น้ำมันเขียว
การค้นพบที่ท้าทาย

ดิเรก ศรีณพงษ์

การค้นพบน้ำมันจากพืชโบราณขนาดเล็กนามว่า "สาหร่าย" เป็นทางเลือกใหม่ท่ามกลางภาวะโลกร้อนและน้ำมันแพง การค้นหาบ่อน้ำมันจากมวลชีวภาพของพืชเซลเดียว เป็นงานท้าทายเร่งด่วนของนักวิจัย ซึ่งกำลังค้นหาแนวทางใช้สาหร่ายดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และออกไซด์ของไนโตรเจน(NO_x) ไปใช้เป็นปัจจัยผลิตน้ำมันเขียวแทนการเผาไหม้ของเครื่องยนต์อย่างเอาจริงเอาจังอยู่ในประเทศที่ใช้น้ำมันเปลืองทั้งหลายอยู่ในขณะนี้

ตามธรรมชาติ สาหร่ายอุดมด้วยโปรตีน หลายประเทศใช้เป็นแหล่งอาหารเสริมอย่างที่ทราบกันอยู่ทั่วไป ปัจจุบันยังพบว่า สาหร่ายอุดมไปด้วยน้ำมัน (lipids-triglyceride) ซึ่งสามารถพัฒนาให้เป็นแหล่งน้ำมันดิบทางเลือกใหม่ของโลกอีกทางหนึ่ง และขณะนี้ มีรายงานว่า ประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศที่พัฒนาแล้วหลายประเทศ กำลังวิจัยพัฒนาผลิตน้ำมันจากสาหร่ายในระดับอุตสาหกรรมกันแล้ว

สาหร่ายหลายสายพันธุ์ อุดมด้วยน้ำมันมากว่าร้อยละ 30 ของน้ำหนักมวลชีวภาพ นักวิจัยของสหรัฐอเมริกาได้คัดเลือกสาหร่ายน้ำจืดและน้ำเค็มซึ่งพบแล้วว่ามีปริมาณน้ำมันสูงจากทั่วโลกมากว่า 300 สายพันธุ์มาพัฒนา โดยใช้เทคโนโลยีระดับชีวโมเลกุลเร่งการสังเคราะห์แสงเพื่อเพิ่มผลผลิตน้ำมันและผลิตไฮโดรเจนจากสาหร่ายสายพันธุ์ที่มีคาร์โบไฮเดรทมากให้สูงขึ้น

บ่อน้ำมันเขียวพบว่าลอยอยู่ใกล้ผิวน้ำ โดยสาหร่ายได้สะสมไว้เป็นส่วนประกอบของผนังเซลเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานและใช้ในกระบวนการทำงานภายในเซล กลุ่มที่สะสมน้ำมัน พบว่า เป็นสาหร่ายเซลเดียวและพวกสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน หรือเรียกรวม ๆ กันว่า "microalgae" ซึ่งสะสมน้ำมันไว้แตกต่างกันระหว่างร้อยละ 2 ถึง 40 ของน้ำหนัก

บ่อน้ำมันในสาหร่ายโดยทั่วไปเกิดขึ้นในสถานการณ์บีบคั้นบางประการ เช่น การสะสมน้ำมันมักจะเกิดในภาวะขาดแคลนอาหาร ปริมาณน้ำมันและกรดไขมันขึ้นอยู่กับสภาพการปลูกและการเก็บเกี่ยวหรือสภาพการเจริญเติบโต บางกรณี ในภาวะพร่องไนโตรเจน สาหร่ายจะสะสมน้ำมันมากขึ้น อย่างไรก็ตาม การตัดต่อสายพันธุกรรมเพื่อเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ "carboxylic acetylcoenzyme A" ดูเหมือนจะเป็นทางเลือกสำคัญที่จะช่วยให้สาหร่ายสามารถสะสมน้ำมันได้มากขึ้น

