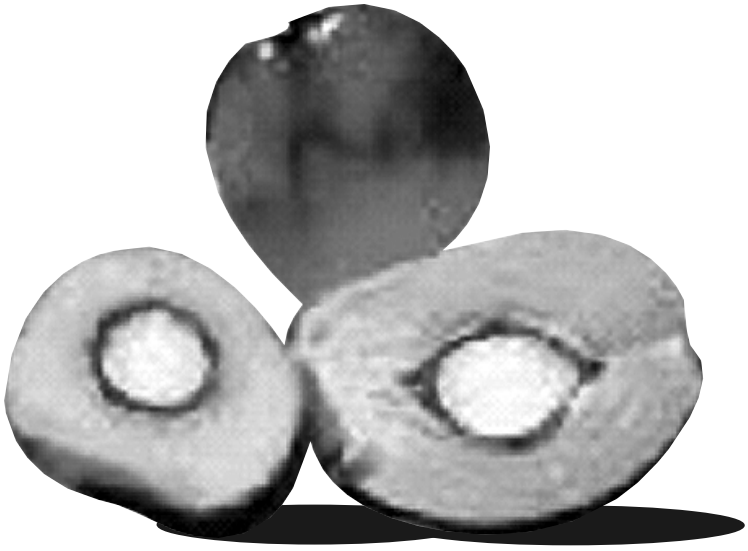
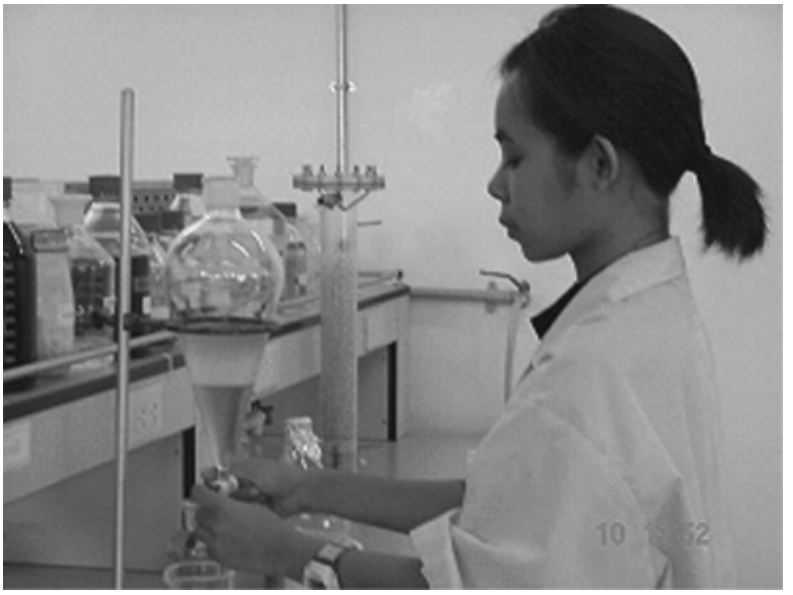
การพัฒนาเครื่องต้นแบบผลิต ไบโอดีเซล

พนิดา ศิริบังเกิดผล และ ลลิตา อัตนโถ
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
196 ถนนพหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900



ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการนำเข้าน้ำมันดิบมากถึงร้อยละ 79 ของการนำเข้าพลังงานเชิงพาณิชย์ทั้งหมด เพื่อนำมาเข้าขบวนการกลั่นเป็นน้ำมันสำเร็จรูปชนิดต่างๆ ซึ่งเป็นปัจจัยหลักตัวหนึ่งของประเทศไทย ต่อการขับเคลื่อนในภาคเศรษฐกิจ ดังนั้นเมื่อราคาน้ำมันในตลาดโลกเพิ่มขึ้นไม่หยุดยั้งในหลายเดือนที่ผ่านมา ประเทศไทยจึงต้องเผชิญกับปัญหาราคาน้ำมันอีกครั้ง โดยเฉพาะผู้ใช้รถยนต์เครื่องเบนซินจะได้รับผลกระทบอย่างชัดเจน ในขณะที่ผู้ใช้น้ำมันดีเซลโชคดีกว่ามาก เนื่องจากรัฐตรึงราคาน้ำมันดีเซลไว้ จึงเสมือนว่าวิกฤตราคาน้ำมันไม่ได้มีผลต่อผู้ใช้ดีเซล แต่การตรึงราคาน้ำมันดีเซลไว้ ที่ 15.19 บาท เป็นเวลากว่า 1 ปี ที่ผ่านมานั้นทำให้ประเทศต้องสูญเสียเงินตราเพื่อพยุงราคาดังกล่าวไปถึง 66,328.53 ล้านบาท[1] จึงทำให้รัฐบาลจำเป็นต้องตัดสินใจประกาศปรับราคาน้ำมันดีเซลขึ้น และหาวิธีแก้ไขปัญหาด้านพลังงานอย่างยั่งยืน ดังนั้นรัฐบาลจึงได้มอบหมายให้กระทรวงพลังงานกำหนดยุทธศาสตร์ ไบโอดีเซลขึ้น โดยการส่งเสริมให้มีการใช้ไบโอ-ดีเซล ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบในประเทศ ได้แก่ พืชน้ำมันต่างๆ และน้ำมันใช้แล้วจากอุตสาหกรรมอาหาร นอกเหนือจากมุมมองทางด้านพลังงานแล้ว การใช้ไบโอดีเซลซึ่งผลิตจากผลผลิตทางการเกษตรยังเป็นการส่งเสริมให้เกษตรกรมีอาชีพ และรายได้ที่มั่นคง การนำน้ำมันใช้แล้วมาเป็นวัตถุดิบผลิตไบโอดีเซล เป็นการลดปัญหาการนำกลับมาบริโภคใหม่ของน้ำมันใช้แล้ว ซึ่งนอกจากจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพแล้ว หากมีการทิ้งน้ำมันลงในแหล่งน้ำสาธารณะก็จะเป็นการสร้างมลภาวะให้แก่สิ่ง-แวดล้อม ผลการวิจัยทั้งในและต่าง

[1] ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน ณ วันที่ 11 มีนาคม 2548



รูปที่ 1 การทดลองในห้องปฏิบัติการ

ประเทศ เป็นที่ยอมรับกันว่า ไบโอดีเซล เป็นพลังงานสะอาด ช่วยลดมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ได้แก่ ฝุ่นละออง คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ รวมทั้งเป็นการช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือคาร์บอนไดออกไซด์อีกด้วย ซึ่งทั้งหมดนี้นับเป็นการยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนให้ดีขึ้น

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) โดยฝ่ายสิ่งแวดล้อมนิเวศวิทยาและพลังงาน ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน ภายใต้โครงการการศึกษาออกแบบการจัดตั้งโรงงานผลิตไบโอดีเซลนำร่องระดับชุมชน ในการพัฒนาเครื่องต้นแบบการผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ และได้ตามมาตรฐานสากล โดยมีเป้าหมายที่จะให้เครื่องต้นแบบนี้สามารถขนย้ายได้สะดวก เพื่อนำไปสาธิตในพื้นที่ต่างๆ สร้างความเข้าใจที่ถูกต้องของประชาชนต่อการผลิตไบโอดีเซล นอกจากนี้ยังเป็นเครื่องต้นแบบชนิดเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่องเครื่องแรกของประเทศ ที่เกิดจากความคิดของนักวิจัยไทยอย่างแท้จริง

นิยาม ไบโอดีเซล

ไบโอดีเซล เป็นพลังงานทดแทนจากน้ำมันพืชที่ผ่านกระบวนการทางเคมีที่เรียกว่ากระบวนการทรานเอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification Process) โดยให้น้ำมันพืชทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ เช่น เมทานอล หรือเอทานอล และมีด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ไบโอดีเซล คือ เอสเทอร์ของกรดไขมัน การเรียกชื่อจะขึ้นอยู่กับชนิดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา เช่น เมทิลเอสเทอร์ หรือเอทิลเอสเทอร์ เป็นเอสเทอร์ที่ได้จากการใช้เมทานอล หรือเอทานอล เป็นสารในการทำปฏิกิริยาตามลำดับ

