARLG045 มีศักยภาพในการเพาะเลี้ยงเพื่อนำมาผลิตเป็นน้ำมันชีวภาพได้ ซึ่งพิจารณาจาก การเจริญที่รวดเร็วโดยเฉพาะ *Scenedesmus* sp. AARL G022 และ *Carteria* sp. AARLG045 ที่ใช้เวลาเพียง 18 วันก่อนที่จะเข้าสู่ stationary phase และเมื่อสิ้นสุดการทดลองสาหร่าย *Scenedesmus* sp. AARL G022 ให้ชีวมวลที่สูงเนื่องจากเซลล์มีขนาดใหญ่ และมีชีวปริมาตร (biovolume) สูงกว่าสาหร่ายอีกสองชนิด (ยุวดี และคณะ, 2554)

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเพื่อเป็นพลังงานทางเลือกนั้นนอกจากจะต้องคำนึงถึงชนิดและปริมาณของน้ำมันหรือไฮโดรคาร์บอนแล้ว สิ่งที่สำคัญคือต้องคำนึงถึงต้นทุนในการเพาะเลี้ยง งานวิจัยเกี่ยวกับสาหร่ายที่ผลิตน้ำมันหรือไฮโดรคาร์บอนส่วนใหญ่ยังคงมุ่งเน้นไปที่การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสายพันธุ์เดี่ยวโดยใช้สูตรอาหารที่ใช้สารเคมีที่มีราคาแพง ทำให้การผลิตน้ำมันจากสาหร่ายมีต้นทุนที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานทางเลือกที่มีอยู่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน โดยเฉพาะน้ำมันปาล์ม การค้นคว้าวิจัยเพื่อลดต้นทุนในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายที่ผลิตน้ำมันได้จึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง ประกอบกับในห้องปฏิบัติการวิจัยสาหร่ายประยุกต์มีคลังสาหร่ายสีเขียวขนาดเล็กหลายสายพันธุ์ที่คัดแยกได้จากแหล่งน้ำภายในประเทศ แม้สาหร่ายเหล่านี้จะมีปริมาณกรดไขมันแตกต่างกันไป แต่หากสามารถทำการเพาะเลี้ยงได้ในปริมาณที่สูง

244857

ก็ย่อมจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ ประกอบกับหากพบวิธีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายที่เป็นสายพันธุ์ภายในประเทศซึ่งผลิตน้ำมันได้โดยอาศัยต้นทุนที่ไม่สูงนัก มีแนวโน้มที่จะขยายการเพาะเลี้ยงในปริมาณมากภายใต้สภาพแวดล้อม และภูมิอากาศของประเทศได้ ก็จะสามารถนำไปสู่การใช้เป็นแหล่งพลังงานทางเลือกใหม่ของประเทศไทยต่อไป

วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กแบบ mixotrophic ในแหล่งคาร์บอนต่าง ๆ

2. เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาให้แสงและไม่ให้แสงที่มีต่อการเจริญและสะสมกรดกรดไขมันในสาหร่ายขนาดเล็ก

3. ศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายแบบ mixotrophic ใน photobioreacter

แนวความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กโดยใช้สภาวะ mixotrophic เป็นการเพาะเลี้ยงที่ให้สาหร่ายสังเคราะห์แสง เช่นเดียวกับการเพาะเลี้ยงสภาวะ autotrophic แต่มีการเพิ่มแหล่งของคาร์บอนเพื่อช่วยในการเจริญ และการควบคุมระยะเวลาให้แสงและไม่ให้แสง (dark-light cycle) เพื่อให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นกว่าเดิมในการนำไปแปรรูปเป็นน้ำมันชีวภาพ โดยทั่วไปแล้วแหล่งคาร์บอนที่นิยมใช้ในการเพาะเลี้ยงแบบ mixotrophic หรือ heterotrophic คือน้ำตาลกลูโคส แต่เนื่องจากจำเป็นต้องใช้ในสัดส่วนที่สูง และน้ำตาลกลูโคสยังเป็นสารเคมีที่มีราคาแพงดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้ศึกษาแหล่งคาร์บอนชนิดอื่นที่มีราคาไม่แพง แต่ยังสามารถส่งเสริมการเจริญและการสะสมกรดไขมันในเซลล์สาหร่าย นอกจากนี้ในงานวิจัยนี้ยังต้องการที่จะศึกษาระบบเพาะเลี้ยงแบบปิด โดยใช้ photobioreactor อย่างง่าย เนื่องจากการเพาะเลี้ยงแบบ mixotrophic มีการเสริมแหล่งคาร์บอน ซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการปนเปื้อน อีกทั้งการใช้ photobioreactor ยังช่วยเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ ทำให้ได้น้ำมันชีวภาพจากสาหร่ายที่มีราคาถูกลงและสามารถใช้เป็นพลังงานทางเลือกต่อไปได้ในอนาคตอย่างเป็นรูปธรรม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบสภาวะและสูตรอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กเพื่อผลิตเป็นน้ำมันชีวภาพ ซึ่งอาจนำไปจดอนุสิทธิบัตร หรือสิทธิบัตรได้

2. ได้ photobioreactor ที่สามารถเพิ่มผลผลิตสาหร่ายขนาดเล็ก