การใช้สาหร่ายผลิตน้ำมันเป็นทางเลือกใหม่ของโลกสีเขียวเพราะประหยัดและช่วยลดมลพิษ ที่ผ่านมา เราผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ(biofuels) จากมะพร้าว ปาล์มน้ำมัน ทานตะวัน ถั่วเหลือง ฯ และผลิตอัลกอฮอร์ **(bioethanol)** จากการหมักของน้ำตาลจากอ้อย ข้าวโพด ข้าวสาลี รวมทั้งพืชหัวหลายชนิด ต้องใช้พื้นที่เพาะปลูกจำนวนมาก และยังสร้างมลพิษจากกระบวนการผลิตเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับการผลิตน้ำมันจากสาหร่าย ซึ่งใช้กระบวนการผลิตที่อิงอยู่กับธรรมชาติ ทำให้สิ่งแวดล้อมสะอาด เปรียบเสมือนการเดินทางเข้าสู่ระบบนิเวศด้วยบรรยากาศที่เป็นมิตร ต่างอ้อยทีอ้อยอาศัย เข้าใจความต้องการซึ่งกันและกัน เหมือนเช่นที่สาหร่ายเข้าใจและได้สร้างโลกสีเขียวมาให้แล้วนับแต่โลกเริ่มเย็นลง

สาหร่ายเป็นพืชโบราณต้นกำเนิดชาติพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตทุกชีวิตในโลกนี้ เป็นพืชเซลเดียว ขนาดแตกต่างกันตั้งแต่ 5 ไมโครเมตร ซึ่งมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า จนกระทั่ง 5 มิลลิเมตร เจริญเติบโตอยู่ทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็ม ในสัดส่วนที่สูงกว่าแพลงตอนสัตว์ทั่วโลก เป็นพืชที่กำเนิดมาพร้อม ๆ กับโลกเมื่อเริ่มเย็นลง ได้ดูดซับพลังงานจากแสงอาทิตย์มาสร้างอาหาร และปลดปล่อยออกซิเจนมาให้โลกริเริ่ม

วิวัฒนาการมาตามลำดับ

จากซากดึกดำบรรพ์เป็นหลักฐานว่าสาหร่ายมีอายุไม่น้อยกว่า 2,500 ล้านปี แปลความได้ว่าสาหร่ายได้ผลิตน้ำมันให้โลกมาแล้วเท่ากับอายุที่ยาวนานของมัน จึงเป็นเหตุผลที่ชัดเจนว่า น้ำมันดิบใต้พิภพส่วนหนึ่งเป็นผลิตผลจากสาหร่ายอย่างแน่นอน

ประมาณว่า ทั่วโลกมีสาหร่ายไม่น้อยกว่า 100,000 สายพันธุ์ แต่ละปีได้มีรายงานการค้นพบสาหร่ายเพิ่มขึ้นไม่น้อยกว่า 400 สายพันธุ์ หลายสายพันธุ์อุดมด้วยน้ำมันรอคอยให้มนุษย์วิจัยพัฒนามาใช้ประโยชน์แทนน้ำมันใต้พิภพตามเงื่อนไขของโลกสีเขียวอยู่นานแล้ว ดังตัวอย่างสายพันธุ์ ซึ่งอยู่ในกระแสวิจัยดังต่อไปนี้

- *Neochloris oleoabundans*
- *Scenedesmus dimorphus*
- *Euglena gracilis*
- *Phaeodactylum tricornutum*
- *Pleurochrysis carterae*
- *Prymnesium parvum*
- *Tetraselmis chui*
- *Isochrysis galbana*
- *Nannochloropsis salina*
- *Botryococcus braunii*
- *Dunaliella tertiolecta*
- *Nannochloris sp.*
- *Spirulina sp.*
- *Bacilliarophy sp.*

สาหร่ายมีกระบวนการผลิตอาหาร(Photosynthetic process) เหมือนกับพืชชั้นสูงทั่วไป ซึ่งเปรียบเสมือนโรงงานผลิตสารเคมีชีวภาพแบบย่อส่วน สามารถใช้คาร์บอนไดออกไซด์ ร่วมกับเอนไซม์ Rubisco (Ribulose 1.5 carboxylic biphosphate) เป็นปัจจัยเริ่มต้นในกระบวนการสังเคราะห์น้ำตาลและน้ำมัน (lipid)หลายรูปแบบ เช่น กรดไขมัน(fatty acids) พวก glycerol ที่ผสมอยู่กับกรดไขมันเรียกว่า "neutral fats" สเตอรอยด์(steroids) และสารอินทรีย์ที่มีฟอสเฟทเป็นองค์ประกอบหลัก(phosphatids) อื่น ๆ อีกหลายชนิด

นักวิจัยของห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานใหม่แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (the National Renewable Energy Laboratory) พบว่า เอนไซม์ acetyl-CoA มีบทบาทสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์วัตถุดิบตั้งต้น ซึ่งจำเป็นในการผลิตน้ำมันชีวภาพ ได้แก่ triglycerides หรือ triacylglycerols