วัตถุดิบที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซล

ถึงแม้ว่าไบโอดีเซลจะสามารถผลิตได้จากน้ำมันพืชทุกชนิด และ

รูปที่ 2 การทดสอบคุณภาพไบโอดีเซล โดยเครื่อง Gas Chromatography

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีผลผลิตพืชน้ำมันหลากหลาย ได้แก่ ถั่วเหลือง ปาล์ม มะพร้าว ละหุ่ง งา มะกอก รำข้าว และทานตะวัน แต่น้ำมันเหล่านี้ใช้เพื่อการบริโภคเป็นหลัก ในการเลือกวัตถุดิบเพื่อผลิตไบโอดีเซลจึงต้องพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ดังนี้

- ปริมาณพืชน้ำมันซึ่งพิจารณาจากความต้องการน้ำมันดีเซล พบว่า ในปี 2546 ประเทศไทยมีการจำหน่ายน้ำมันดีเซลถึง 17,550 ล้านลิตร ซึ่งนับว่าเป็นปริมาณมากกว่าผลผลิตพืชน้ำมันทั้งประเทศรวมกัน ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกพืชน้ำมันที่มีปริมาณการผลิตสูงที่สุด ได้แก่ ปาล์มน้ำมัน

- ห่วงโซ่ทางเศรษฐศาสตร์ของพืชน้ำมัน[2] พบว่า มูลค่าเพิ่มที่ได้จากการนำน้ำมันปาล์มไปผลิตเป็นไบโอดีเซลมีค่าสูงที่สุด เมื่อเทียบกับน้ำมันพืชชนิดอื่น

- ราคาของพืชน้ำมัน จากข้อมูล ปี 2536-2545 พบว่าราคาน้ำมันมะพร้าวดิบมีราคาต่ำที่สุด คือ 15.89 บาทต่อกิโลกรัม[3] และรองลงมา ได้แก่ น้ำมันปาล์มดิบ 17.29 บาท ต่อกิโลกรัม[4]

- ปริมาณน้ำมันพืชใช้แล้ว พบว่า ในอุตสาหกรรมอาหารขนาดใหญ่ เช่น บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป โดนัท เป็นต้น ได้มีการปรับปรุงกระบวนการผลิต จึงทำให้มีน้ำมันเหลือจากกระบวนการผลิตน้อยมาก ส่วนอุตสาหกรรมโรงแรมพบว่า น้ำมันที่เหลือใช้จากการประกอบอาหารมีปริมาณไม่มากเพียงพอที่จะเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตไบโอดีเซล ส่วนน้ำมันใช้แล้วจากผู้ค้ารายย่อย จะมีการรับซื้อโดยรถรับซื้อของเก่าพบว่าคุณภาพของน้ำมันไม่แน่นอน บางครั้งมีการปนเปื้อนในรูปของน้ำและตะกอน เพื่อให้ได้น้ำหนักมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อการนำมาเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตไบโอดีเซล ราคาน้ำมันพืชใช้แล้วพบว่าเฉลี่ยทั่วประเทศ ประมาณลิตรละ 7.16 บาท

จากปัจจัยต่างๆ พบว่า ถึงแม้น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันพืชใช้แล้วจะมีราคาต่ำกว่าน้ำมันปาล์มดิบ แต่เมื่อพิจารณาถึงเสถียรภาพด้านปริมาณและมูลค่าเพิ่มแล้ว พบว่าน้ำมันปาล์มดิบมีความเหมาะสมในการเป็นวัตถุดิบมากที่สุดในขณะนี้

แนวคิดในการออกแบบเครื่องต้นแบบเพื่อผลิตไบโอดีเซล

1. เป็นเครื่องต้นแบบที่สามารถขนย้ายได้สะดวก(mobile unit)เพื่อให้สามารถนำไปสาธิตให้ประชาชนในพื้นที่ต่างๆ ได้สะดวก พลังงานที่ใช้คือ ไฟฟ้า

2. เครื่องปฏิกรณ์เป็นชนิดต่อเนื่อง กำลังการผลิต 150 ลิตรต่อวัน (24 ชั่วโมง) มีระบบควบคุมและระบบความปลอดภัยในการดำเนินงาน

3. วัตถุดิบ คือ น้ำมันปาล์มดิบที่มีกรดไขมันอิสระไม่เกินร้อยละ 5 ตามมาตรฐานการซื้อขายน้ำมันปาล์มดิบของประเทศ

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องต้นแบบ

การทำงานของเครื่องต้นแบบเพื่อผลิตไบโอดีเซล แบ่งได้เป็น 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่

1. ขั้นตอนการทำปฏิกิริยา

เป็นการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน ระหว่างน้ำมันปาล์มดิบ เมทานอล และโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบส โดยมีอุปกรณ์หลักและขั้นตอนการทำงานดังนี้

1.1 ถังแอลกอฮอล์
1.2 ถังโซเดียมเมทอกไซด์
1.3 ถังน้ำมันพืช
1.4 ถังปฏิกรณ์
1.5 ถังแยกกลีเซอรีน

เตรียมโซเดียมเมทอกไซด์ในถังโซเดียมเมทอกไซด์โดยผสมเมทานอลและโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้าด้วยกัน กวนผสมจนโซเดียมไฮดรอกไซด์ละลาย แล้วสารละลายนี้จะถูกส่งผ่านชุดกรองสเตนเลสเข้าถังปฏิกรณ์

น้ำมันปาล์มดิบในสภาวะอุณหภูมิห้อง จะแยกเป็น 2 ชั้น คือ ชั้นของเหลวและชั้นของแข็ง ดังนั้นน้ำมันพืชในถังน้ำมันพืชจะถูกทำให้ร้อนโดยควบคุมอุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส และกวนให้น้ำมันทั้งสองส่วนผสมเข้ากัน น้ำมันปาล์มดิบที่ผสมเป็นเนื้อเดียวแล้วจะถูกส่งผ่านชุดกรองไปยังถังปฏิกรณ์

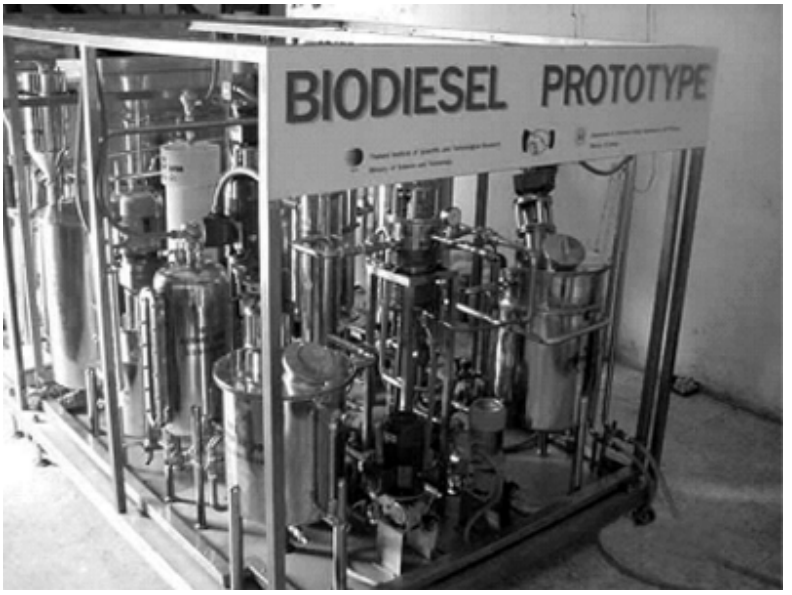
น้ำมันปาล์มดิบจะทำปฏิกิริยากับ

---

[2] ห่วงโซ่ทางเศรษฐศาสตร์ของพืชน้ำมัน (Economic Value Chain) เป็นการหาคุณค่า หรือประโยชน์ของวัตถุดิบที่เกิดขึ้น หลังจากที่ได้มีการแปรสภาพในแต่ละขั้นตอนการผลิต โดยกระบวนการสร้างคุณค่าจะต้องใช้เทคนิค และกระบวนการ เพื่อแปรสภาพ จากสิ่งหนึ่งไปยังอีกสิ่งหนึ่ง ที่มีคุณลักษณะ และประโยชน์ที่มากขึ้น