นักวิจัยกลุ่มดังกล่าวยังพบว่า ภาวะพร่องของธาตุซิลิกอน (Si,ธาตุลำดับที่ 14) ในสาหร่ายสายพันธุ์ *Bacilliarophy sp.* เนื่องมาจากสาหร่ายนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์น้ำมัน โดยทำกิจกรรมร่วมกับเอนไซม์ดังกล่าว ซึ่งควบคุมโดยสารพันธุกรรมหรือจีน (gene) ดังนั้น นักวิจัยจึงได้แยกจีนนั้นออกมาแล้วเพิ่มปริมาณ (clone) ให้มากขึ้น นำกลับไปเชื่อมต่อกับสายสารพันธุกรรมในเซลสาหร่าย โดยหวังว่าจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำมันของสาหร่ายให้สูงขึ้น

ในกระบวนการทดลอง ได้ควบคุมปริมาณธาตุไนโตรเจนให้คงที่ เพื่อให้การทดลองปรากฏผลชัดเจนว่าผลมิได้แปรผันตามปริมาณของธาตุไนโตรเจน นอกจากนี้ นักวิจัยกลุ่มดังกล่าว ยังสนใจค้นหาเอนไซม์ชนิดอื่น ๆ ซึ่งอาจจะช่วยให้สาหร่ายสังเคราะห์น้ำมันได้มากขึ้นอีกด้วย

การผลิตน้ำมันจากสาหร่ายให้ผลดีมากกว่าที่คิดในโลกสีเขียวใบนี้ ไม่มีพืชอื่นใดที่สามารถดูดซับพลังแสงอาทิตย์ได้ดีเท่ากับสาหร่ายอีกแล้ว มันเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้หมดภายใน 2-3 วัน ซึ่งแน่นอนว่าแตกต่างกับพืชน้ำมันชนิดอื่น ๆ อีกทั้งการเพาะปลูกในแปลงปลูกอัตโนมัติ ในอ่างน้ำขนาดใหญ่หรือเพาะปลูกในเครื่องปลูก "ปฏิกรณ์ชีวภาพ"(bioreactors) ก็ทำได้ไม่ยาก ซึ่งได้มีการทดลองอย่างกว้างขวางในขณะนี้ เช่น ที่ฮาวาย แคลิฟอเนีย นิวแม็กซิโก กำลังศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการเพาะเลี้ยง อิทธิพลของความเป็นกรดด่าง ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างกลางวันกับกลาง

คืน เพื่อเพิ่มผลผลิตสาหร่ายและน้ำมันให้มากขึ้น รวมทั้งในญี่ปุ่น ซึ่งรัฐบาลได้ทุ่มงบประมาณวิจัยเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพโดยใช้ใยแก้วนำแสงกระตุ้นการเจริญเติบโตและการผลิตน้ำมันของสาหร่ายเพิ่มเติมจากการให้แสงอาทิตย์โดยตรงเพียงอย่างเดียว ซึ่งจะช่วยลดพื้นที่ผิวในการผลิตและป้องกันการปนเปื้อนได้ดีขึ้น

ผลผลิตน้ำมันเขียวจากสาหร่ายสูงกว่าพืชน้ำมันชนิดอื่น ๆ อย่างชัดเจน เนื่องจากสาหร่ายเป็นพืชเซลเดียว เจริญเติบโตในน้ำ จึงสามารถดูดซับปัจจัยเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ และธาตุอาหารต่าง ๆ ได้ดีกว่าพืชบก ประมาณว่าสาหร่ายให้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่สูงกว่าพืชน้ำมันอื่น ๆ ถึง 30 เท่า

การค้นพบน้ำมันเขียวจากสาหร่ายมีผลเชื่อมโยงต่อเนื่องไปสู่สายอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อมอีกยาวไกล ผลิตผลต่อเนื่องจากการผลิตน้ำมันเขียวหรือน้ำมันชีวภาพ นอกจากจะนำไปผลิตพลาสติกชีวภาพ ผลิตภัณฑ์ยา อาหารเสริม อาหารโปรตีนทดแทนเนื้อหมูและเนื้อไก่ ซึ่งนับวันผู้บริโภคจะปฏิเสธมากขึ้นแล้ว ยังใช้เศษเหลือผลิตเป็นอาหารสัตว์ ซึ่งไม่มีวันหมดจากโลก ที่สำคัญในการบวนการผลิตยังช่วยแก้ปัญหาน้ำและอากาศเสียอีกทางหนึ่งด้วย