[3] ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2545

[4] ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2545 ราคาขายส่งที่กรุงเทพฯ



รูปที่ 3 เครื่องต้นแบบ (ด้านหน้า)

สารละลายโซเดียมเมทอกไซด์ในถังปฏิกรณ์และจะไหลเข้าสู่ถังแยกกลีเซอรีน ซึ่งกลีเซอรีนที่เป็นผลิตภัณฑ์ร่วมของปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันจะแยกออกจากชั้นไบโอดีเซล เนื่องจากกลีเซอรีนมีความหนาแน่นมากกว่าและถูกส่งเข้าถังเก็บกลีเซอรีน

2. ขั้นตอนการทำไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์

ไบโอดีเซลที่ได้จากขั้นตอนแรกจะยังมีความบริสุทธิ์ต่ำ เนื่องจากจะมีสารปนเปื้อน เช่น เมทานอล ตัวเร่งปฏิกิริยา สบู่ น้ำมันปาล์มที่ทำปฏิกิริยาไม่หมด รวมทั้งกลีเซอรีนที่แยกออกไม่หมดในขั้นตอนแรก จึงจำเป็นต้องมีกระบวนการที่จะทำให้ไบโอดีเซลมีความบริสุทธิ์ ได้คุณภาพตามมาตรฐานสากล ซึ่งมีอุปกรณ์และขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

2.1 ถังล้าง

2.2 ถังแยกน้ำ

2.3 ถังน้ำทิ้ง

2.4 เครื่องระเหยน้ำ

2.5 ถังเก็บไบโอดีเซล

ไบโอดีเซลจากขั้นตอนแรกจะถูกส่งเข้าถังล้าง เพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อน เช่น เมทานอล โซเดียมไฮดรอกไซด์ สบู่ และกลีเซอรีน โดยการล้างด้วยน้ำที่มีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

ไบโอดีเซลและน้ำล้างจากถังล้างจะถูกส่งเข้าสู่ถังแยกน้ำ เพื่อแยกน้ำล้างออกจากไบโอดีเซล โดยอาศัยหลักความแตกต่างของความหนาแน่น น้ำล้างที่อยู่ด้านล่างของถังแยกน้ำ เนื่องจากมีความหนาแน่นสูงกว่าไบโอดีเซล จะถูกถ่ายออกสู่ถังน้ำทิ้ง ไบโอดีเซลจะถูกส่งไปยังถังพักก่อนเข้าสู่เครื่องระเหยน้ำ เพื่อกำจัดน้ำที่เหลือในเครื่องระเหยน้ำ ไบโอดีเซลที่มีน้ำ เจือปนจะได้รับความร้อน ไอน้ำจะระเหยออกจากไบโอดีเซล ลอยขึ้นสู่ด้านบนของเครื่องระเหย และปล่อยออกสู่บรรยากาศ ไบโอดีเซลบริสุทธิ์จะถูกดึงออกทางด้านล่างของเครื่องระเหยอย่างต่อเนื่อง

รูปที่ 4 เครื่องต้นแบบ (ด้านหลัง)

และถูกป้อนเข้าตัวกรอง ก่อนเก็บเข้าสู่ถังเก็บไบโอดีเซล

ระบบควบคุมสำหรับเครื่องต้นแบบ

ระบบควบคุมการผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่อง ประกอบด้วยระบบควบคุมที่ถังต่างๆ ซึ่งถูกออกแบบเพื่อนำไปใช้ควบคุม ปรับแต่ง และตรวจสอบเงื่อนไขของตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต เพื่อให้ผลลัพธ์ในขั้นตอนต่างๆ เป็นไปอย่างถูกต้องสมบูรณ์ และส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลที่ได้มีคุณภาพคงที่ และเป็นไปตามมาตรฐานสากล