กระบวนการผลิตน้ำมันสาหร่าย แม้ว่าจะช่วยลดมลภาวะได้มาก แต่ในระยะเริ่มต้น ก็ไม่อาจจะครอบคลุมถึงมลพิษจากกิจกรรมอื่น ๆ ได้ทั้งหมด จากแนวทางเพิ่มปริมาณสาหร่ายเพื่อผลิตน้ำมัน ต้องเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในบ่อเลี้ยงหรือในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพเพื่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายให้สูงขึ้น ดังนั้น ในระบบเพาะเลี้ยงสาหร่ายจึงต้องติดตั้งเครื่องยนต์ปั่นไฟฟ้า ซึ่งปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณร้อยละ 13 ของก๊าซทั้งหมดไว้ด้วย เพื่อให้สาหร่ายดูดซับไปใช้ในกระบวนการสร้างน้ำมัน ด้วยเหตุผลนี้ ถ้าใช้เครื่องยนต์บำบัดน้ำเสีย ก็เท่ากับได้คาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ประโยชน์อีกต่อหนึ่ง ซึ่งมีส่วนช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมควบคู่กันไปด้วย แม้ว่าในความเป็นจริงแก๊สพิษจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ยังคงปล่อยสู่บรรยากาศอยู่ต่อไปก็ตาม

ในภาวะที่ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงสูงขึ้น งานค้นคว้าหาน้ำมันสาหร่ายมาทดแทนก็ต้องเร่งมือกันมากขึ้น ในสหรัฐอเมริกา การผลิตสาหร่ายน้ำมันก้าวหน้าถึงระดับอุตสาหกรรมแล้ว โดยทีมวิจัยของบริษัทเทคโนโลยีน้ำมันเขียวของอเมริกา ได้พัฒนาเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพ ซึ่งสามารถลดออกไซด์ของไนโตรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม โดยให้สาหร่ายดูดซับไปใช้ผลิตน้ำมันได้อย่างสมบูรณ์ เมื่อ พ.ศ. 2547 จึงคาดว่าอีกสามปีข้างหน้า (พ.ศ. 2553) ประเทศสหรัฐจะสามารถผลิตน้ำมันจากสาหร่ายทดแทนน้ำมันดิบนำเข้าได้ทั้งหมด หากสิ่งที่คาดการเป็นจริง ประมาณว่าประเทศสหรัฐสามารถลดค่าซื้อน้ำมันดิบลงได้ปีละ 103,800 ล้านเหรียญสหรัฐเป็นอย่างน้อย

การแกะรอยกระบวนการวิจัยของประเทศที่พัฒนาแล้ว มีความจำเป็นสำหรับประเทศและสถาบันการศึกษาที่รักความก้าวหน้า กรณีนี้กระบวนการแกะรอยขอเริ่มต้นจากเครื่องปฏิกรณ์น้ำมันเขียว(GreenFuel's bioreactor) ซึ่งบริษัทดังกล่าวได้คิดค้นและเปิดเผยต่อสาธารณะนั้น ทำด้วยท่อพลาสติกใสชนิดทนร้อน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10-20 เซนติเมตร ยาว 2-3 เมตร มาต่อกันเป็นสามเหลี่ยมด้านเท่า มุมด้านหนึ่งให้ได้รับแสงแดดโดยตรง ที่เหลืออีกสองมุมให้อยู่ในที่ร่ม คำนวณความเร็วป้ำของเหลวในท่อกับปริมาณแสงแดดที่ต้องการให้สาหร่ายได้รับอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม เพื่อให้ระบบทำงานเต็มประสิทธิภาพ ควบคุมอุณหภูมิให้แปรผันไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส ให้คาร์บอนไดออกไซด์จากเครื่องผลิต (Cogen) ประมาณร้อยละ 13 ใช้สาหร่ายที่ผ่านการคัดเลือกและพัฒนาพันธุ์เพื่อผลิตอาหารโปรตีนสูงตามโครงการอวกาศของสหรัฐ ซึ่งได้ทำให้เคยชินกับสภาพการเพาะเลี้ยงมาแล้ว ก๊าซที่

สะอาดแล้วปล่อยออกทางด้านบนของระบบ และสาหร่ายที่เหลือตกค้างอยู่ในระบบต้องถ่ายออกทุกวัน ทั้งหมดนี้คือแนวทางปฏิบัติส่วนหนึ่ง ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการขยับขับเคลื่อนงานค้นคว้าวิจัยแบบท้าทายให้ทันกระแสโลก

เครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพดังกล่าว มีความยืดหยุ่นสามารถปรับใช้ในเขตภูมิศาสตร์ต่างๆ ได้กว้าง กล่าวคือ สามารถใช้ในเขตเส้นรุ้งที่มีแสงแดดอ่อนได้ แม้ว่าประสิทธิภาพจะลดลงสัมพันธ์กับระดับความเข้มของแสงแดดก็ตาม

ความสามารถดูดซับก๊าซพิษของสาหร่ายที่ใช้เครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพ มีค่าเท่ากับความสามารถในการลดมลพิษในชั้นบรรยากาศของโลก ได้มีการตรวจวัดปริมาณก๊าซพิษที่ปล่อยออกจากระบบสู่บรรยากาศตามมาตรฐานของสำนักงานพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแล้ว พบว่า ในวันที่มีแสงแดด สามารถลดออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ได้ร้อยละ 85.9(?2.1) ลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) ได้ร้อยละ 82.3(?12.5) ส่วนในวันที่ฝนตกลด CO_2 ได้ร้อยละ 50.1(?6.5)

การพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพนับว่าเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่สามารถป้องกันภาวะโลกร้อนได้ ปัจจุบันการพัฒนาประสิทธิภาพของเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพได้ก้าวหน้าไปมาก ความเป็นไปได้ตามทฤษฎีคาดว่าสามารถทำให้สาหร่ายดูดซับ CO_2 ไว้ได้ถึงร้อยละ 90 แต่ทั้งนี้ต้องเพิ่มงบประมาณเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง นี้คือ จุดเริ่มต้นที่สำคัญยิ่งในการต่อสู้กับภาวะโลกร้อน อันเนื่องมาจากการแพร่ของ CO_2 และ NO_x จากการเผาไหม้สู่ชั้นบรรยากาศดังที่กล่าวมาแล้ว ด้วยเหตุผลที่ว่า เครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพเป็นโรงงานอุตสาหกรรมสีเขียวนั่นเอง

การผลิตน้ำมันจากพืชเซลเดียวอย่างสาหร่ายยังท้าทายนักวิจัยให้เข้าร่วม ขุมธจักรอุตสาหกรรมสีเขียวได้อีกจำนวนมาก แม้ว่าประเทศสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่นและประเทศอื่นๆ ได้นำหน้าเรื่องนี้ไปแล้วสองถึงสามก้าวก็ตาม แต่ทุกย่างก้าวยังมีพื้นที่และช่องทางรอการค้นพบอยู่อีกมากมายมหาศาล นับแต่การค้นหาสายพันธุ์ใหม่ การปรับปรุงพัฒนาพันธุกรรม การเพาะเลี้ยงระดับอุตสาหกรรม ซึ่งรวมถึงการศึกษาระบบการเลี้ยง วัฏจักรของพลังงานในระบบทั้งหมด ปัจจัยการผลิตที่เหมาะสมกับผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ การพัฒนาเครื่องมือและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง การเก็บเกี่ยวผลผลิต การแปรรูปและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อเนื่อง เป็นต้น

แม้ว่าสาหร่ายจะเป็นพืชโบราณ แต่การวิจัยพัฒนาน้ำมันเขียวจากสาหร่าย ถือว่าเป็นการวิจัยที่ทันกับยุคสมัยสำหรับอนาคต ซึ่งเป็นการท้าทายวิสัยทัศน์ของผู้นำองค์กรและนักวิจัยให้หันมาพิจารณาผลงานวิจัยที่เคยภาคภูมิใจ ว่ามีส่วนเกี่ยวข้องกับพืชโบราณเพื่อความก้าวหน้าอยู่บ้างหรือไม่ หรือว่ามีแต่งานวิจัยโบราณ ซึ่งย่ำอยู่กับที่ ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้จริงเท่านั้น

เอกสารอ้างอิง

1. Briggs, M. 2004. widescale Biodiesel Production from Algae. U. of New Hamshire. (online) available: http://www.unh.edu/p2/biodiesel/article_alge.html
2. Bullis, K. 2007. Algae-Based Fuels Set to Bloom. Technologyreview.com : retrieved on 23/12/2007.
3. Danielo, O. 2005. An algae-based fuel. Biofutur. No. 255 (online) available: http://www.greenfuelonline.com/gf_files/algaefuel.pdf
4. Oil from Algae–Info-Resources, Oilgae.com : retrieved on 12/24/2007.
5. Renewable fuels. encyclopedia. thefreedictionary.com: retrieved on 23/12/2007.