การควบคุมระบบการผลิตทั้งหมดสามารถทำได้ 3 รูปแบบ คือ

1. ควบคุมระบบควบคุมย่อยแต่ละส่วนให้เป็นอิสระต่อกัน โดยพนักงานผู้รับผิดชอบเป็นผู้ทำหน้าที่ควบคุม
2. เชื่อมโยงระบบควบคุมย่อยทั้งหมด ให้มีความสัมพันธ์กันเป็นระบบควบคุมอัตโนมัติ
3. สร้างระบบควบคุมที่ผสมกันระหว่างการควบคุมระบบย่อยแต่ละส่วน ซึ่งมีพนักงานผู้รับผิดชอบเป็นผู้ทำหน้าที่ควบคุม กับการเชื่อมโยงระบบควบคุมย่อยบางส่วนให้สัมพันธ์กันเป็นระบบควบคุมอัตโนมัติ

ในระบบควบคุมจะมีระบบความปลอดภัย โดยสามารถใช้การป้องกันแบบอัตโนมัติหรือผู้ควบคุมเป็นผู้สั่งการ เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น โดยหากมีความผิดปกติเกิดขึ้นในวงจร (loop) ชุดควบคุมความปลอดภัยจะสั่งหยุดการทำงานของวงจรนั้นทันที หรือหากผู้ควบคุมพบจุดผิดปกติก็สามารถสั่งหยุดการทำงานของจุดที่ผิดปกตินั้น หรือหยุดทั้งระบบได้ทันที

คุณสมบัติไบโอดีเซลจากเครื่องต้นแบบ

คุณสมบัติไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบที่ผลิตจากเครื่องต้นแบบแสดงดังตารางที่ 1

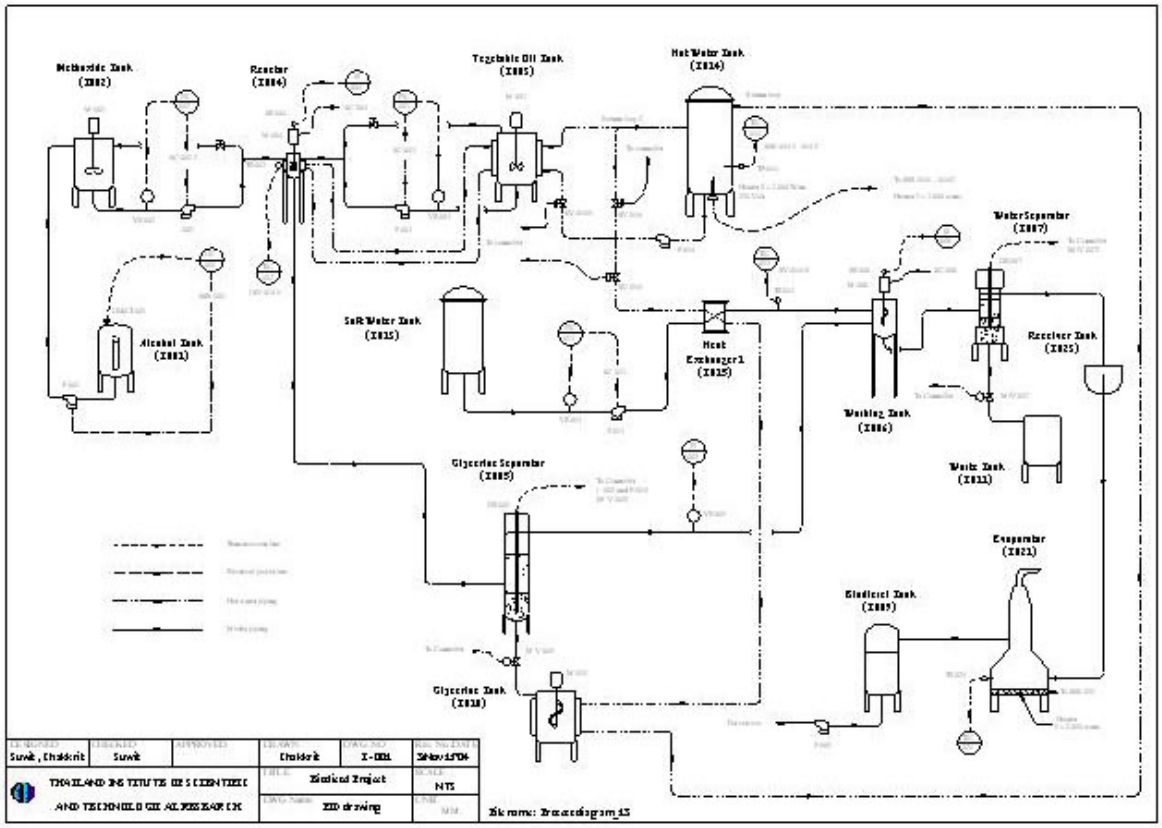
ตารางที่ 1 คุณสมบัติไบโอดีเซล

คุณสมบัติ,หน่วย	วิธีทดสอบ	ผลทดสอบ
1. ค่าความหนืดที่ 40°ซ, เซนติสโตรก	ASTM D445	4.676
2. จุดวาบไฟ,°ซ	ASTM D93	104-150
3. น้ำและตะกอน, % โดยปริมาณ	ASTM D2709	0.05
4. เถ้าซัลเฟต. % โดยน้ำหนัก	ASTM D874	0.009
5. ปริมาณกำมะถัน, % โดยน้ำหนัก	ASTM D5453	0.0003
6. การกัดกร่อนทองแดง	ASTM D130	1a
7. ค่าซีเทน	ASTM D613	61
8. จุดขุ่น,°ซ	ASTM D2500	12
9. กากถ่าน, % โดยน้ำหนัก	ASTM D4530	0.052
10. ค่าของกรด, มก.KOH/กรัมน้ำมัน	ASTM D664	0.24
11. ปริมาณเมทานอล, % โดยน้ำหนัก	EN 14110	0.03-0.28
12. กลีเซอรีนอิสระ, % โดยน้ำหนัก	ASTM D6584	n.d.
13. กลีเซอรีนทั้งหมด, % โดยน้ำหนัก	ASTM D6584	0.21
14. ปริมาณฟอสฟอรัส, % โดยน้ำหนัก	ASTM D4951	0.0004
15. อุณหภูมิการกลั่น,เทียบเท่าที่ความดันบรรยากาศ กลั่นได้ 90%,°ซ	ASTM D1160	347
16. ความถ่วงจำเพาะ 15.6/15.6 °ซ	ASTM D4052	0.8770

หมายเหตุ

รายการที 1-8, 9, 14-16 ทดสอบโดยสถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท. บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)

รายการที่ 10-13 ทดสอบโดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย



รูปที่ 5 แผนภาพระบบผลิตไบโอดีเซล

พลังงานที่ใช้ในการผลิต

พลังงานที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลของเครื่องต้นแบบทั้งหมด คือ พลังงานไฟฟ้าจากการทำงานจริง พบว่าใน 1 ชั่วโมง เครื่องต้นแบบใช้พลังงานไฟฟ้า 7.854 กิโลวัตต์ หรือคิดเป็น 28.3 เมกกะจูล[5]

เครื่องต้นแบบมีกำลังการผลิต 150 ลิตรต่อวัน หรือ 6.25 ลิตรต่อชั่วโมง ดังนั้นพลังงานที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล คือ 4.5 เมกกะจูลต่อลิตร

ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบ 1 กิโลกรัมมีค่าความร้อน (Gross heat of combustion) เท่ากับ 40 เมกกะจูล หรือเท่ากับ 35 เมกกะจูลต่อลิตร

สรุป

เครื่องต้นแบบเพื่อผลิตไบโอดีเซลเป็นชนิดต่อเนื่อง ที่สามารถผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบที่มีกรดไขมันอิสระไม่เกินร้อยละ 5 โดยไบโอดีเซลที่ได้มีค่าตามมาตรฐานสากล ตัวเครื่องต้นแบบมีขนาดกว้างxยาวxสูง เท่ากับ 2.1x5.7x2.5 เมตร น้ำหนักรวมโดยประมาณ 1.5 ตัน ซึ่งสามารถวางบนรถบรรทุก 6 ล้อ เพื่อใช้ในการนำไปสาธิตการผลิตให้แก่ชุมชนต่างๆ ได้โดยสะดวก พลังงานที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล 1 ลิตร พบว่าใช้พลังงานคิดเป็นร้อยละ 13 ของพลังงานไบโอดีเซล

[5] การแปลค่าพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อน ใช้ค่า 860 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง
ที่มา : รายงานพลังงานของประเทศไทย 2542, กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน