



การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องจากน้ำมันที่เหลือใช้จากการปรุงอาหาร

Continuous Production of Biodiesel from Waste Cooking Oils

ตามสัญญาเลขที่ 134/2549



นายประเสริฐศิลป์ อรรฐาเมศร์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
งานวิจัยงบประมาณรายได้มหาวิทยาลัย (เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์) ปี2549

บทคัดย่อ

ปัญหาการผลิตไบโอดีเซลแบบกะ (Batch) คือถึงปฏิกรณ์มีขนาดใหญ่และต้องใช้เวลาการทำปฏิกิริยานานจึงจะเกิดไบโอดีเซลได้อย่างสมบูรณ์ รวมทั้งการแยกชั้นระหว่างไบโอดีเซลออกจากกรีเซอร์ในใช้เวลานานด้วยเช่นกัน การผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องสามารถแก้ปัญหานี้ได้ จุดประสงค์ในการศึกษานี้ต้องการสร้างถังปฏิกรณ์แบบต่อเนื่องโดยใช้ปั๊มแรงดันสูงปั๊มส่วนผสมไขมันและสารเคมีไหลผ่านท่อทองแดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.25 นิ้ว ยาว 43 เมตร ซึ่งขดเป็นวงล้อมรอบ Heater ยาว 120 ซม. มีขนาด 1,200 วัตต์ ความคุมแรงดันและอุณหภูมิด้วยชุดควบคุม

สารเคมีใช้ต่างเป็นสารเร่งปฏิกิริยามี 2 ชนิด คือโซเดียมไฮดรอกไซด์และโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1% และ 1.5 % สัดส่วนผสมของน้ำมันพืชกับเมทิลแอลกอฮอล์เป็น 74 % และ 24 % ตามลำดับ การผลิตไบโอดีเซลในระบบต่อเนื่องนี้พบว่าแรงดันเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของระบบการผลิต ที่อัตราการไหลสูงมีผลให้เกิดไบโอดีเซลไม่สมบูรณ์ แต่อย่างไรก็ตามอุณหภูมิและแรงดันสูงทำให้น้ำมันแตกตัวดีขึ้นได้ผลผลิตไบโอดีเซลสูงขึ้น การผลิตไบโอดีเซลด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 1.5% ได้ผลผลิตไบโอดีเซลสูงกว่าการใช้ 1.5% ของโซเดียมไฮดรอกไซด์ แต่การใช้สารเร่งปฏิกิริยาเข้มข้น 1% กลับพบว่าโซเดียมไฮดรอกไซด์มีการเกิดไบโอดีเซลได้มากกว่าการใช้โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ ณ ความดัน 45 Kg/cm² และอัตราการผลิตไบโอดีเซลสูงสุดอยู่ที่ 45 ลิตรต่อชั่วโมง ได้ผลผลิตไบโอดีเซลสูงกว่า 85 %

ABSTRACT

The problems of biodiesel production in batch process are high volume of reactor and long time to complete the reaction, including long time to separate glycerol from biodiesel. Continuous biodiesel production process can be solved those problems. The propose of this study was to construct continuous biodiesel reactor with high pressure pump. The mixture of fat and chemical substances flow pass through 43 m. long copper tube that coiled around heater 1,200 watts. Pressure and temperature was controlled by controller.

Two Alkaline, Potassium hydroxide (KOH) and Sodium hydroxide (NaOH) was used as catalyst at concentration of 1% and 1.5%. The mixture of fat and methanol was 74% and 24% respectively. It was found that pressure was the main parameter for biodiesel production in continuous process. Non-complete biodiesel reaction was found at high flow rate. Biodiesel production yield from 1.5% KOH as catalyst was higher than 1.5% NaOH. But it was found that the biodiesel yield of 1% of NaOH as catalyst was higher than 1% KOH at 45 Kg/cm² and the highest production rate was 45 liter/Hour. More than 85% of biodiesel was achieve.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ขอขอบคุณครอบครัวที่ให้ความสนใจสนับสนุน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการจัดหาข้อมูล สิ่งใดที่เป็นประโยชน์แก่ประชาชนและประเทศชาติ ขออุทิศกุศลนั้นให้แก่บิดา มารดา ครูอาจารย์ และบรรพบุรุษของข้าพเจ้า

นายประเสริฐศิลป์ อรรฐาเมศร์
กันยายน 2550



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
ขอบเขตการวิจัย	2
วิธีดำเนินการวิจัย	2
ระยะเวลาที่ทำการวิจัย	2
ผลสำเร็จของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
เทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซล	3
วัตถุดิบสำหรับการผลิตไบโอดีเซล	5
เครื่องปฏิกรณ์	6
มาตรฐานไบโอดีเซล	8
การผลิตแบบเมทานอลภาวะเหนือวิกฤต Supereriteol Mathanal Process	9
การผลิตแบบใช้คลื่นเสียงความถี่สูง(Hielseter Ultrasound Technology)	9
ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยากร	10
ภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาแบบสองขั้นตอน	10
บทที่ 3 การออกแบบ	11
ออกแบบหาความยาวของท่อปฏิกรณ์และเวลาที่น้ำมันอยู่ในท่อปฏิกรณ์	13
การคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ต้นกำลังที่ใช้ในการขับปั๊มแรงดันสูง	13
หาขนาด Heater	14
หาขนาดเล็กสุดของถังตกตะกอน	14

บทที่ 4 การทดลองและผลที่ได้จากการทดลอง	16
จุดประสงค์ของการทดลอง	16
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	16
การทดลองการสูญเสียแรงดันระบบและผลที่ได้จากการทดลอง	19
การทดลองการเกิดไบโอดีเซล	20
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	30
บรรณานุกรม	31
ภาคผนวก	32
ภาพเครื่องผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่อง	33
ประวัติผู้วิจัย	42



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 ผลที่ได้จากการทดลองการสูญเสียแรงดัน	20
ตารางที่ 4.2 ผลที่ได้จากการทดลอง การควบคุมแรงดันน้ำมันในท่อปฏิกิริยา	21
ตารางที่ 4.3 ผลที่ได้จากการทดลองครั้งที่ 2 การควบคุมแรงดันน้ำมันในท่อปฏิกิริยา	22
ตารางที่ 4.4 ผลที่ได้จากการทดลองครั้งที่ 3 การควบคุมแรงดันน้ำมันในท่อปฏิกิริยา	25



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 3.1 เครื่องผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องที่ออกแบบสร้าง	12
ภาพที่ 4.1 ชุดวัดและควบคุมอุณหภูมิ	16
ภาพที่ 4.2 เกจวัดแรงดันน้ำมันในระบบ	17
ภาพที่ 4.3 ตัววัดอุณหภูมิน้ำมัน	17
ภาพที่ 4.4 น้ำมันปาล์ม	18
ภาพที่ 4.5 ตาชั่งน้ำหนักแบบDigitalวัดละเอียด	18
ภาพที่ 4.6 โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์	19
ภาพที่ 4.7 โซเดียมไฮดรอกไซด์	19
ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์การสูญเสียแรงดันกับอัตราการไหล	20
ภาพที่ 4.9 แสดงผลตัวอย่างของไบโอดีเซลที่ได้จากการทดลองโดยใช้ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1%	22
ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันน้ำมันในท่อปฏิกิริยาต่ออุณหภูมิ	22
ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันน้ำมันในท่อปฏิกิริยาต่ออัตราการไหล	23
ภาพที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันน้ำมันในท่อปฏิกิริยาต่อการเกิดไบโอดีเซล ที่โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.0% น้ำมันพืช 74% แอลกอฮอล์ 24%	23
ภาพที่ 4.13 แสดงผลตัวอย่างของไบโอดีเซลที่ได้จากการทดลองโดยใช้ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.5%	24
ภาพที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันน้ำมันในท่อปฏิกิริยาต่อการเกิดไบโอดีเซล ที่โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.5% น้ำมันพืช 74% แอลกอฮอล์ 24%	25
ภาพที่ 4.15 แสดงผลตัวอย่างของไบโอดีเซลที่ได้จากการทดลองโดยใช้ โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 1.5%	26
ภาพที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันน้ำมันในท่อปฏิกิริยาต่อการเกิดไบโอดีเซล ที่โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 1.0% น้ำมันพืช 74% แอลกอฮอล์ 24%	26
ภาพที่ 4.17 แสดงผลตัวอย่างของไบโอดีเซลที่ได้จากการทดลองโดยใช้ โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 1.5%	27

ภาพที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันน้ำมันในท่อปฏิกรณ์ต่อการเกิดไบโอดีเซล ที่โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 1.5% น้ำมันพืช 74% แอลกอฮอล์ 24%.....	28
ภาพที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันน้ำมันในท่อปฏิกรณ์ต่อการเกิดไบโอดีเซล.....	29
ครั้งที่1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.0% น้ำมันพืช 74% แอลกอฮอล์ 24%	
ครั้งที่2 โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.5% น้ำมันพืช 74% แอลกอฮอล์ 24%	
ครั้งที่3โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 1.0%น้ำมันพืช 74% แอลกอฮอล์ 24%	
ครั้งที่4โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 1.5%น้ำมันพืช 74% แอลกอฮอล์ 24%	



บทที่ 1

บทนำ

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ด้วยปัจจุบันประเทศไทยต้องสูญเสียเงินตราเพื่อการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ ด้านปิโตรเลียมหลายแสนล้านบาท ซึ่งส่งผลกระทบต่อสถานะเศรษฐกิจและความเป็นอยู่ของคนในชาติ และนับวันพลังงานก็มีแนวโน้มที่จะขาดแคลนและมีราคาสูงขึ้น และสร้างปัญหาทางด้านเศรษฐกิจและประชาชนเป็นอันมาก รัฐบาลจึงมีการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนทุกรูปแบบเพื่อลดปัญหาดังกล่าว การใช้ไบโอดีเซลเป็นวิธีการหนึ่งที่จะบรรเทาปัญหาได้ระดับหนึ่งโดยเฉพาะกับเกษตรกรและประชาชนทั่วไป โดยการนำเอาน้ำมันเหลือใช้หรือหมดอายุจากการปรุงอาหาร เช่น น้ำมันหมู น้ำมันไก่ น้ำมันพืชต่างๆ มาทำไบโอดีเซล โดยผ่านการกรองให้สะอาด จากนั้นนำไปผสมกับแอลกอฮอล์และใช้กรดหรือด่างเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันซึ่งจะทำให้เกิดไบโอดีเซล และจะเกิดการตกตะกอนแยกชั้นระหว่างน้ำมันไบโอดีเซลกับกลีเซอรีน ซึ่งน้ำมันที่เหลือใช้มีข้อดีคือได้ผ่านขบวนการความร้อนมาหลายครั้ง ทำให้การตกตะกอนหรือแยกชั้นทำได้ง่ายขึ้น

ในการทำไบโอดีเซลในปัจจุบันนิยมทำแบบกะ (Batch) ซึ่งจะต้องใช้อุปกรณ์ขนาดใหญ่ เช่น ถังปฏิกรณ์ ถังตกตะกอน ซึ่งจะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง และเปลืองพื้นที่ในการจัดเก็บ นอกจากนี้เวลาของการทำปฏิกิริยาในขบวนการทรานเอสเทอร์ฟิเคชันใช้เวลานาน

จึงสมควรจะได้มีการวิจัยการทำเครื่องผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว เนื่องจากขบวนการผลิตวิธีนี้สามารถที่จะควบคุมอุณหภูมิและแรงดันได้ ทำให้เวลาของการเกิดปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันรวดเร็ว ส่งผลให้อุปกรณ์ที่ใช้มีขนาดเล็กลง ต้นทุนในการผลิตถังปฏิกรณ์ และถังตกตะกอนลดลง เมื่อเทียบกับกำลังการผลิตที่เท่ากัน เมื่อเทียบกับแบบกะ (Batch) ดังนั้นสมควรที่จะมีการศึกษา และสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่อง เพื่อใช้เป็นต้นแบบในการศึกษาและพัฒนาต่อไป

2. วัตถุประสงค์

สร้างเครื่องจำลองผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันที่เหลือใช้เพื่อเป็นพลังงานทดแทน การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องจากน้ำมันที่เหลือใช้จากการปรุงอาหาร

3. ขอบเขตการวิจัย

สร้างเครื่องจำลองผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องโดยใช้น้ำมันที่เหลือใช้จากการบริโภค มีกำลังการผลิตไม่น้อยกว่า 5 ลิตรต่อชั่วโมง

4. วิธีดำเนินการวิจัย

- 1. ทำการออกแบบและสร้างเครื่องผลิตน้ำมันไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องจากน้ำมันที่เหลือใช้จากการปรุงอาหาร
- 2. ทดสอบการทำงานของเครื่อง
- 3. ทำการปรับปรุงเครื่อง
- 4. จัดทำรายงานเสนอผลการวิจัย

สถานที่ทำการทดลองการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
องครักษ์ จ.นครนายก

5. ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

เดือนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ขั้นตอน												
1.ทำการออกแบบและสร้างเครื่องผลิตน้ำมันไบโอดีเซล												
2.ทดสอบการทำงานของเครื่อง												
3. ทำการปรับปรุงเครื่อง												
4.จัดทำรายงาน												

6. ผลสำเร็จของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ

ได้เครื่องจำลองที่สามารถพัฒนาเป็นเครื่องต้นแบบเพื่อใช้ในเชิงอุตสาหกรรมและเชิงพาณิชย์ได้

ไบโอดีเซล หรือเอสเทอร์ของกรดไขมัน ผลิตจากการนำน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์ มาผ่านกระบวนการ ทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน ซึ่งเป็นกระบวนการปฏิกิริยาเคมีระหว่างไตรกลีเซอไรด์ในไขมันหรือน้ำมันกับแอลกอฮอล์ โดยได้ผลิตภัณฑ์เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันแลกลีเซอรอล การเรียกชื่อเอสเทอร์จะขึ้นอยู่กับชนิดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา เช่น เมทิลเอสเทอร์ หรือเอทิลเอสเทอร์ เป็นเอสเทอร์ที่ได้จากการใช้เมทานอล และเอทานอลเป็นสารที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาตามลำดับ

$$\begin{array}{c}
 \text{CH}_2\text{---OOC---R}_1 \\
 | \\
 \text{CH---OOC---R}_2 \\
 | \\
 \text{CH}_2\text{---OOC---R}_3
 \end{array}
 + 3\text{CH}_3\text{OH}
 \xrightarrow{\text{ตัวเร่งปฏิกิริยา}}
 \begin{array}{c}
 \text{R}_1\text{---COO---CH}_3 \\
 \\
 \text{R}_2\text{---COO---CH}_3 \\
 \\
 \text{R}_3\text{---COOH---CH}_3
 \end{array}
 +
 \begin{array}{c}
 \text{CH}_2\text{---OH} \\
 | \\
 \text{CH---OH} \\
 | \\
 \text{CH}_2\text{---OH}
 \end{array}$$

ไตรกลีเซอไรด์
เมทานอล
ตัวเร่งปฏิกิริยา
เมทิลเอสเทอร์
กลีเซอรอล

ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันเป็นปฏิกิริยาแบบผันกลับได้ (reversible reaction) โดยต้องการแอลกอฮอล์ 3 โมลต่อ 1 โมลของไตรกลีเซอไรด์ ตามปริมาณสัมพันธ์ ซึ่งจะได้ไบโอดีเซล 3 โมล และกลีเซอรอล 1 โมล แต่ในทางปฏิบัติจะใช้ปริมาณแอลกอฮอล์ที่มากเกินไปเพื่อให้ปฏิกิริยาดำเนินไปข้างหน้า ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันประกอบด้วยปฏิกิริยาย่อย 3 ขั้นตอนซึ่งจะมีสารกึ่งผลิตภัณฑ์ (intermediate) คือ ไดกลีเซอไรด์เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนดังสมการ (Freedman *et al.* 1986)

ปฏิกิริยาย่อย



- ชนิดของน้ำมัน

คุณสมบัติของน้ำมันมีผลต่อผลได้ของปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน ถ้าใช้ต่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยากับน้ำมันมีค่ากรดไขมันอิสระสูง จะทำให้เกิดปฏิกิริยา สaponิฟิเคชัน เกิดสบู่ขึ้น ส่งผลให้ผลได้เอสเทอร์ลดลง และสบู่ทำให้เกิดปัญหาในกระบวนการแยกระหว่างเอสเทอร์และกลีเซอรอล เนื่องจากสบู่ลดแรงตึงผิวทำให้เกิดอิมัลชันของผลิตภัณฑ์ทั้งสอง ขึ้น

ปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวสูงในน้ำมันบางชนิด เช่น น้ำมันวัว จะส่งผลให้ค่าความหนืดสูงขึ้น ค่าจุดหมอก และจุดไหลเท เพิ่มขึ้น

- แอลกอฮอล์

แอลกอฮอล์ที่มีความเหมาะสมสำหรับปฏิกิริยา ทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน คือ แอลกอฮอล์ที่มีสายโซ่คาร์บอนสั้น ชนิดเป็น Primary และ Secondary Monohydric Aliphatic Alcohols ซึ่งมีคาร์บอนอะตอมอยู่ในช่วง 1 ถึง 8 อะตอม โดยส่วนใหญ่แอลกอฮอล์ที่ใช้ในปฏิกิริยา ทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน คือ เมทานอล , เอทานอล , โพรพานอล และบิวทานอล

- ตัวเร่งปฏิกิริยา

ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในกระบวนการทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน คือ กรดหรือด่าง ที่นิยมกัน คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ เนื่องจากมีราคาถูก และทำให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นเร็วกว่า ได้ผลได้มากกว่า ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรดมาก แต่หากในกระบวนการมีน้ำปนอยู่จะทำให้ปฏิกิริยาบางส่วนเปลี่ยนเป็นปฏิกิริยา ทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน เกิดสบู่ขึ้น ส่งผลให้ได้เอสเทอร์ลดลง และสบู่ทำให้เกิดปัญหาในกระบวนการแยกระหว่างเอสเทอร์ และกลีเซอริน เนื่องจากสบู่ลดแรงตึงผิวทำให้เกิดอิมัลชันของผลิตภัณฑ์ทั้งสองขึ้น (Freedman 1984).

- สภาพในการทำปฏิกิริยา

สภาพในการทำปฏิกิริยาของกระบวนการทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน ได้แก่ อุณหภูมิ , ความดัน และระยะเวลา จากการศึกษาพบว่า ปัจจัยทั้งสามแปรผันตรงกับปริมาณผลผลิต นั่นคือ ที่สภาวะอุณหภูมิสูง ความดันสูง และระยะเวลานานขึ้นของกระบวนการ จะให้ผลผลิตสูง แต่ทั้งนี้ การให้ความร้อนที่สูงเกินไป ความดันสูงกว่าบรรยากาศ และระยะเวลานานเกินไป จะเป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน จึงต้องมีการทดลองถึงสภาวะที่เหมาะสมของการเกิดปฏิกิริยา

- สารปนเปื้อน

เมื่อปฏิกิริยาเสร็จสิ้น กระบวนการแยกสารเอสเทอร์ออกจากสารปนเปื้อน เช่น กลีเซอริน , ตัวเร่งปฏิกิริยา , โมโนกลีเซอไรด์ , ไดกลีเซอไรด์ และไตรกลีเซอไรด์ มีความจำเป็น เนื่องจากโมโนกลีเซอไรด์อาจทำให้เกิดการตกผลึก เป็นสาเหตุของค่าความข้นเพิ่มขึ้น และยังอาจทำให้เกิดการตกตะกอนแยกตัวระหว่างการกักเก็บ การขนส่ง และการใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลได้ ปัญหาดังกล่าวจะพบมากขึ้นในกรณีที่ใช้วัตถุดิบเป็นน้ำมัน หรือไขมันสัตว์

กระบวนการผลิตไบโอดีเซลหรือเอสเทอร์ในต่างประเทศได้มีการพัฒนาในช่วงเวลาหลายปีที่ผ่านมา แบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบ คือ แบบไม่ต่อเนื่อง (Batch Process) และแบบต่อเนื่อง (Continuous Process) โดยมีเทคโนโลยีที่เป็นที่แพร่หลาย 3 เทคโนโลยี ได้แก่ :

- Batchwise Operating Technologies เป็นกระบวนการที่ไม่แพง แต่คุณภาพไม่สม่ำเสมอ และมีการผลิตต่อครั้งไม่มากนัก

- Henkel Technology For Transesterification เป็นวิธีที่สามารถใช้ได้กับวัตถุดิบคุณภาพต่างๆ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดี แต่มีราคาแพง และต้นทุนการผลิตสูง เนื่องจากใช้อุณหภูมิและความดันสูง

- CD Process for Transesterification เป็นกระบวนการที่อยู่ระหว่างการพัฒนา มีต้นทุนในการผลิตต่ำ และเป็นระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง

จากเทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบัน พบว่ามักจะมีความเหมาะสมกับวัตถุดิบในต่างประเทศ เช่น น้ำมันเมล็ดเรป และน้ำมันดอกทานตะวัน เป็นต้น และบางเทคโนโลยีราคาแพง โครงการวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะสร้างเครื่องปฏิกรณ์ที่มีความเหมาะสมกับวัตถุดิบภายในประเทศ เพื่อเป็นองค์ความรู้พื้นฐานในการพัฒนากระบวนการผลิตไบโอดีเซลของประเทศไทยต่อไป

วัตถุดิบสำหรับการผลิตไบโอดีเซล

วัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิตไบโอดีเซล จะแตกต่างกันไปตามผลผลิตทางการเกษตรของแต่ละประเทศ เช่น ในยุโรปใช้น้ำมันเมล็ดเรป ในขณะที่สหรัฐอเมริกาใช้น้ำมันถั่วเหลือง ถึงแม้ว่าไบโอดีเซลจะสามารถผลิตได้จากน้ำมันพืชทุกชนิด และประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีผลผลิตพืชน้ำมันหลากหลาย ได้แก่ ถั่วเหลือง , ปาล์ม , มะพร้าว , ละหุ่ง , งา , มะกอก , ไร่ข้าว และทานตะวัน แต่น้ำมันเหล่านี้ใช้เพื่อการบริโภคเป็นหลัก ในการเลือกวัตถุดิบเพื่อผลิตไบโอดีเซลจึงต้องพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ปาล์มน้ำมัน เป็นพืชน้ำมันที่มีปริมาณการผลิตสูงสุด และมีรายงานการศึกษาที่แสดงว่า มูลค่าเพิ่มที่ได้จากการนำน้ำมันปาล์มไปผลิตเป็นไบโอดีเซลมีค่าสูงที่สุด เมื่อเทียบกับน้ำมันพืชชนิดอื่น และเมื่อพิจารณาทางด้านราคาโดยอ้างอิงจากข้อมูลปี พ.ศ. 2536 – 2545 พบว่าราคาน้ำมันมะพร้าวดิบมีราคาต่ำที่สุด คือ 15.89 บาทต่อกิโลกรัม และรองลงมาได้แก่น้ำมันปาล์มดิบ 17.29 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อพิจารณาถึงเสถียรภาพด้านปริมาณ และมูลค่าเพิ่มแล้ว

ในการศึกษาครั้งนี้ จึงเลือกน้ำมันปาล์มดิบ ซึ่งเป็นน้ำมันพืชที่มีความเหมาะสมในการเป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลมากที่สุด เป็นวัตถุดิบในการทดลองผลิตไบโอดีเซล

เครื่องปฏิกรณ์

เนื่องจากเทคโนโลยีทางด้านตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับปฏิกิริยาระเอสเทอร์ฟิเคชันในการผลิตไบโอดีเซลในปัจจุบันนี้ยังเน้นที่ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบเอกพันธ์ (homogeneous) ซึ่งปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นในวัฏภาค (phase) เดียวกัน ดังนั้นในรายงานฉบับนี้จะกล่าวถึงเฉพาะรายละเอียดของเครื่องปฏิกรณ์สำหรับปฏิกิริยาแบบเอกพันธ์ ซึ่งสามารถแบ่งตามลักษณะการทำงานของเครื่องปฏิกรณ์ได้ 3 แบบ คือ

1. การทำงานแบบกะ (Batch operation)

สารตั้งต้นทั้งหมดถูกป้อนเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์ก่อนเริ่มปฏิกิริยา จากนั้นผลิตภัณฑ์และสารตั้งต้นที่เหลือถูกนำออกจากถังปฏิกรณ์เมื่อสิ้นสุดเวลาในการทำปฏิกิริยา โดยทั่วไปใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบถังกวนซึ่งเหมาะกับปฏิกิริยาที่ต้องการระยะเวลาทำงานที่ยาวนาน ระบบการผลิตขนาดเล็กหรือการผลิตในระดับห้องปฏิบัติการ

2. การทำงานแบบไหลต่อเนื่อง (Continuous operation)

สารตั้งต้นถูกป้อนเข้าสู่ถังปฏิกรณ์ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์จะออกมาที่ทางออกอย่างต่อเนื่อง ข้อดีของเครื่องปฏิกรณ์ชนิดนี้ คือ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอยู่ในสถานะคงตัวสามารถควบคุมงานได้ง่าย และผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพสม่ำเสมอ

3. การทำงานแบบเซมิแบทช์ (Semi – batch operation)

เป็นระบบการดำเนินงานผสมระหว่างแบบกะและแบบไหลต่อเนื่อง โดยสารตั้งต้นตัวหนึ่งจะถูกป้อนเข้าสู่ถังปฏิกรณ์ก่อนเริ่มปฏิกิริยา ในขณะที่สารตั้งต้นอีกตัวหนึ่งจะถูกป้อนเข้าไปในเครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่องหรือเป็นระยะ

นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งตามรูปแบบของเครื่องปฏิกรณ์ได้เป็น 2 แบบ ดังนี้คือ

ก. เครื่องปฏิกรณ์แบบถังกวน

ในเครื่องปฏิกรณ์แบบถังกวนประกอบด้วยถังซึ่งมีการถ่ายเทความร้อนด้วยแจ็กเก็ต ภายนอกถังหรือท่อถ่ายเทความร้อนภายในถัง และใบกวนที่ทำหน้าที่ผสมสารให้เป็นเนื้อเดียว และช่วยเพิ่มการถ่ายเทมวลสารและความร้อน เครื่องปฏิกรณ์ที่ทำงานแบบกะจะเรียกว่าเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ แต่ถ้าเป็นการทำงานแบบต่อเนื่องจะเรียกว่าเครื่องปฏิกรณ์ถังกวนแบบต่อเนื่อง (Continuous stirred tank reactor, CSTR) ซึ่งเป็นเครื่องปฏิกรณ์ที่นิยมใช้สำหรับปฏิกิริยาแบบเอกพันธ์

ข. เครื่องปฏิกรณ์แบบท่อไหล (Tubular reactor)

มีลักษณะเป็นท่อทรงกระบอกซึ่งมีการถ่ายเทความร้อนจากด้านนอกของท่อ ในเครื่องปฏิกรณ์ชนิดนี้ความเข้มข้นของสารจะเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องตามความยาวของท่อ ซึ่งทำให้ยากต่อการควบคุมอุณหภูมิ และจะเกิดการกระจายอุณหภูมิตามแนวยาว

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องปฏิกรณ์ในการผลิตไบโอดีเซล มีรายงานโดย Nouveddini et al. (1998) ซึ่งศึกษาและออกแบบเครื่องปฏิกรณ์ชนิดต่อเนื่องที่ผลิตเมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันถั่วเหลือง โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา อุปกรณ์หลักประกอบด้วย บั๊ม 3 ตัว สำหรับน้ำมันพืช, เมทานอล และสารละลายโซเดียมเมทอกไซด์ (โซเดียมไฮดรอกไซด์ 25 กรัม ละลายในเมทานอล 1 ลิตร) โดยบั๊มสารตั้งต้นทั้งสามเข้าสู่ manifold ก่อนที่จะถูกส่งต่อไปยังเครื่องผสมสาร ซึ่งมีลักษณะเป็น in-line motionless mixer จำนวน 2 ชุด ชุดแรกทำจากวัสดุชนิดพอลิโพรพิลีน ต่อจาก manifold และชุดที่ 2 ทำจากวัสดุ สแตนเลสชนิด 316 มีการให้ความร้อนด้วยเครื่องให้ความร้อนชนิดปลอกรัดท่อ และส่งต่อเข้าสู่ high-shear mixer เพื่อช่วยในการผสมสภาวะการทำงานอยู่ที่ความดัน 150 psi, อุณหภูมิ 400 ฟาเรนไฮต์ จากการทดลองพบว่า high-shear mixer ทำงานที่ความเร็วมากกว่า 1,000 รอบต่อนาที ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1 – 0.3% โดยน้ำหนัก ให้ค่าผลได้ของเมทิลเอสเทอร์ที่ใกล้เคียงกับ motionless mixer และปริมาณของผลได้ของ high-shear mixer เพิ่มขึ้นเมื่อทำงานที่ความเร็วต่ำกว่า 900 รอบต่อนาที

Saka and Kusdiana (2001) ศึกษาและออกแบบการผลิตเมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันเมล็ดเรป เมื่อใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยใช้เครื่องปฏิกรณ์ชนิด OFM (Oscillatory Flow Mixing) ซึ่งเป็นการสั่นสารตั้งต้นในช่องว่างภายในท่อด้วยความถี่ระหว่าง 0.5 – 15 Hz และแอมพลิจูด ระหว่าง 1 – 100 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ยาว 4 เมตร ระยะห่างของแผ่นกั้น 7.5 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 2.5 เซนติเมตร residence time 15 – 60 นาที อุณหภูมิ 50 – 60 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศให้ความร้อนด้วยการใช้น้ำไหลเวียนรอบนอกถังปฏิกรณ์ และเมื่อนำไปประกอบเข้ากับเครื่องปฏิกรณ์ชนิดต่อเนื่อง (plug flow reactor) จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพขึ้น โดยให้ค่าคอนเวอร์ชันเท่ากับ 95 – 98%

นอกจากนี้ Saka and Kusdiana (2001) ยังได้ศึกษาและออกแบบเครื่องปฏิกรณ์ในสภาวะเหนือวิกฤต (supercritical methanol) วัตถุประสงค์ คือ น้ำมันเมล็ดเรป และเมทานอล เครื่องปฏิกรณ์มีขนาด 5 มิลลิลิตร วัสดุเป็น Inconel 625 อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส ความดัน 19 Mpa ให้ความร้อนด้วย tin bath ใช้เวลา 4 นาทีต่อครั้ง ซึ่งให้ค่าคอนเวอร์ชันมากกว่า 95% ส่วนแบบต่อเนื่องชุดเครื่องปฏิกรณ์ประกอบด้วย ชุดบั๊ม, preheaters, supercritical treatment tube, cooling system และ separatory tank ซึ่งให้ค่าคอนเวอร์ชันใกล้เคียงกับเครื่องปฏิกรณ์ชนิดไม่ต่อเนื่อง

โพธิทูล รุ่งยิ่ง และคณะ ได้ทำการศึกษา การผลิตไบโอดีเซล แบบต่อเนื่องโดยใช้น้ำมันพืช โดยใช้เตาไมโครเวฟเป็นตัวให้ความร้อน โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0-1 เปอร์เซ็นต์เวลาที่ให้

10-120 วินาที อัตราส่วนโดยโมล แอลกอฮอล์ต่อน้ำมัน 3:1 ถึง 12:1 เพราะว่าการเกิดปฏิกิริยาอยู่ที่อัตราส่วนโมล แอลกอฮอล์ต่อน้ำมัน 9:1 และตัวเร่งปฏิกิริยาไฮดรอกไซด์ 1 เปอร์เซ็นต์ เวลาที่ใช้เพียง 20 วินาที สามารถลดเวลาการเกิดปฏิกิริยาลงได้ 60 ถึง 9 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ความร้อนวิธีอื่น หรือวิธีสภาวะเหนือวิกฤต

การผลิตไบโอดีเซลโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง ในการเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเคมีโดยสามารถใช้ถังแบบกะ และแบบต่อเนื่องให้ผลผลิตสูงถึง 99 เปอร์เซ็นต์ ลดเวลาการผลิตจาก 4 ชั่วโมงแบบกะ เหลือเพียง 30 วินาที ลดการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาลง 50 เปอร์เซ็นต์ ใช้แอลกอฮอล์น้อยลง อุณหภูมิที่ใช้ผสมต่ำอยู่ระหว่าง 45 ถึง 65 องศาเซลเซียส แรงดันที่ใช้ 1-3 bar ที่ความดันเกจ ทำให้การใช้พลังงานต่ำด้วยสำหรับความถี่ที่ใช้ต่ำไปอยู่ที่ 28-40 KHz

มาตรฐานไบโอดีเซล

ทางด้านมาตรฐานสำหรับควบคุมคุณภาพไบโอดีเซลชนิดกรดไขมันเมทิลเอสเทอร์ ในปัจจุบันแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ มาตรฐาน EN 14214 – 2003 ซึ่งกำหนดโดยประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรป แสดงในตารางที่ 1 และ Standard Specification for Biodiesel Fuel (B100) Blend Stock for Distillate Fuels ASTM D 6751 – 02 ของประเทศสหรัฐอเมริกา ดังแสดงในตารางที่ 2 ในการศึกษาผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบในการทดลองนี้ มุ่งเน้นการผลิตไบโอดีเซลที่มีความบริสุทธิ์สูง โดยพิจารณาจากค่าปริมาณกลีเซอรินอิสระ และกลีเซอรินทั้งหมด ตามมาตรฐาน ASTM D6751 – 02 เป็นหลัก ซึ่งเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพในการเกิดปฏิกิริยารานเอสเทอร์ฟิเคชัน เพื่อเปลี่ยนรูปไขมันให้เป็นกรดไขมันเมทิลเอสเทอร์

การผลิตไบโอดีเซลด้วยกระบวนการผลิตสองขั้นตอน

เทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซล แบ่งได้เป็น 3 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน , กระบวนการเอสเทอร์ฟิเคชัน และกระบวนการผลิตแบบสองขั้นตอน กระบวนการทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน เป็นกระบวนการที่ใช้ต่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและเมทานอล มีข้อดีคือ เป็นเทคโนโลยีที่มีการลงทุนไม่สูงนัก เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ใช้อุณหภูมิต่ำ คือ ประมาณ 20 – 30 องศาเซลเซียส ความดันต่ำ คือ ประมาณ 0.01 – 0.02 เมกะปาสคาล ผลได้ของปฏิกิริยาสูงถึงร้อยละ 98 แต่กระบวนการนี้จะไม่เหมาะกับวัตถุดิบที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระสูง เนื่องจากจะเกิดสบู่ และส่งผลให้ผลได้ของกระบวนการลดลง กระบวนการเอสเทอร์ฟิเคชัน เป็นกระบวนการที่ใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและเมทานอล จะสามารถใช้ได้กับวัตถุดิบทุกชนิด และค่ากรดไขมันอิสระทุกระดับ แต่ข้อด้อยคือ ระยะเวลา และความร้อนที่ใช้ในกระบวนการจะมากกว่าทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน จึงทำให้ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยสูง กระบวนการผลิต 2 ขั้นตอน เป็นการแก้ปัญหาของ 2 กระบวนการข้างต้น คือ สามารถใช้ได้กับน้ำมันที่มีค่ากรดไขมันอิสระสูง ในขณะที่เดียวกันก็มีการใช้พลังงานต่ำ

โดยหลักการคือใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรด เปลี่ยนกรดไขมันอิสระในน้ำมันเป็นสารเอสเทอร์ในขั้นตอนแรก และในขั้นตอนที่สอง ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา เช่นเดียวกับกระบวนการทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน

ข้อจำกัดของการผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยา ทรานเอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดต่าง เมื่อน้ำมันพืชมีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงกว่าร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก เนื่องจากการสูญเสียไบโอดีเซลในขั้นตอนการแยก และขั้นตอนการล้างน้ำ ทำให้ผลได้ของไบโอดีเซลมีต่ำ ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตไบโอดีเซลแบบสองขั้นตอนสำหรับ น้ำมันปาล์มดิบที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระน้อยกว่าร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ซึ่งเป็นมาตรฐานการซื้อขายน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทย ในส่วนของการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิต ผลการศึกษามีรายละเอียดดังนี้

ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน

ปริมาณเมทานอล

ตามปริมาณสารสัมพันธ์ กรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ 1 โมล ต้องการเมทานอล 1 โมล สำหรับปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์คือ เอสเทอร์ของกรดไขมัน 1 โมล และน้ำ 1 โมล ซึ่งหมายความว่า น้ำมันปาล์มดิบ 100 ส่วน ถ้ามีปริมาณกรดไขมันอิสระ (คิดเทียบกับกรดปาล์มมิติก) 4.3% โดยน้ำหนัก จะต้องการเมทานอลเพียง 0.54 ส่วน สำหรับการทำปฏิกิริยาเปลี่ยนรูปกรดไขมันอิสระเป็นเอสเทอร์ของกรดไขมัน อย่างไรก็ตามในการทำปฏิกิริยาเคมี จะใช้ปริมาณสารตั้งต้นมากเกินไปเพื่อเพิ่มโอกาสให้ปฏิกิริยาเกิดได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยศึกษาการใช้ปริมาณเมทานอลที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อกรดไขมันอิสระในน้ำมันพืช ในช่วง 10:1 – 40:1 เมื่อใช้กรดซัลฟิวริก 5% โดยน้ำหนัก อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 60 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 30 นาที ผลการศึกษาพบว่าปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันเกิดได้ดีขึ้นเมื่อปริมาณอัตราส่วนโดยโมล ระหว่างเมทานอลและกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ เพิ่มขึ้น โดยปริมาณกรดไขมันอิสระมีค่าต่ำกว่า 1% โดยน้ำหนักเมื่อใช้อัตราส่วนโดยโมล ระหว่างเมทานอลและกรดไขมันอิสระเท่ากับ 40:1

การผลิตแบบเมทานอลภาวะเหนือวิกฤต Supereriteol Mathanal Process

เป็นการผลิตโดยไม่ต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา โดยใช้อุณหภูมิสูงประมาณ 350°C และความดันสูงประมาณ 10 MPa ใช้เวลาทำปฏิกิริยาในราว 400 วินาที ปฏิกิริยาสมบูรณ์มากกว่า 95 % โดยน้ำหนัก ซึ่งงานการผลิตนี้ถึงจะใช้พลังงานสูงแต่ขนาดของถังปฏิกรณ์จะมีขนาดเล็ก และไม่ต้องผ่านกระบวนการล้างสารเร่งปฏิกิริยาในน้ำมันทำให้ไม่สิ้นเปลืองน้ำ และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยากรด

จากการศึกษาของ พนิดา ศิริบังเกิดผล และคณะ (2549) มีจุดมุ่งหมายลดกรดไขมันอิสระของปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน โดยการทำปฏิกิริยากับเมทานอลเพื่อเปลี่ยนรูปเป็นเมทิลเอสเทอร์ ซึ่งนอกจากจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของผลได้ในการผลิตแล้ว ยังเป็นการหลีกเลี่ยงปัญหาการสูญเสียไบโอดีเซล เนื่องจากการเกิดสบู่ในปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน เมื่อใช้ตัวเร่งต่างอีกทางหนึ่ง กรดที่ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาอาจเป็นกรดซัลฟิวริก , กรดฟอสฟอริก , กรดไฮโดรคลอริก และ กรดซัลโฟนิก กรดซัลฟิวริกถูกเลือกใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการศึกษาครั้งนี้เนื่องจาก มีราคาต่ำเมื่อเทียบกับกรดชนิดอื่น จากการทดลองอิทธิพลของปริมาณกรดซัลฟิวริกในช่วง 2.5 – 10% โดยน้ำหนักของกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 30 นาที และอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อกรดไขมันอิสระเท่ากับ 40:1 ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันเกิดได้ดีที่ภาวะดำเนินงาน โดยปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณกรดซัลฟิวริก จาก 2.5 เป็น 5% ซึ่งให้ค่าปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ 0.95% โดยน้ำหนัก แต่การเพิ่มปริมาณกรดซัลฟิวริกมากกว่า 5% ไม่ได้ทำให้ประสิทธิภาพของปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันเพิ่มขึ้นแต่อย่างใด

ภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาแบบสองขั้นตอน

ภาวะที่เหมาะสมสำหรับปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันของกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ คือ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลาในการทำปฏิกิริยา 30 นาที ปริมาณอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มเท่ากับ 40:1 โดยใช้กรดซัลฟิวริก 5 % โดยน้ำหนักกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบ ด้วยปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันโดยตัวเร่งปฏิกิริยาต่าง คือ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันพืชเท่ากับ 9:1 เป็นสารตั้งต้นในการผลิต ร่วมกับการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5% โดยน้ำหนักน้ำมันพืช โดยใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 30 นาที

บทที่ 3

การออกแบบสร้าง

จากขอบเขตของงานวิจัยกำหนดให้อัตราการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล เป็นแบบต่อเนื่อง กำลังการผลิตไม่น้อยกว่า 5 ลิตร/ชั่วโมง จากข้อมูลเบื้องต้นของน้ำมัน วัตถุดิบที่จะใช้ คือ น้ำมันปาล์ม มีจุดติดไฟที่ 178°C น้ำมันทานตะวัน 180°C และน้ำมันถั่วเหลือง 171°C

ในการออกแบบสร้างเครื่องผลิต ไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องที่ถูกสร้างขึ้น ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก คือ

1. ชุดควบคุมประกอบด้วย

- 1.1 เทอร์มิสตัท ชนิดที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ในช่วง $50 - 350^{\circ}\text{C}$ เป็นตัวควบคุมอัตโนมัติในการ เปิดปิด ฮีทเตอร์
- 1.2 ชุดวัดอุณหภูมิแบบแคปิลารี เป็นตัววัดอุณหภูมิที่ท่อปฏิกรณ์
- 1.3 แมกเนติกคอนแทคเตอร์ ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการทำงานของฮีทเตอร์
- 1.4 ตัวเบรกเกอร์ ขนาด 10 แอมป์ ใช้ควบคุมมอเตอร์ต้นกำลัง และขนาด 30 แอมป์ ควบคุมฮีทเตอร์

2. ตัวถังปฏิกรณ์ประกอบด้วย

- 2.1 ท่อปฏิกรณ์ ทำด้วยท่อทองแดงขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.25 นิ้ว ชนิดหนา ยาว 43 เมตร ขดเป็นวงกลมซ้อนกัน 2 ชั้น เป็นรูปคอยล์สปริง วงในมีขนาด 50 ม.ม. วงนอก 65 ม.ม.
- 2.2 ฮีทเตอร์ รูปตัวยู ขนาด 1200 Watt ยาว 120 ซม. ซึ่งจะสอดอยู่ตรงกลางของท่อปฏิกรณ์
- 2.3 ท่อเหล็กกล้าไร้สนิม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.5 ซม. ยาว 130 ซม. ทำหน้าที่นํารวมท่อทองแดงท่อปฏิกรณ์
- 2.4 ท่อเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.5 ซม. ยาว 110 ซม. หัวท้ายมีวงแหวนเหล็ก โดยภายในบรรจุ ท่อเหล็กกล้าไร้สนิม ที่บรรจุ ฮีทเตอร์ ทำหน้าที่เป็นตัวป้องกันความร้อนและการสูญเสียความร้อน

3. ชุด Gear Pump ขับด้วยมอเตอร์ ขนาด 1/3 แรงม้า ทำหน้าที่เป็นปั๊มแรงดันสูง ที่ปั๊มส่วนผสมของน้ำมันที่เข้าระบบ มีอัตราการไหล 60 ลิตร ต่อชั่วโมง แรงดันสูงสุด 120 บาร์

4. วาล์วควบคุมแรงดันและอัตราการไหลน้ำมันเป็นเกจวาล์วทองเหลือง ขนาด 0.5 นิ้ว ที่ทนอุณหภูมิสูงได้

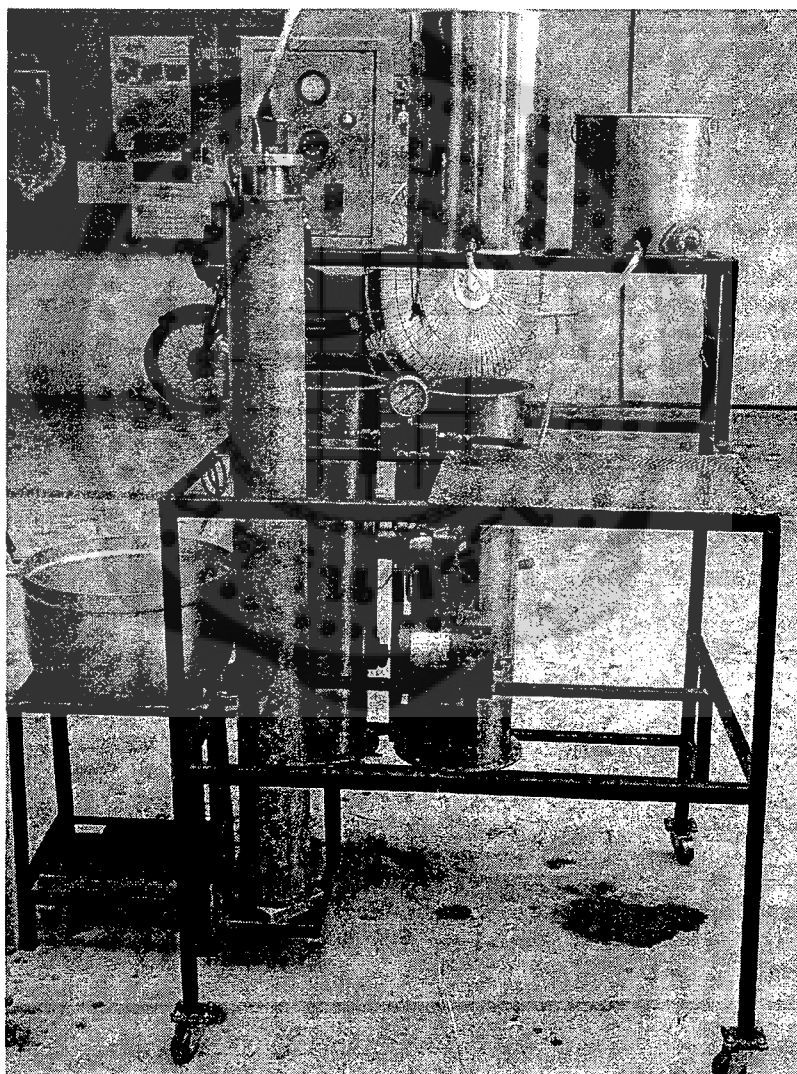
5. เกจวัดแรงดันและการสูญเสียแรงดันน้ำมันในระบบถูกติดตั้ง วัดแรงดันน้ำมันก่อนไหลผ่านท่อปฏิกรณ์ ที่จะได้รับความร้อนจาก ฮีทเตอร์

6. ถังตกตะกอนกลีเซอรีนจากน้ำมันไบโอดีเซลทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 ซม. สูง 70 ซม. ต่ออนุกรม กัน 2 ถัง ที่ข้างถังมีหลอดแก้วการตกตะกอนของกลีเซอรีน และที่ก้นถังมีวาล์วขนาด 0.5 นิ้วเปิดปิด เพื่อใช้ระบบกลีเซอรีน ออกจากถัง

7. ถังล้างสารตัวเร่งปฏิกิริยาในน้ำมันไบโอดีเซลทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 ซม. สูง 70 ซม.

8. ถังใส่วัตถุดิบ คือ น้ำมันพืช ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 250 ม.ม. สูง 370 ม.ม.ข้างถังตอนล่างมีวาล์วขนาด $\frac{1}{4}$ นิ้ว ใช้ควบคุมการไหล

9.ถังใส่สารเร่งปฏิกิริยา คือ ด่างกับแอลกอฮอล์ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 225 ม.ม. สูง 225 ม.ม. ข้างถังตอนล่างมีวาล์วขนาด $\frac{1}{4}$ นิ้ว ควบคุมการไหล และท่อขนาด $\frac{1}{4}$ นิ้ว ต่อมาบรรจบกับถังใบแรก



ภาพที่ 3.1 เครื่องผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องที่ออกแบบสร้าง

ออกแบบหาความยาวของท่อปฏิกิริยาและเวลาที่น้ำมันอยู่ในท่อปฏิกิริยา

อัตราการไหล 5 ลิตร/ชั่วโมง หรือ 5,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร / ชั่วโมง

กำหนดให้ขนาดของท่อมีขนาด $\frac{1}{4}$ นิ้ว ชนิดหนา

กำหนดให้น้ำมันอยู่ในท่อปฏิกิริยา

จากสูตรการหาปริมาตรทรงกระบอก

$$V = \frac{\pi}{4} d^2 L$$

V = ปริมาตร (5,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร) ต่อ 1 ชั่วโมง

d = เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ 0.55 ซม..

L = ความยาวของท่อปฏิกิริยาที่น้ำมันไหลอยู่ในท่อ ต่อ 1 ชั่วโมง

$$5000 = \frac{3.14 \times 0.55 \times 0.55}{4} L$$

$$L = \frac{4 \times 5000}{3.14 \times 0.55 \times 0.55}$$

$$= 21045.23 \text{ ซม.}$$

$$= 210.45 \text{ เมตร}$$

ความยาวท่อ 43 เมตร ได้น้ำมัน 1,021.60 cc.

$$= \frac{5000}{1021} = 4.897$$

เวลาน้ำมันอยู่ในท่อปฏิกิริยา = 12.25 นาที

การคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ต้นกำลังที่ใช้ในการขับปั๊มแรงดันสูง

เนื่องจากงานวิจัยจะมีข้อจำกัดในการซื้ออุปกรณ์ต่างๆ ยากมาก จึงจำเป็นต้องหาปั๊มที่มีในท้องตลาด จึงได้ Gear Pump ที่มีอัตราการไหลที่ 60 ลิตร/ชั่วโมง แรงดันสูงสุดที่ 150 bar หรือเทียบได้ประมาณ 150 kg/cm^2 แต่ในการใช้งานจริงนั้นจะใช้แรงดันสูงสุดอยู่ที่ไม่เกิน 80 bar เนื่องจากลักษณะของท่อทองแดงที่ถูกมาขึ้นเป็นรูปคอยล์สปริงกลมรอบตัว Heater จะดีดออกเมื่อรับแรงดัน จะทำให้ตัวขดท่อทองแดงเสียหายได้

จาก Power = $\rho g Q h$ Kw

ρ = ความหนาแน่นของน้ำมันพืชประมาณ 925 kg/m^3

g = อัตราเร่งโน้มถ่วงของโลก $9.81 \text{ เมตร/วินาที}^2$

Q = อัตราการไหลสูงสุดของ Pump ที่ทำได้

Q = 60 ลิตร / ชม.

$$= \frac{60}{1000 \times 3600} \text{ ลูกบาศก์เมตร / วินาที}$$

h = ความสูงเมตรน้ำ

ที่แรงดัน 80 bar

$$1 \text{ bar} = 10.197 \text{ เมตรน้ำ}$$

$$80 \text{ bar} = 10.197 \times 80 \text{ เมตรน้ำ}$$

$$P = \frac{0.925 \times 9.81 \times 60 \times 80 \times 10.197}{1000 \times 3600}$$

$$= 123.37 \text{ Watt}$$

๑๔๖)

เลือกขนาดมอเตอร์ที่ใช้กับปั๊มน้ำมัน = 1/3 แรงม้า

1.

หาขนาด Heater (Kw)

จากจุดติดไฟของน้ำมัน ที่บรรยากาศอยู่ที่ $170 - 180^{\circ}\text{C}$ และในน้ำมันมีแอลกอฮอล์ผสมอยู่ จึงควบคุมอุณหภูมิไม่ให้เกิน 85°C โดยการควบคุมอัตราการไหลสูงสุดได้ที่ 15 ลิตร/ชั่วโมง (ขอบเขตอยู่ 5 ลิตร/ชั่วโมง) น้ำมันเริ่มต้น 25°C

$$Q = m^{\circ} C_p \Delta T$$

m° = อัตราการไหลของมวล กิโลกรัม/วินาที

$$= \frac{.925 \times 15}{3600} \text{ กก./วินาที}$$

C_p = ค่าความร้อนจำเพาะน้ำมัน ประมาณค่าให้เท่ากับน้ำ

$$= 4.21 \text{ KJ/Kg}$$

ΔT = ความแตกต่างของอุณหภูมิ $(85 - 25)^{\circ}\text{C}$

$$Q = \frac{.925 \times 15}{3600} \times 4.21 \times 60$$

$$= 0.974 \text{ Kw}$$

เพื่อการสูญเสียความร้อนที่อื่นๆ ใช้ Heater ขนาด 1.2 Kw

หาขนาดเล็กสุดของถังตกตะกอน

การศึกษาการแยกตัวและตกตะกอนของกลีเซอรีนภายหลังจากการทำปฏิกิริยาของน้ำมันไบโอดีเซลอยู่ที่ 30 นาที จากการออกแบบสามารถผลิตไบโอดีเซลสูงสุดได้ถึง 15 ลิตร ต่อชั่วโมง

จากการกำหนดให้เส้นผ่าศูนย์กลางของถัง 200 มม.

$$V = \frac{\pi d^2 h}{4}$$

V = ปริมาตรของถังตกตะกอนน้ำมันในเวลา $\frac{1}{2}$ ชม. ชม.^3

d = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางถัง ชม.^2

h = ความสูงถึง ซม.

$$\frac{15 \times 1000}{2} = \frac{3.1416}{4} \times 20 \times 20 h$$

$$h = \frac{15 \times 1000 \times 4}{2 \times 3.1416 \times 20 \times 20}$$

ขนาดของถังต่ำสุด = 238.7 มม.

ขนาดของถังตกตะกอนที่ออกแบบมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 200 มม. สูง 700 มม. จำนวน 2 ถัง
ดังนั้นถังดังกล่าวใช้ได้



บทที่ 4

การทดลองและผลที่ได้จากการทดลอง

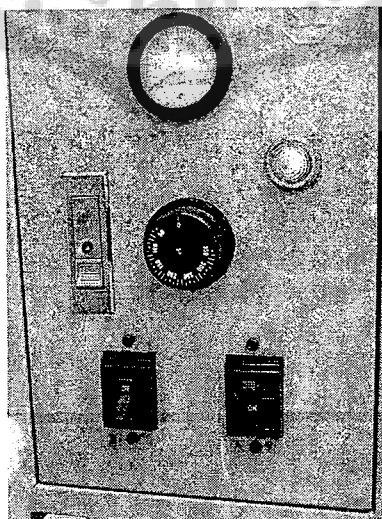
จุดประสงค์ของการทดลอง

การทดลองงานวิจัยนี้ เพื่อหาสมรรถนะการทำงานของเครื่องผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่อง เช่น กำลังการผลิตต่อชั่วโมง การสูญเสียแรงดันในระบบ ตัวแปรหลัก และตัวแปรรองที่มีผลกระทบต่อ การเกิดไบโอดีเซล

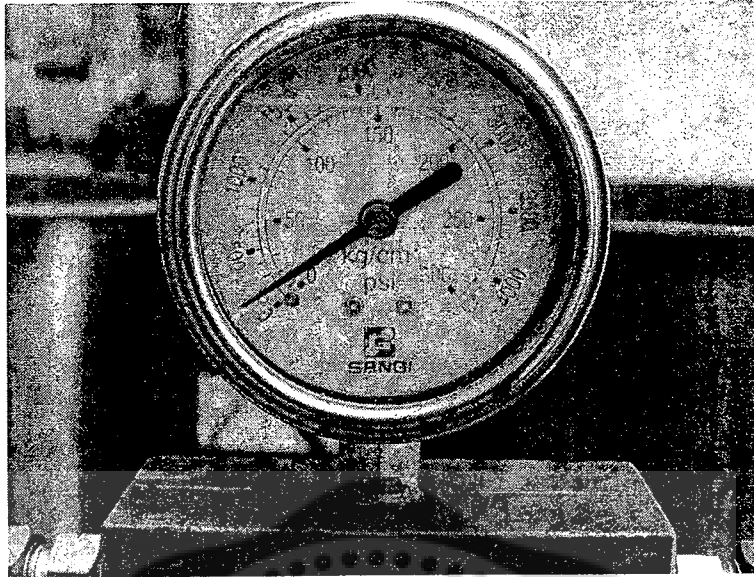
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

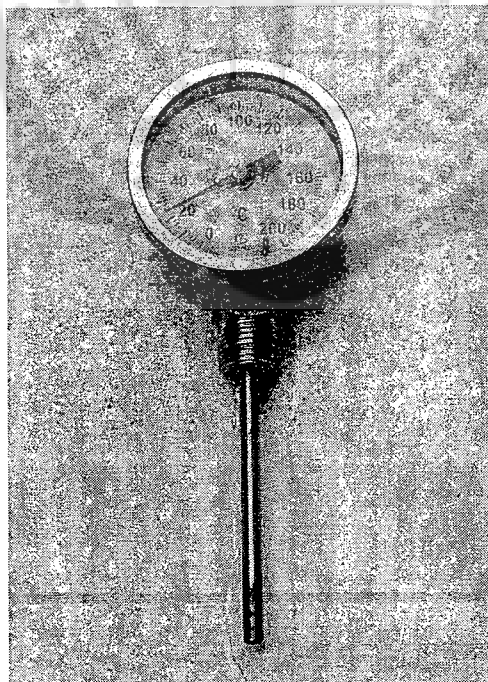
1. น้ำมันปาล์มที่บรรจุขายตามท้องตลาด ที่ยังไม่ผ่านการใช้งานเพื่อสามารถควบคุมคุณภาพของน้ำมันปาล์มเบื้องต้นได้
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์คุณภาพระดับห้องปฏิบัติการ
3. โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์คุณภาพระดับห้องปฏิบัติการ
4. เมทิลแอลกอฮอล์ ความบริสุทธิ์ 99 %
5. นาฬิกาจับเวลา
6. ตาชั่งน้ำหนักแบบ Digital วัดละเอียด 0.01 กรัม
7. ตาชั่งขนาด 14 กิโลกรัม
8. ตัววัดอุณหภูมิแบบ Bi Metal



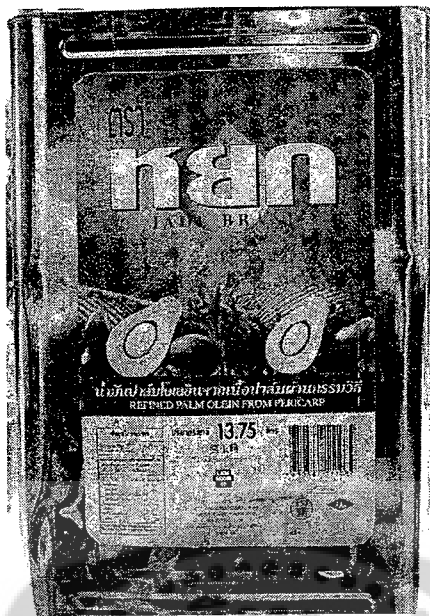
ภาพที่ 4.1 ชุดวัดและควบคุมอุณหภูมิ



ภาพที่ 4.2 เกจวัดแรงดันน้ำมันในระบบ



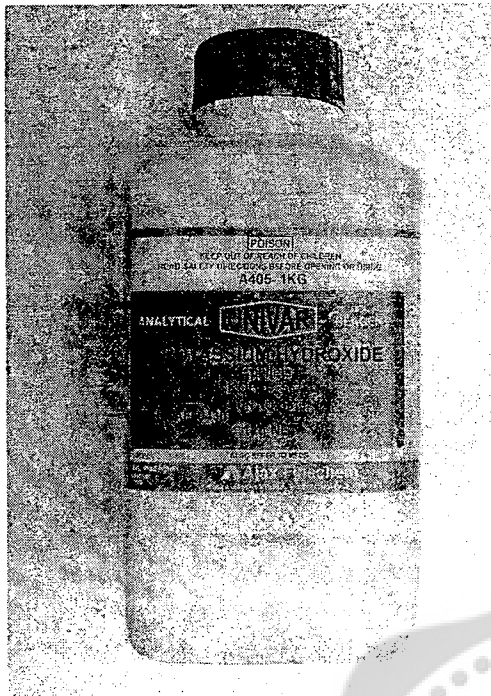
ภาพที่ 4.3 ตัววัดอุณหภูมิน้ำมัน



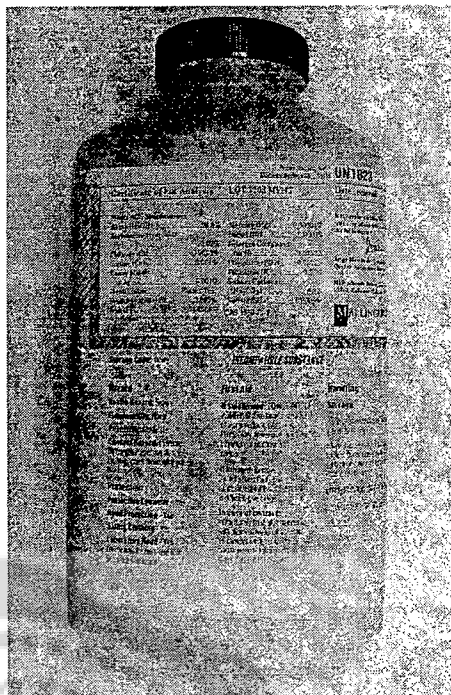
ภาพที่ 4.4 น้ำมันปาล์ม



ภาพที่ 4.5 ตาชั่งน้ำหนักแบบ Digital วัดละเอียด



ภาพที่4.6 โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์



ภาพที่ 4.7 โซเดียมไฮดรอกไซด์

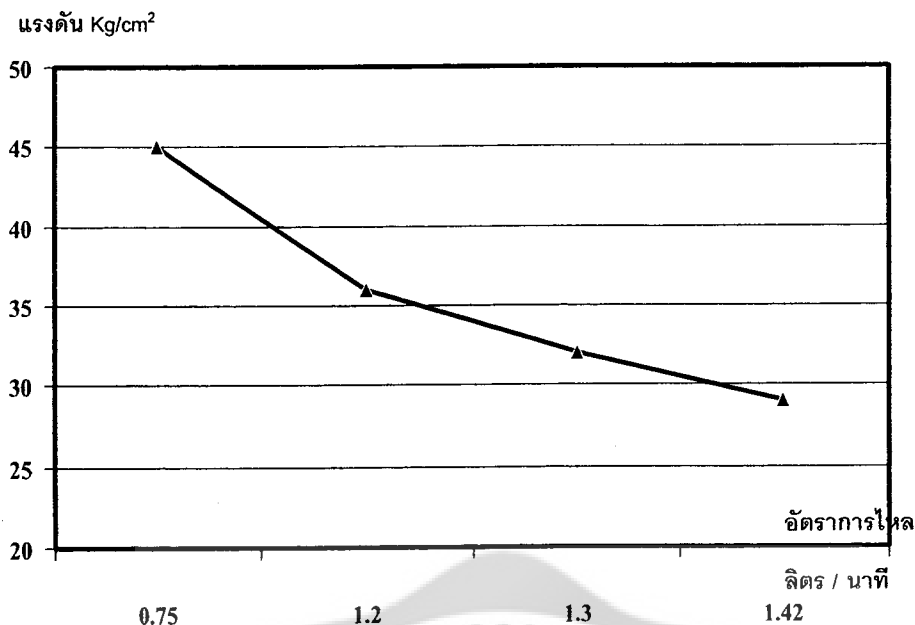
การทดลองการสูญเสียแรงดันระบบและผลที่ได้จากการทดลอง

การทดลองเตรียมวัตถุดิบน้ำมันพืช ในการทดลองเพื่อเตรียมวัตถุดิบเชื้อเพลิง โดยใช้น้ำมันปาล์มที่ยังไม่ได้ผ่านการใช้งาน โดยตั้งอุณหภูมิการต้ของตัวควบคุมอุณหภูมิที่ 100°C โดยทำการเปิดวาล์วควบคุมน้ำมันเต็มที ไหลผ่านท่อปฏิกิริยา แล้ววัดอุณหภูมิน้ำมันที่ได้ โดยให้น้ำมันพืชครั้งที่ 1 มาทำซ้ำ 2 และ 3 และการทดลองแต่ละครั้งต้องปล่อยให้ น้ำมันเย็นที่อุณหภูมิก่อน

ตารางที่ 4.1 ผลที่ได้จากการทดลองการสูญเสียแรงดันในระบบของเครื่องผลิตไบโอดีเซล

การทดลองครั้งที่	การสูญเสียแรงดันถึงปฏิกิริยา	อัตราการไหล (นาที)	อุณหภูมิน้ำมัน
1	35 Kg/cm ²	1.8 ลิตร	75°C
2	19.5 Kg/cm ²	2.1ลิตร	72°C
3	10.2 Kg/cm ²	2.2ลิตร	70°C

ในการทดลองพบว่าการสูญเสียแรงดันในระบบน้อยลงอันเนื่องมาจาก น้ำมันพืชเมื่อโดยความร้อนน้ำมันพืชจะไหลเปลี่ยนเป็นสีเหลืองน้ำตาล และความหนืดน้อยลง ผลที่ได้ดังรูป



ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์การสูญเสียแรงดัน
น้ำมันในท่อปฏิกิริยากับอัตราการใช้

การทดลองการเกิดไบโอดีเซล

การทดลองโดยใช้น้ำมันพืช 74% เมทิลแอลกอฮอล์ 25% และด่างที่ใช้เร่งปฏิกิริยา 2 ชนิด คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้ 1 และ 1.5% โดยดูผลของการเกิดไบโอดีเซล เมื่อมีการควบคุมค่าปรับแรงดัน ซึ่งมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ อัตราการใช้ ซึ่งส่งผลให้ต่อการเกิดไบโอดีเซล

ลำดับขั้นตอนการทดลองผลิตไบโอดีเซล

1) การเตรียมวัตถุดิบ

1. วัตถุดิบที่ใช้ ใช้น้ำมันปาล์มที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน จุดประสงค์เพื่อที่จะควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบได้ โดยนำน้ำมันพืชดังกล่าวมาทำให้ร้อน โดยการใช้เครื่องผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องมาทำให้ร้อน โดยปั๊มน้ำมันพืชดังกล่าวเข้าไปในท่อที่มีขนาด $\frac{1}{4}$ นิ้ว ความยาว 42 เมตร โดยตั้งอุณหภูมิ Heater ไว้ที่ 100°C โดยทำการทำ 3 ครั้ง เพื่อให้คล้ายคลึงกับสภาพของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่านการใช้งานแล้ว ซึ่งจะพบว่าน้ำมันพืชเปลี่ยนสี และหนืดน้อยลง

2. ควบคุมอัตราผสมระหว่าง น้ำมันพืช 74% เมทิลแอลกอฮอล์ 25 %และ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ อย่างละ 1- 1.5 % ผสม 1 ครั้งใช้แอลกอฮอล์ 25%

โดยการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 ใช้น้ำมันพืช 74 % แอลกอฮอล์ 25 % และ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 1และ1.5 %

โดยการทดลองครั้งที่ 3 และ 4 ใช้น้ำมันพืช 74 % แอลกอฮอล์ 25 % และ

โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1และ1.5 %

การทดลองแต่ละครั้งใช้น้ำมันพืช จำนวน 15 ลิตร

2) การเตรียมเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต

ในการผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องนั้น จะต้องใช้น้ำมันพืชบริสุทธิ์ ปล่อยเข้าระบบที่ต้องไหลผ่านชุดท่อในถังปฏิกรณ์ก่อน แล้วจึงปรับความดัน รอจนอุณหภูมิน้ำมันคงที่ แล้วจึงเริ่มปล่อยให้น้ำมันพืชที่ผ่านการผสมเอทานอลกอฮอล์และโซเดียมไฮดรอกไซด์หรือโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ เข้าในระบบ หลังจากนั้นจับเวลารอจนน้ำมันพืชในระบบไหลผ่านมาหมดแล้ว จึงเริ่มเก็บตัวอย่างโดยการวัดปริมาตร และปล่อยให้ลงถึงปฏิกรณ์ก่อน และทำการสุ่มตัวอย่างน้ำมันพืชก่อนบางส่วนที่จะไหลลงสู่ถังตกตะกอน มาวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมัน ไบโอดีเซล

การทดลองครั้งที่ 1

ใช้ Sodium Hydroxide 1%

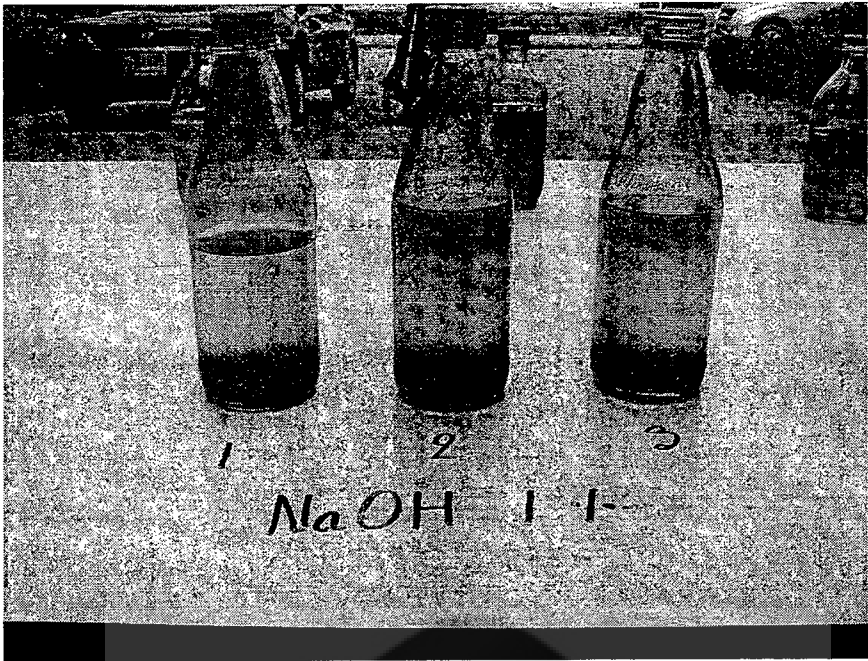
น้ำมันพืช 74%

เมทิลแอลกอฮอล์ 24%

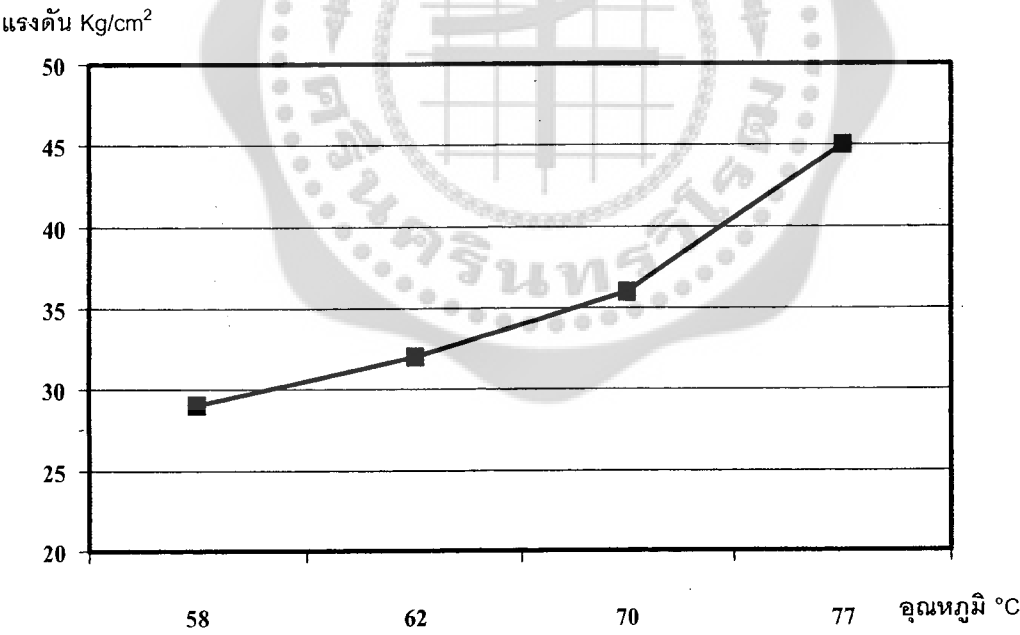
โดยควบคุมแรงดันโดยใช้การปรับวาล์ว การทดลองใช้น้ำมันพืช 15 ลิตร

ตารางที่ 4.2 ผลที่ได้จากการทดลองการควบคุมแรงดันน้ำมันในท่อปฏิกรณ์

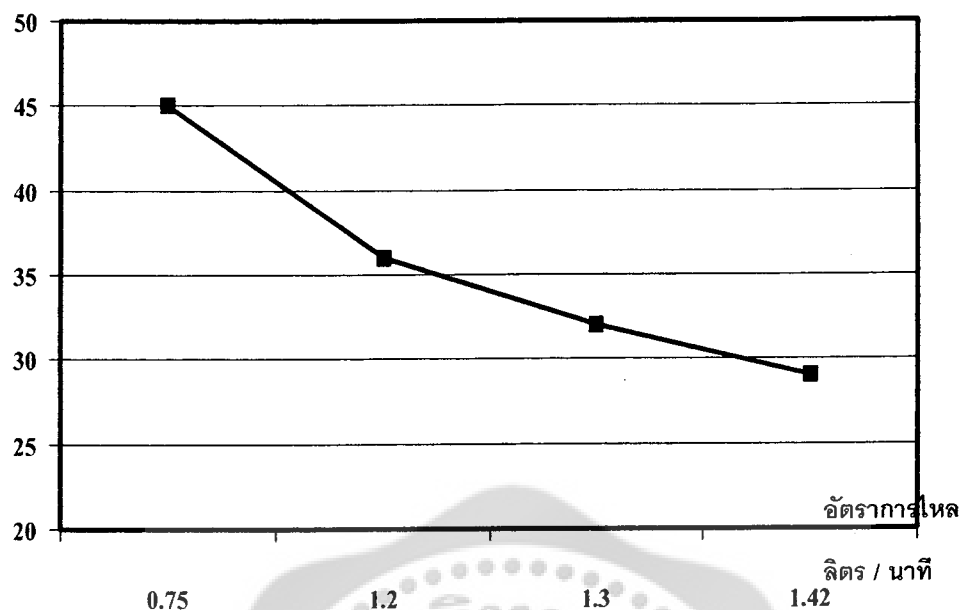
การทดลอง ครั้งที่1	การเปิดวาล์ว %	แรงดัน Kg/cm ²	อุณหภูมิ น้ำมัน °C	อัตราการไหล ลิตร/นาที	% การเกิด ไบโอดีเซล
1	100	29	58	1.42	76
2	70	32	62	1.30	83.5
3	40	36	70	1.20	85.4
4	10	45	77	0.75	88.3



ภาพที่ 4.9 แสดงผลตัวอย่างของไบโอดีเซลที่ได้จากการทดลองโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1%

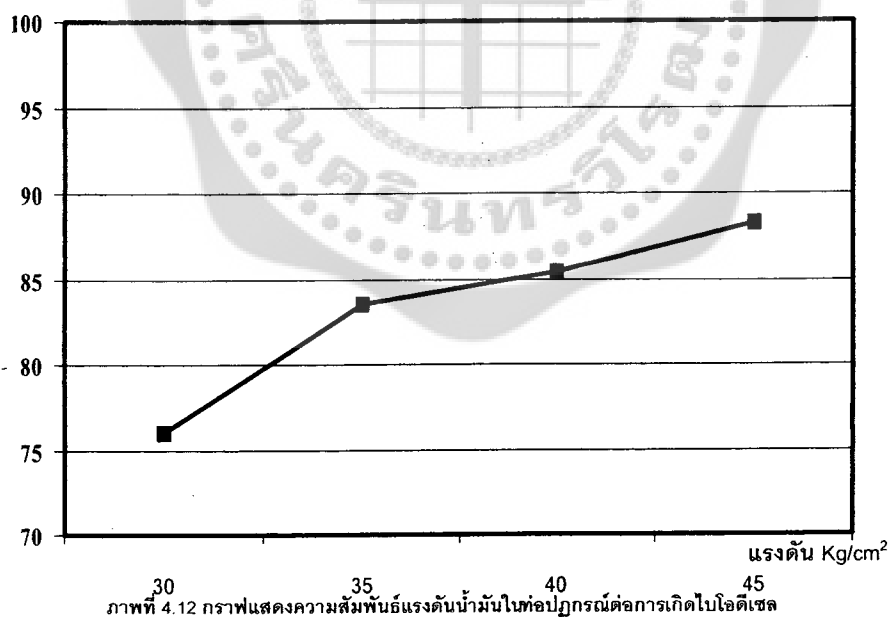


ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันน้ำมันในท่อปฏิกิริยาต่ออุณหภูมิ

แรงดัน Kg/cm^2 

ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันน้ำมันในท่อปฏิกิริยาต่ออัตราการไหล

%การเกิดไบโอดีเซล



ภาพที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันน้ำมันในท่อปฏิกิริยาต่อการเกิดไบโอดีเซล

ที่โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1% น้ำมันพืช 74% แอลกอฮอล์ 24%

การทดลองครั้งที่2

ใช้ Sodium Hydroxide 1.5%

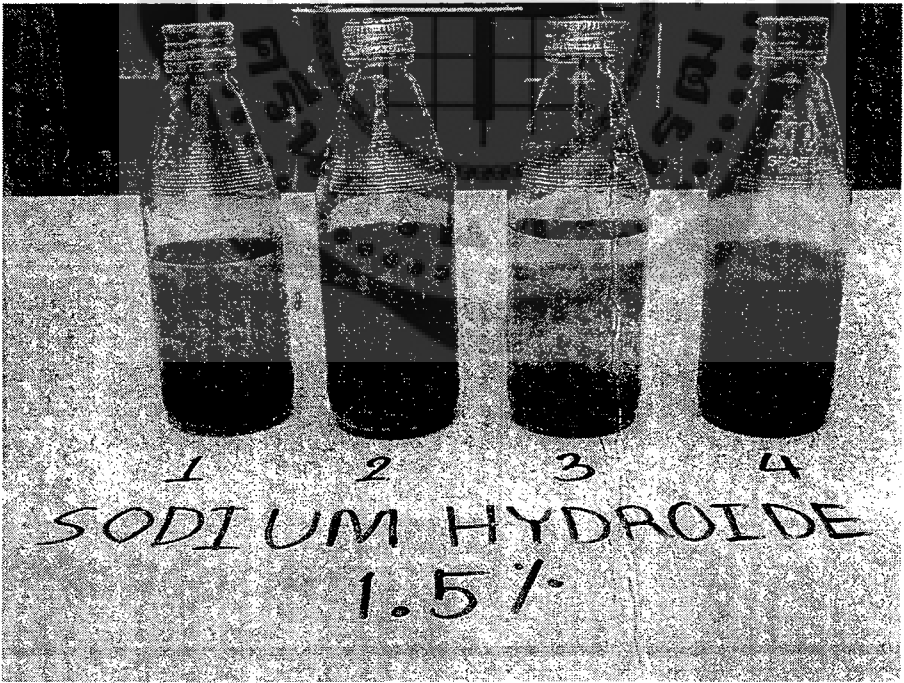
น้ำมันพืช 74%

เมทิลแอลกอฮอล์ 24%

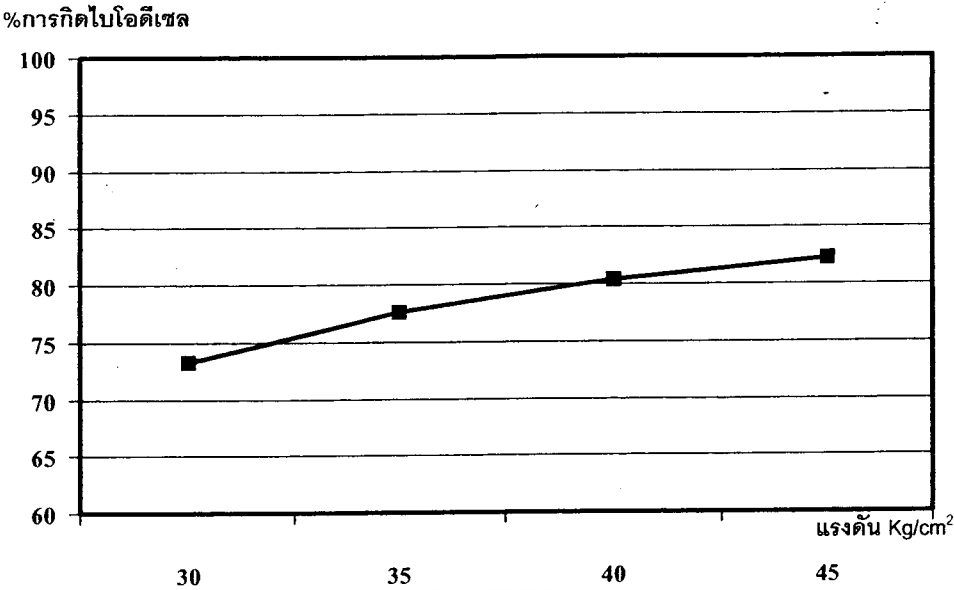
โดยควบคุมแรงดันโดยใช้การปรับวาล์ว การทดลองใช้น้ำมันพืช 15 ลิตร

ตารางที่ 4.3 ผลที่ได้จากการทดลองครั้งที่ 2 การควบคุมแรงดันน้ำมันในท่อปฏิกรณ์

การทดลอง ครั้งที่1	การเปิดวาล์ว %	แรงดัน Kg/cm ²	อุณหภูมิ น้ำมัน °C	อัตราการไหล ลิตร/นาที่	% การเกิด ไบโอดีเซล
1	100	30	57	1.35	73.3
2	70	33	64	1.30	77.6
3	40	38	73	1.24	80.4
4	10	47	78	0.82	82.3



ภาพที่ 4.13 แสดงผลตัวอย่างของไบโอดีเซลที่ได้จากการทดลองโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.5%



ภาพที่ 4. 14 กราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันน้ำมันในท่อปฏิกิริยาต่อการเกิดไบโอดีเซล

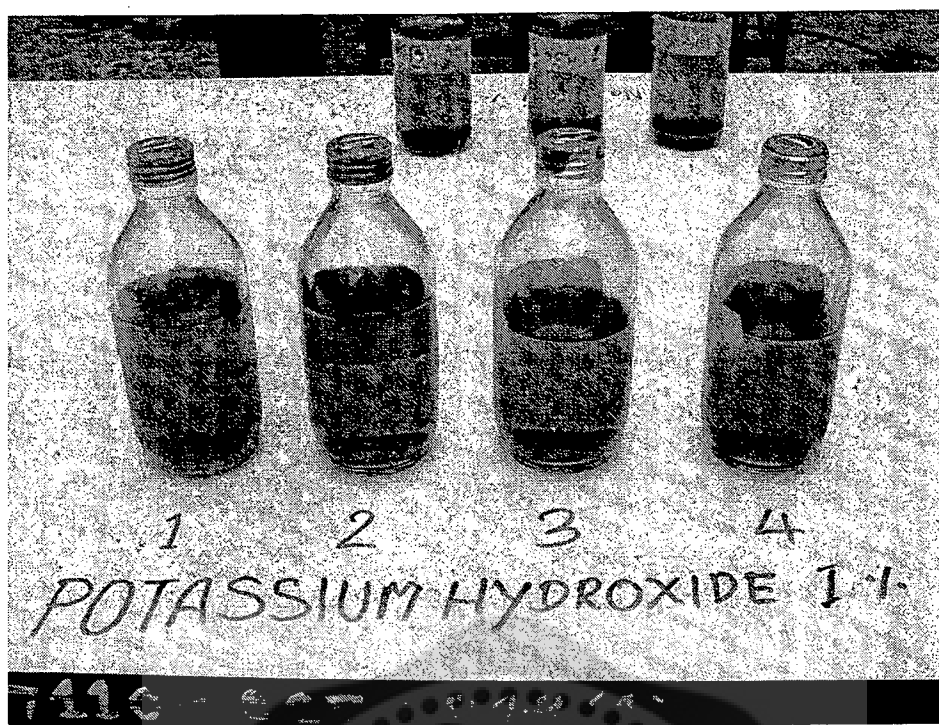
ทีโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.5 % น้ำมันพืช 74% แอลกอฮอล์ 24%

การทดลองครั้งที่ 3

- ใช้ Potassium Hydroxide 1%
- น้ำมันพืช 74%
- แอลกอฮอล์ 25%
- ใช้น้ำมันพืช 15 ลิตร

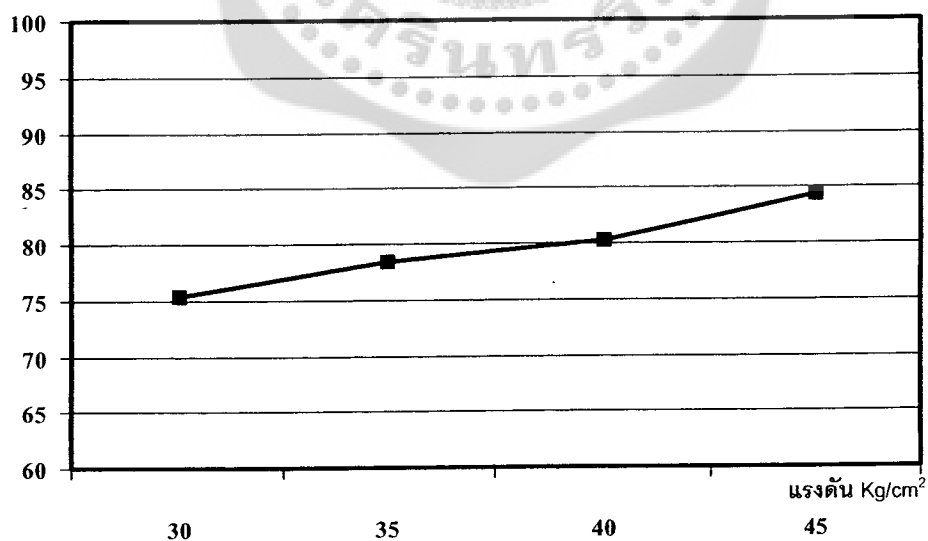
ตารางที่ 4.4 ผลที่ได้จากการทดลองครั้งที่ 3 การควบคุมแรงดันน้ำมันในท่อปฏิกิริยา

การทดลองครั้งที่1	การเปิดวาล์ว %	แรงดัน Kg/cm ²	อุณหภูมิ น้ำมัน °C	อัตราการไหล ลิตร/นาที	% การเกิดไบโอดีเซล
1	100	28	63	1.45	75.3
2	70	35	67	1.23	78.4
3	40	38	73	1.07	80.2
4	10	46	76	0.78	84.4



ภาพที่ 4.15 แสดงผลตัวอย่างของไบโอดีเซลที่ได้จากการทดลองโดยใช้
โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 1.0%

%การเกิดไบโอดีเซล



ภาพที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันน้ำมันในท่อปฏิกิริยาต่อการเกิดไบโอดีเซล

ที่โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 1.0% น้ำมันพืช 74% แอลกอฮอล์ 24%

การทดลองครั้งที่4

ใช้ Potassium Hydroxide 1.5 %

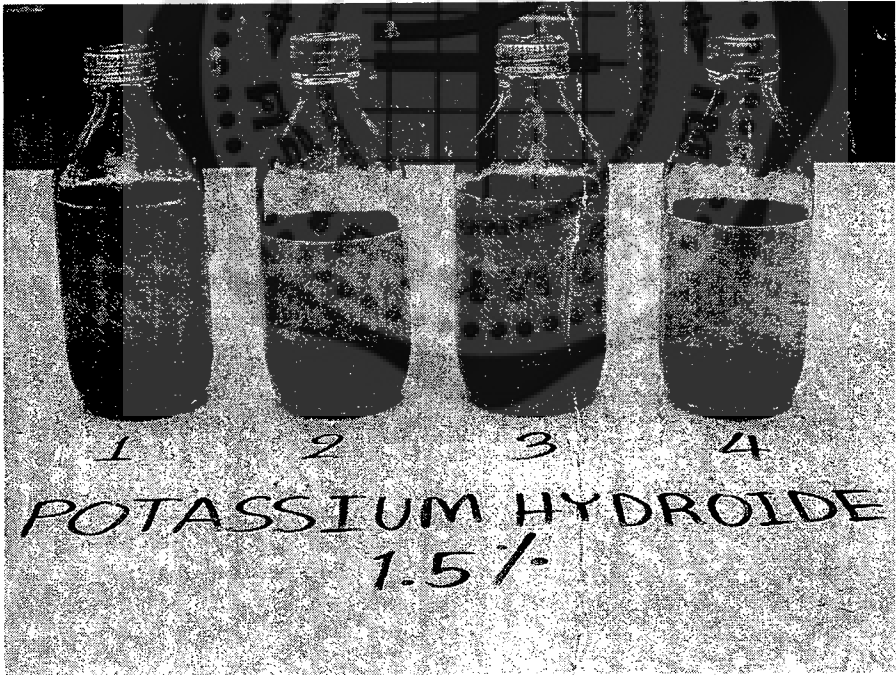
น้ำมันพืช 74%

แอลกอฮอล์ 25%

ใช้น้ำมันพืช 15 ลิตร0

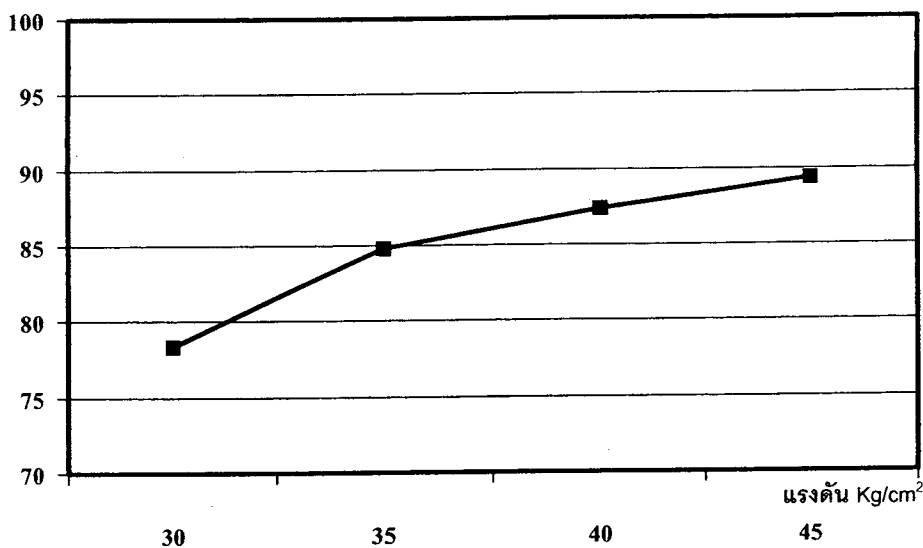
ตารางที่ 4.6 ผลที่ได้จากการทดลองครั้งที่ 4 การควบคุมแรงดันน้ำมันในท่อปฏิกิริยา

การทดลอง ครั้งที่1	การเปิดวาล์ว %	แรงดัน Kg/cm ²	อุณหภูมิ น้ำมัน °C	อัตราการไหล ลิตร/นาที่	% การเกิด ไบโอดีเซล
1	100	28	60	1.38	78.3
2	70	33	65	1.06	84.8
3	40	40	72	0.98	87.4
4	10	48	78	0.65	89.4



ภาพที่ 4.17 แสดงผลตัวอย่างของไบโอดีเซลที่ได้จากการทดลองโดยใช้โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 1.5%

%การเกิดไบโอดีเซล

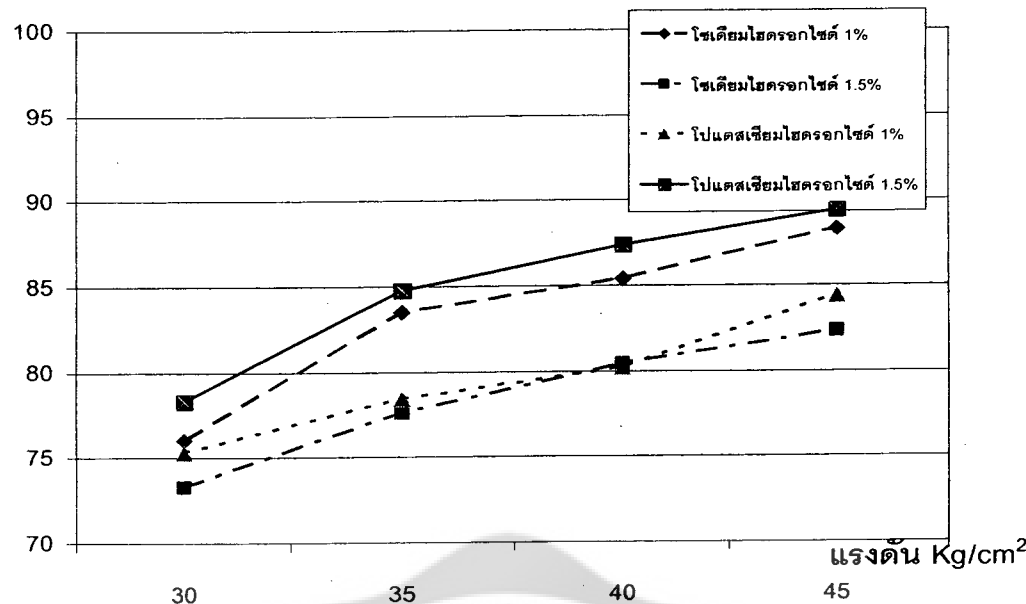


ภาพที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันน้ำมันในท่อปฏิกิริยาต่อการเกิดไบโอดีเซล

ที่โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 1.5% น้ำมันพืช 74% แอลกอฮอล์ 24%

ในการทดลองหาการเกิดไบโอดีเซล ทำโดยเมื่อปรับค่าการเปิดปิดขนาดของวาล์วได้แล้ว ทำการสูมตัวอย่างน้ำมันในถังตกตะกอนมาใส่ขวดขนาด 400 cc. และต้องระวังไม่ให้แอลกอฮอล์ในน้ำมันดีเซลระเหยออก โดยทำการปิดฝาให้แน่น แล้วนำมาตั้งไว้ให้กลีเซอรีนตกตะกอนประมาณ 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการวัดปริมาตรของตะกอนกลีเซอรีน กับน้ำมันไปเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำมันไบโอดีเซลกับกลีเซอรีน หลังจากนั้นทำการทดลองให้มั่นใจอีกครั้งว่าน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้นั้นมีปฏิกิริยาสมบูรณ์มากน้อยเพียงใด โดยการคัดแยกเอาน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้ผ่านการผสมน้ำอีกครั้ง ถ้าไบโอดีเซลนั้นทำปฏิกิริยากับน้ำมีสีขุ่นขึ้นคล้ายน้ำสลัด แสดงว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนั้นไม่สมบูรณ์ แต่ถ้ามีการแยกชั้นในระหว่างน้ำกับน้ำมันไบโอดีเซลอย่างชัดเจน แสดงว่าเกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ และจากการทดลองสามารถกล่าวโดยสรุปว่า การเกิดไบโอดีเซลจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และแรงดัน และกรณีที่โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ พบว่า ที่ 1.0% จะเกิดไบโอดีเซลมากกว่า 1.5% ขณะเดียวกันการใช้โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 1.5% จะเกิดไบโอดีเซลดีกว่า 1.0% ในขณะเดียวกัน การใช้โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ให้ผลผลิต ดีกว่าการใช้โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ในปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาที่เท่ากัน

%การเกิดไบโอดีเซล



ภาพที่ 4.19 กราฟแสดงเปรียบเทียบการเกิดไบโอดีเซลต่อแรงดันน้ำมันในท่อปฏิกิริยา

- ครั้งที่ 1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.0% น้ำมันพืช 74 % แอลกอฮอล์ 24%
- ครั้งที่ 2 โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.5% น้ำมันพืช 74 % แอลกอฮอล์ 24%
- ครั้งที่ 3 โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 1.0% น้ำมันพืช 74 % แอลกอฮอล์ 24%
- ครั้งที่ 4 โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 1.5% น้ำมันพืช 74 % แอลกอฮอล์ 24%

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอนะ

จากการศึกษาพบว่าแรงดันน้ำมันในท่อปฏิกรณ์จะเป็นตัวบ่งชี้ อุณหภูมิ อัตราการไหล และเวลาของไบโอดีเซลที่จะอยู่ในถังปฏิกรณ์ซึ่งจะมีผลในการเกิดไบโอดีเซลความยาวของท่อปฏิกรณ์ควรให้มีความยาวมากๆเพื่อให้เกิดการทำปฏิกิริยาภายในท่อได้นานจะทำให้เกิดไบโอดีเซลได้มากขึ้น เช่น ทำท่อปฏิกรณ์เป็นแบบ 2 ถัง ต่ออนุกรมกัน

ในการตั้งอุณหภูมิและแรงดันให้สูงบางครั้งจะเกิดการแยกชั้นของน้ำมันไบโอดีเซลและกรีเซลี้นออกมาพร้อมกันซึ่งต้องระมัดระวังมิฉะนั้นกรีเซลี้นจะไปอุดตันในระบบเมื่อเลิกใช้งาน

ในระบบนี้จากตัวอย่างที่ทำการผสมเมื่ออุณหภูมิของไบโอดีเซลเย็นเท่าอุณหภูมิห้องจะเกิดกรีเซลี้นแยกชั้นอย่างรวดเร็ว

ในการผสมแอลกอฮอล์กับด่างและน้ำมันพืชต้องพยายามควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ที่อุณหภูมิห้องและผสมครั้งละไม่ควรเกิน 20 ลิตร เพื่อป้องกันการทำปฏิกิริยาที่รุนแรงจะเกิดกรีเซลี้นบางส่วนไหลเข้าไปในปั๊มทำให้ปั๊มทำงานติดขัดได้เพราะเป็นเกียร์ปั๊ม

ก่อนเดินเครื่องจะต้องมีการปั๊มน้ำมันพืชให้ไหลในท่อก่อนเปิดHeaterมิฉะนั้นจะเกิด Overheatได้

อย่าใช้น้ำมันพืชที่ผ่านการผสมเพื่อทำไบโอดีเซลอุ่นเครื่องเพราะจะมีปัญหาในการเกิดไบโอดีเซล ก็กรีเซลี้นจะเข้าไปจับเครื่องปั๊ม ทำให้ปั๊มทำงานหนักหลีกเลี่ยงการที่จะให้ลมเข้าระบบ เพราะจะควบคุมความดันได้ยากและอัตราการไหลยาก เข้มงวดจะเคลื่อนไหวตลอดเวลา

น้ำมันและส่วนผสมที่จะทำไบโอดีเซลต้องผ่านการกรองเอาสารแขวนลอยออกทุกครั้งและต้องปฏิบัติอย่างเคร่งครัดมิฉะนั้นเศษวัสดุไม่พึงประสงค์จะเข้าไปอุดตันในท่อปฏิกรณ์

ก่อนเลิกการผลิตไบโอดีเซลให้ตั้งอุณหภูมิHeaterให้สูง แล้วควบคุมอัตราการไหลให้เต็มที่ แล้วปั๊มน้ำมันพืชบริสุทธิ์เข้าล้างในระบบเพื่อป้องกันไม่ให้กรีเซลี้นตกค้างในระบบ

ในการเก็บตัวอย่างหรือในถังตกตะกอน จะต้องให้ปลายท่อของน้ำมันจมอยู่ในน้ำมัน เพื่อป้องกันการสูญเสียแอลกอฮอล์ ฝาถังตกตะกอนต้องปิดสนิทป้องกันแอลกอฮอล์ระเหยออก

ในการที่จะทำไบโอดีเซลให้ได้ผลดีนั้นน้ำมันที่เป็นสารตั้งต้นและสารเร่งปฏิกิริยาจะต้องไม่มีความชื้นเพื่อป้องกันการเกิดสบู่

ในการออกแบบงานวิจัยต่อไปควรจะศึกษาระบบการผสม น้ำมันตั้งต้นกับแอลกอฮอล์กับสารเร่งปฏิกิริยาโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง

ควรมีการศึกษา และทำวิจัยการผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่อง ถ้าเป็นไปได้ควรจะเป็นแบบอุณหภูมิสูงแรงดันสูงเหนือวิกฤต

บรรณานุกรม

กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน. ดีเซลจากพืช ทางเลือกใหม่ของพลังงาน (ออนไลน์)

กรุงเทพฯ : สำนักคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิง กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน

แหล่งที่มา : http://www.doeb.go.th/dbd/knowledge/bio_diesel2.html

ชินนัท สันประเสริฐโชค มานพ เจริญไชยตระกูล และเพ็ญจิตร ศรีนพคุณ. การผลิตไบโอดีเซล

จากน้ำมันทานตะวันโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤตเป็น

ตัวกลาง. กรุงเทพฯ :การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย.

คณะกรรมการกิจการพลังงาน สภาผู้แทนราษฎร. (2545).เทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซล.

กรุงเทพฯ : บริษัท แพลน กราฟิค จำกัด.

คณะกรรมการกิจการพลังงาน สภาผู้แทนราษฎร. (2545).พลังงานทดแทน เอทานอลและไบโอ

ดีเซล. กรุงเทพฯ .

ธนาทิพย์ อัครผดุงสิทธิ์. (2547). การสังเคราะห์เอทิลเอสเทอร์จากน้ำมันปาล์มเมล็ดในและ

เอทานอลด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาต่าง. กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คณะ

วิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิมพ์วิภา บุญใจ, อาภาพร ฤทัยานนท์ และ อาทิวรรณโชติพิฤกษ์. การผลิตไบโอดีเซลจากกรด

ไขมันที่เป็นผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม. กรุงเทพฯ :ภาควิชาวิศวกรรม

เคมีคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิสมัย เจนวนิชปัญญกุล. (2545).ไบโอดีเซล: พลังงานทางเลือก? กรุงเทพฯ :ฝ่ายสิ่งแวดล้อม

นิเวศวิทยาและพลังงาน สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

พลังงานทดแทน. พลังงานไบโอดีเซล. กรุงเทพฯ : กรมพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน

กระทรวงพลังงาน.

วัชรระ ลอยสมุทร อุฬารวิศว์ ครอบยุทธ์ และสุรัชย์ ผั่นแก้ว. (2542) . การปรับปรุงน้ำมันพืชที่ใช้

แล้วเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล . วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย

รังสิต 3. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรังสิต.

ศรีสวัสดิ์ , อติศร. (2529). การผลิตเมทิลเอสเทอร์จากน้ำมันพืชและไขมันสัตว์. วิทยานิพนธ์

มหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

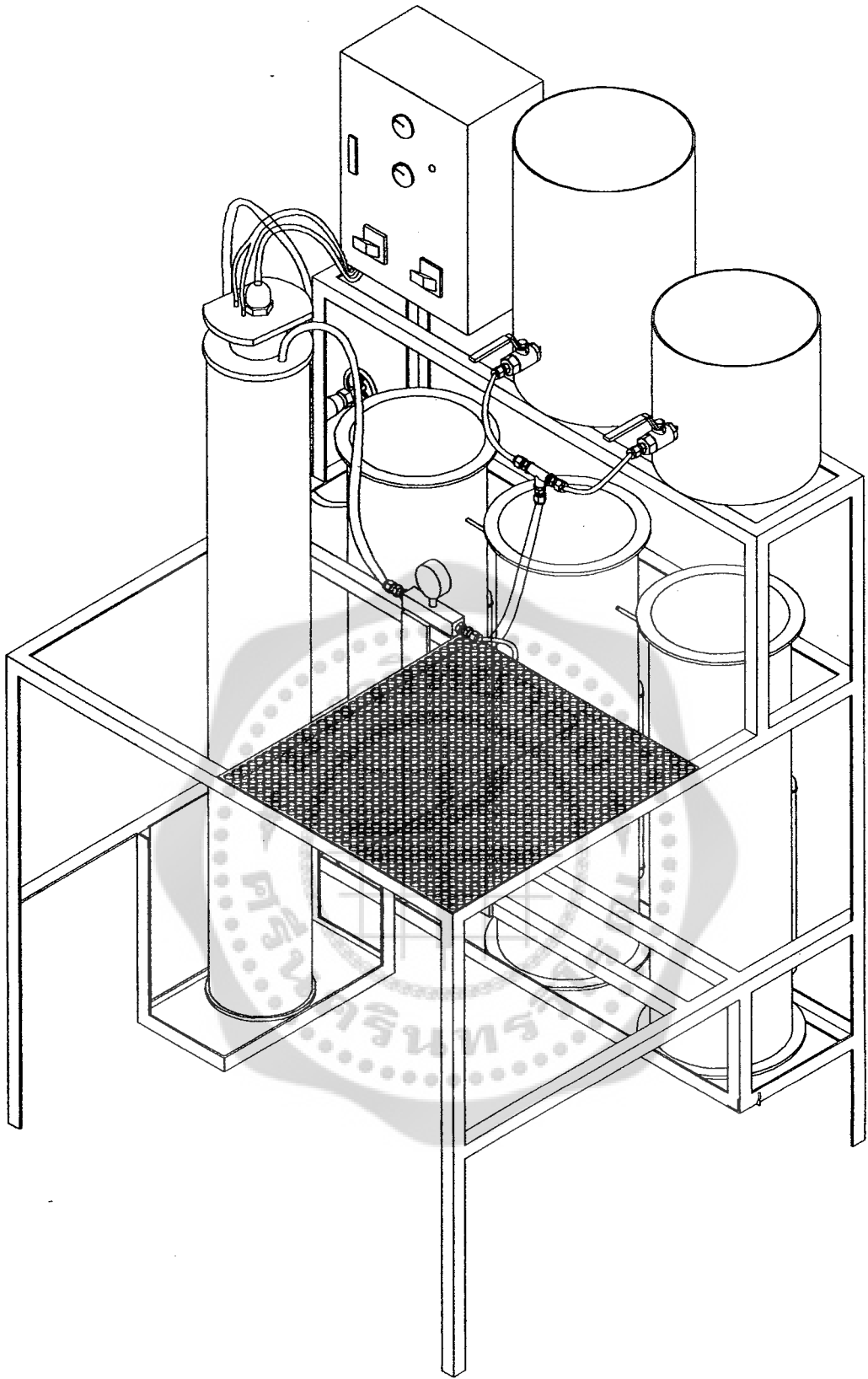
สุกัญญา มากมี. (2545).การทดลองผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชในเมทานอลภาวะเหนือ

วิกฤตโดยกระบวนการแบบต่อเนื่อง.

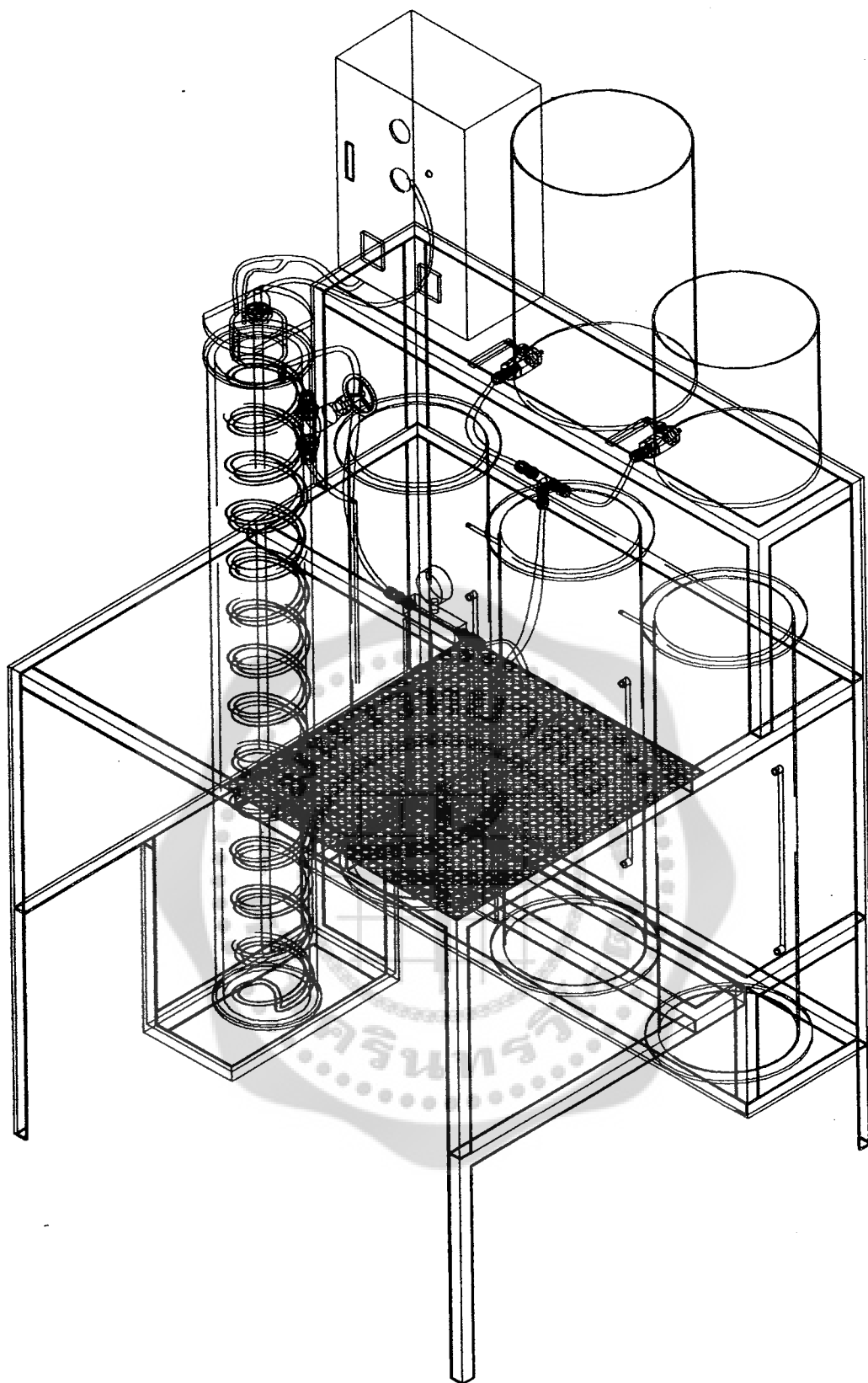
- D. Kusdiana, S. Saka. **Development of biodiesel fuel production by supercritical methanol.** Graduate School of Energy Science, Kyoto University, Kyoto, Japan.
- Hiroaki Imahara, Eiji Minami, Shusaku Hari and Shiro Saka. **Thermal Stability of Biodiesel Fuel as Prepared by Supercritical Methanol Process.** Graduate School of Energy Science, Kyoto University, Kyoto, Japan.
- Kunchana Bunyakiat, Sukunya Makmee, Ruengwit Sawangkeaw and Somkiat Ngamprasertsith. **Continuous Production of Biodiesel via Transesterification from Vegetable Oils in Supercritical Methanol.** Fuels Research Center, Department of Chemical Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University.
- shiro Saka. (-) **High-efficiency Bioenergy Conversion Project (ออนไลน์).**
<http://www.saka@energy.kyo-u.ac.jp>
- V.Lertsathapomsuk, P.Ruangying, R.Pairintra and K.Krisnangkura. **Continuous Transesterification of Vegetable Oils by Microwave Irradiation.** School of Energy and Material, King Mongkut's University of Technology Thonburi.
- แหล่งที่มา : <http://www.energy.go.th/moen/Index.aspx?MenuID=60>
 : http://journeytoforever.org/biodiesel_aleksnew.html
 : http://journeytoforever.org/biodiesel_processor.html
 : [http://www.ultrasonic-systems.com/ultrasonic/biodiesel_transesterification ...](http://www.ultrasonic-systems.com/ultrasonic/biodiesel_transesterification...)

ภาคผนวก

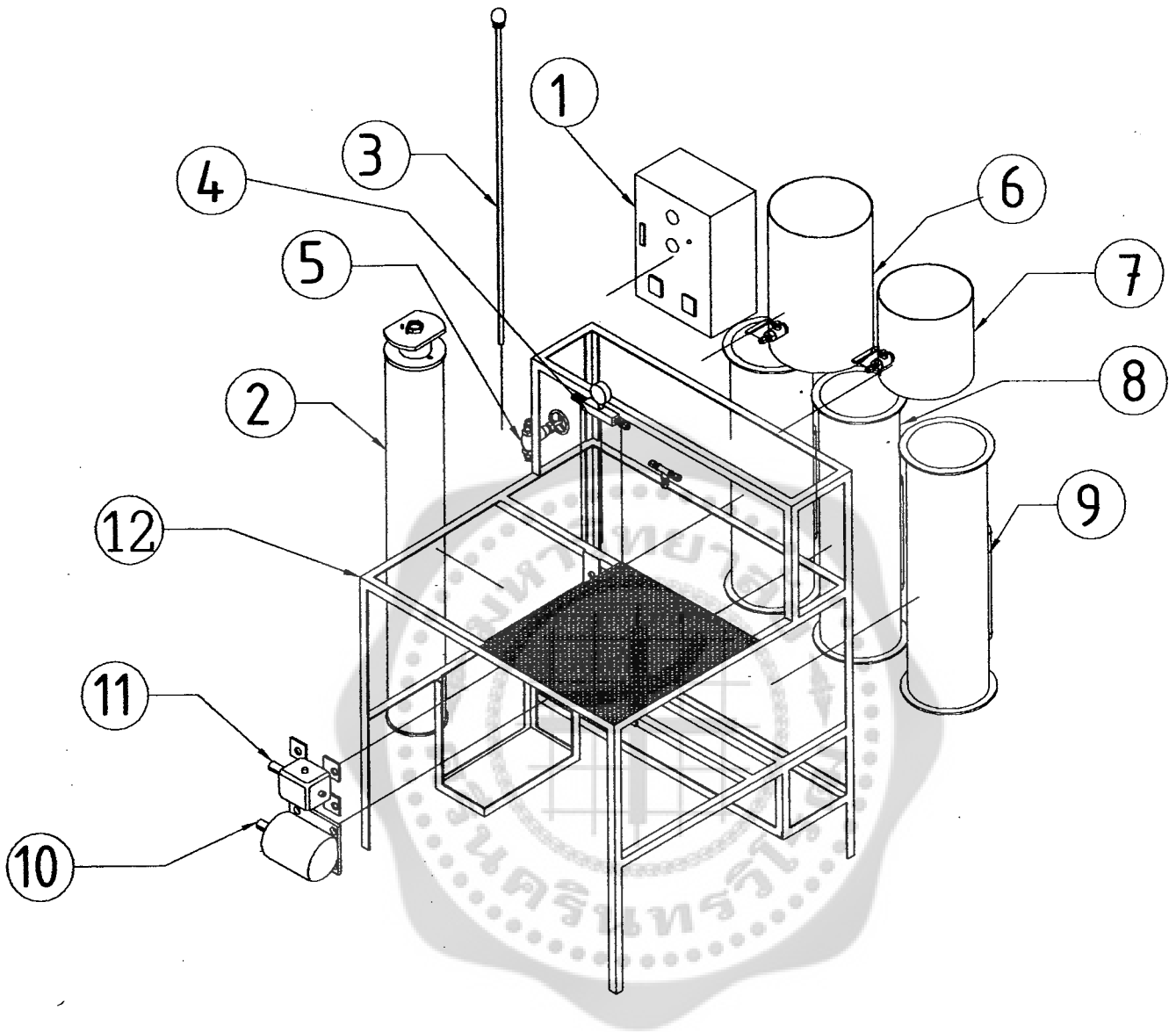




ที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นาย ณรงค์ฤทธิ์ เรืองแก้ว		คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรัตนกรีนทรวิโรฒ องค์กรฯ นครนายก		
ผู้ตรวจ	นาย ประเสริฐศิลป์ อรรฐาเมศร์				
ผู้ตรวจ ม.ช					
ผู้ออกแบบ	นาย ประเสริฐศิลป์ อรรฐาเมศร์				
มาตรฐาน 8:100	ชื่อชิ้นงาน เครื่องผลิตไบโอดีเซล แบบต่อเนื่อง		หมายเลขแบบ		

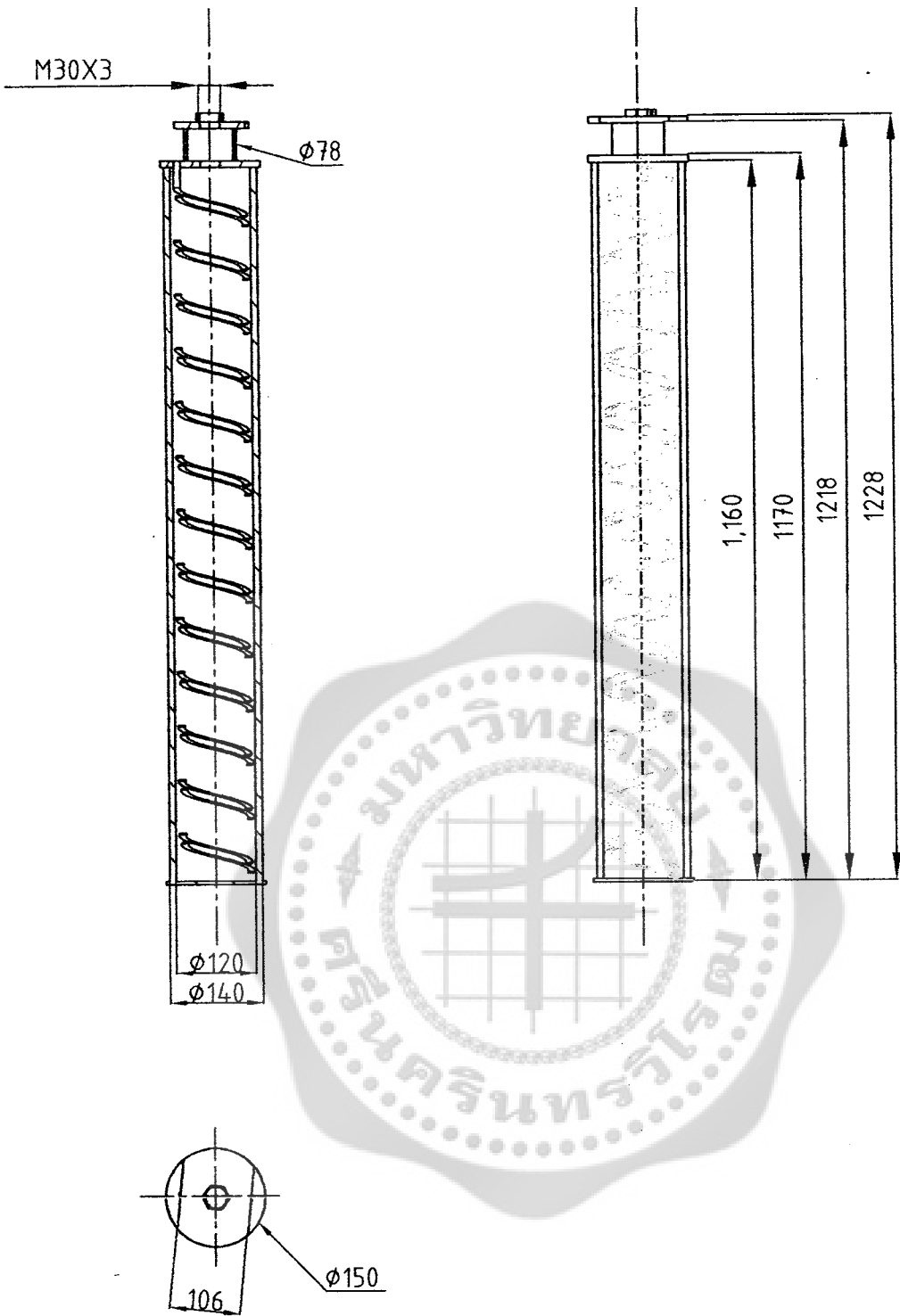


ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นาย ณรงค์ฤทธิ์ เรืองแก้ว		คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ นครนายก		
ผู้ตรวจ	นาย ประเสริฐศิลป์ อรรจุภาเมศร์				
ผู้ตรวจ ม.ช					
ผู้ออกแบบ	นาย ประเสริฐศิลป์ อรรจุภาเมศร์				
มาตราส่วน 0.08:1	ชื่อชิ้นงาน เครื่องผลิตไบโอดีเซล แบบต่อเนื่อง		หมายเลขแบบ		

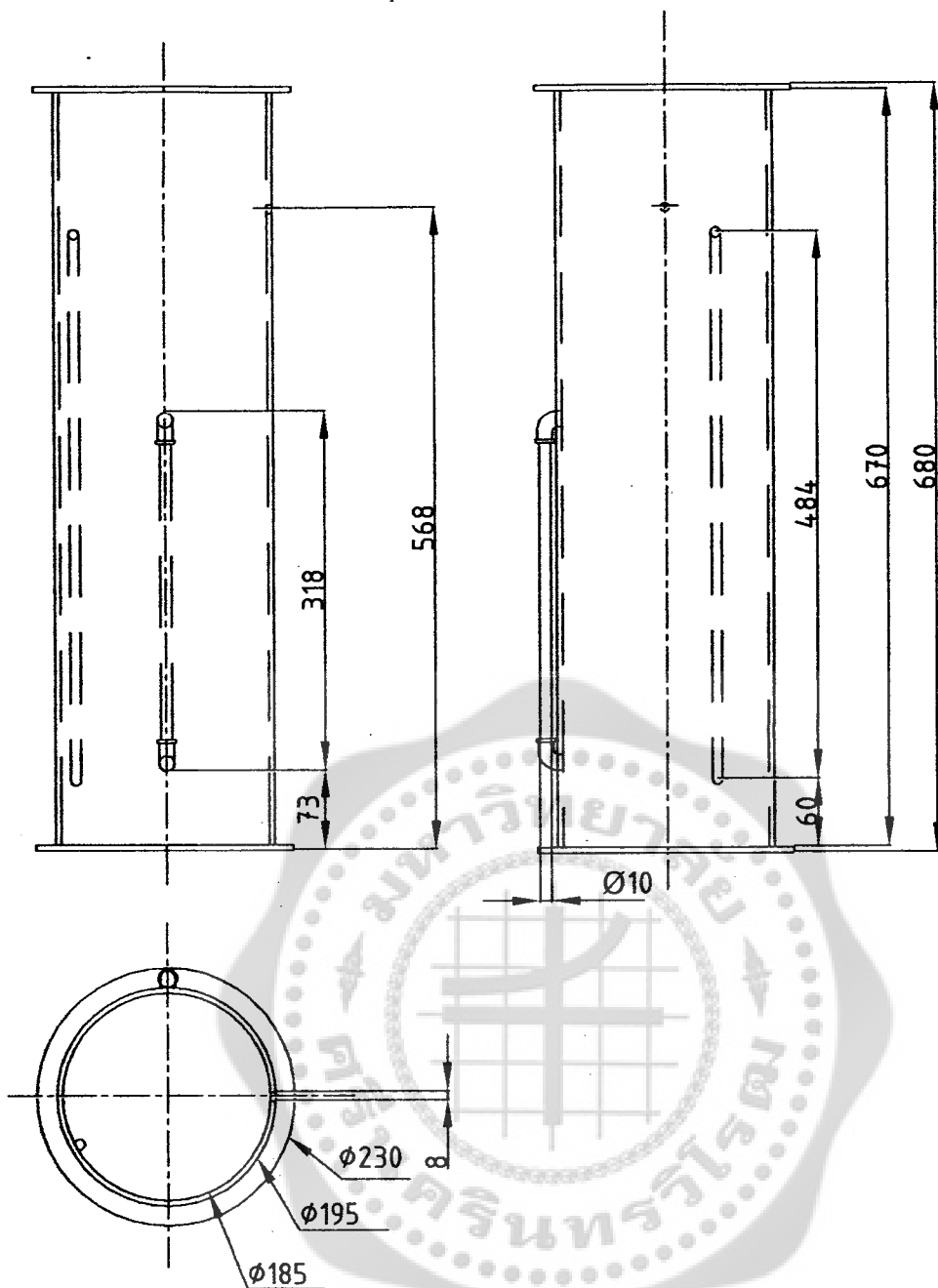


พื้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นาย ณรงค์ฤทธิ์ เรืองแก้ว		คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ นครนายก		
ผู้ตรวจ	นาย ประเสริฐศิลป์ อรรฐาเมศร์				
ผู้ตรวจ ม.ช					
ผู้ออกแบบ	นาย ประเสริฐศิลป์ อรรฐาเมศร์				
มาตราส่วน 0.08:1	ชื่อชิ้นงาน เครื่องผลิตไบโอดีเซล แบบต่อเนื่อง			หมายเลขแบบ	

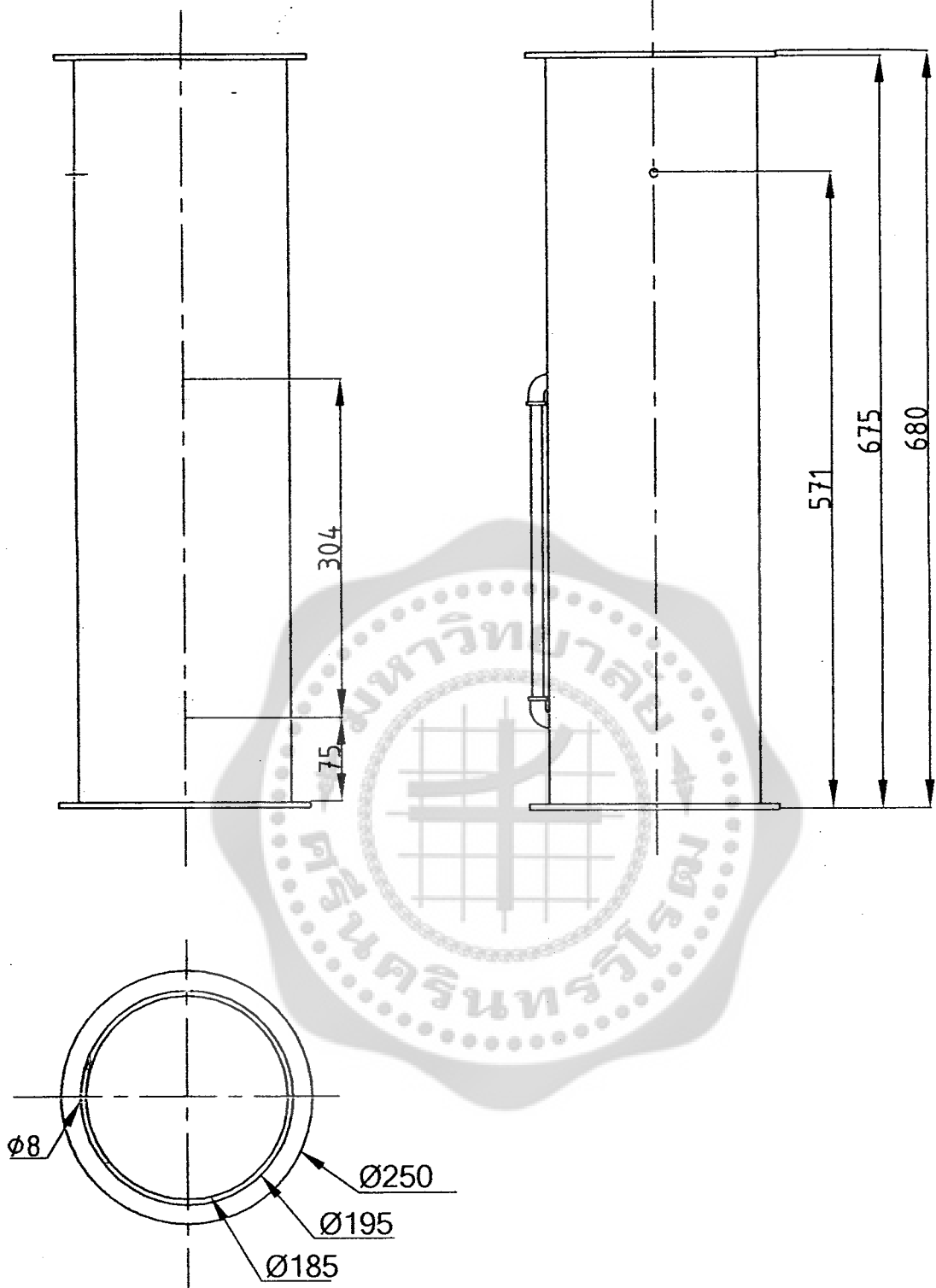
12	โครม	800x865x1,110	st34	6/6	1
11	ปั๊มเฟือง	5 L/min			1
10	มอเตอร์ส่งกำลัง	1/3 HP			1
9	ถังล้างต่ำ	Ø230x690mm	SUS	5/6	1
8	ถังตกตะกอนแยกกริเทอลีน	Ø230x690mm	SUS	4/6	2
7	ถังใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา	Ø220x227 mm	SUS	3/6	1
6	ถังใส่น้ำมัน	Ø250x387mm	SUS	2/6	1
5	วาล์วควบคุมแรงดัน	JIS B 2051 Screwed Globe Valve - 10K 1/2:1			1
4	เกจวัดแรงดัน	300 kg/cm ²			1
3	Heater	1200 watt			1
2	ท่อปฏิกรณ์	Ø106x1280mm	SUS	1/6	1
1	ตู้ควบคุม	250x350x150mm			1
ชั้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นาย ณรงค์ฤทธิ เรืองแก้ว		คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ นครนายก		
ผู้ตรวจ	นาย ประเสริฐศิลป์ อรรจุณเมศร์				
ผู้ตรวจ ม.บ					
ผู้ออกแบบ	นาย ประเสริฐศิลป์ อรรจุณเมศร์				
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน ตารางรายการ		หมายเลขแบบ		



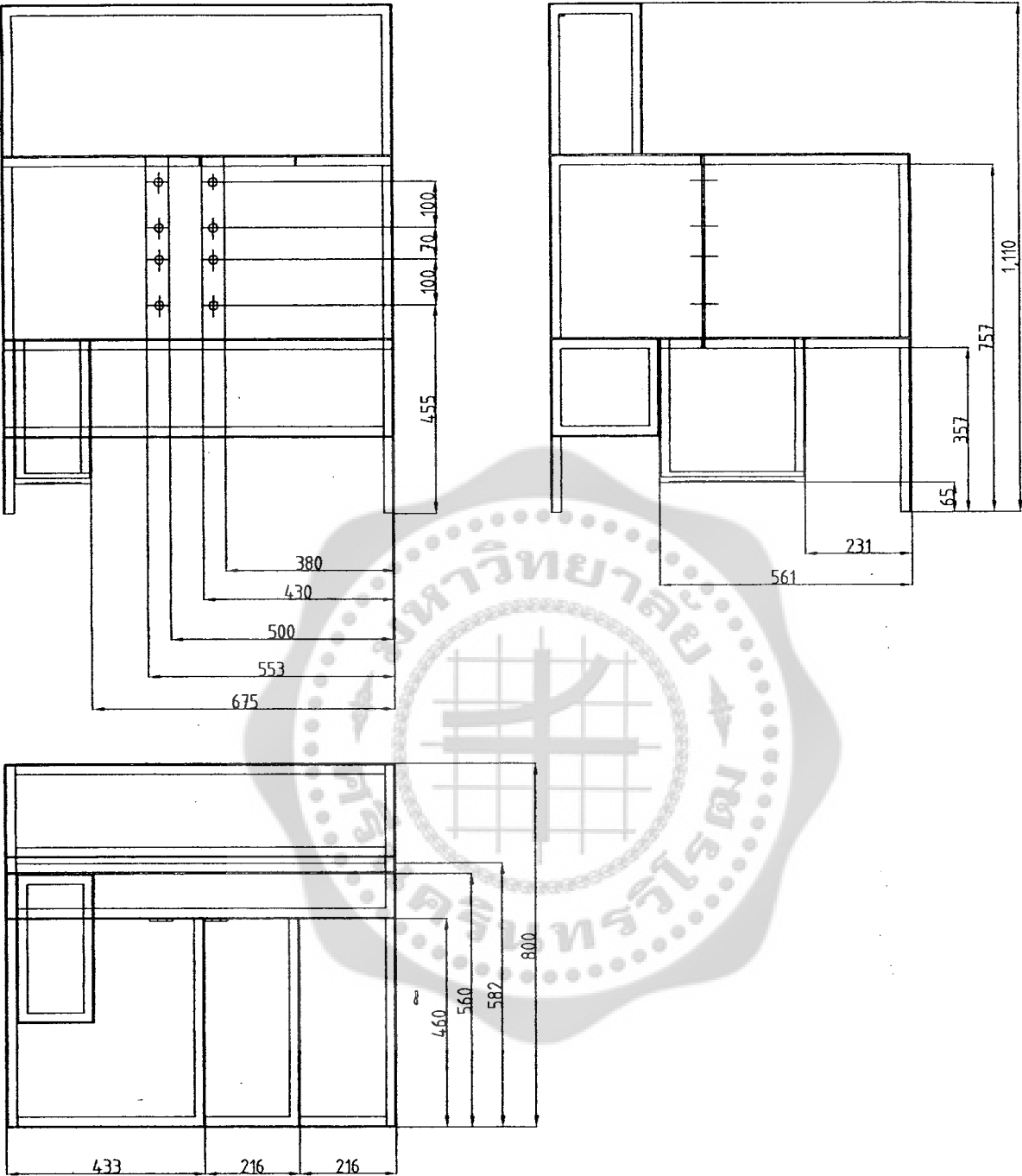
ผู้เขียน	นาย ณรงค์ฤทธิ เรืองแก้ว	ผู้ตรวจสอบ	นาย ประเสริฐศิลป์ อรรฐาเมศร์	ผู้ตรวจสอบ ม.ช	ผู้ตรวจสอบ ม.ช	ผู้ออกแบบ	นาย ประเสริฐศิลป์ อรรฐาเมศร์	มาตราส่วน	0.08:1	ชื่อชิ้นงาน	ท่อปฏิกิริยา	หมายเหตุ	1/6
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องค์กรักษ์ นครนายก													



วันที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นาย ณรงค์ฤทธิ์ เรืองแก้ว		คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ นครนายก		
ผู้ตรวจ	นาย ประเสริฐศิลป์ อรรฐาเมศร์				
ผู้ตรวจ ม.ช					
ผู้ออกแบบ	นาย ประเสริฐศิลป์ อรรฐาเมศร์				
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน		หมายเลขแบบ		
0.08:1	ถังตกตะกอนแยกกริเทอสิน		4/6		



นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นาย ณรงค์ฤทธิ์ เรืองแก้ว		คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยตรัง นครินทร์วิโรฒ องค์กรักษ์ นครนายก		
ผู้ตรวจ	นาย ประเสริฐศิลป์ อรรฐาเมศร์				
ผู้ตรวจ ม.ช					
ผู้ออกแบบ	นาย ประเสริฐศิลป์ อรรฐาเมศร์				
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน			หมายเลขแบบ	
0.08:1	ถึงล่างตำ			5/6	



วันที่	รายการ		ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นาย ณรงค์ฤทธิ์ เรืองแก้ว			คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุตรดิตถ์ องค์กรศึกษ นครนายก		
ผู้ตรวจ	นาย ประเสริฐศิลป์ อรรธนาเมศร์					
ผู้ตรวจ ม.ช						
ผู้ออกแบบ	นาย ประเสริฐศิลป์ อรรธนาเมศร์					
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน			หมายเลขแบบ		
0.08:1	โครม			6/6		

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ – นามสกุล

ภาษาไทย นายประเสริฐศิลป์ อรรฐาเมศร์
ภาษาอังกฤษ Mr. Prasertsilp Adthamest

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน

เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 1598 00085 83 5

3. ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์ ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ จ.นครนายก

4. หน่วยงานที่สังกัด

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ จ.นครนายก
โทร. (02) 664-1000 ต่อ 2038, 2039
โทรสาร (037) 322-606
โทรศัพท์มือถือ 081 900 2765
e-mail : praserta@swu.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี ครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาอุตสาหกรรม วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา
วิทยาเขตเทเวศน์
ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพลังงาน
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

6. ความชำนาญพิเศษ

1. การประหยัดพลังงานในอาคารสูง
2. การประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม
3. การใช้พลังงานทดแทน
4. การใช้สถิติและควบคุมคุณภาพกระบวนการ (STATISTICAL PROCESS CONTROL (SPC))

5. ออกแบบเครื่องจักรพื้นฐานที่ใช้ในการผลิต

6. ผ่านการอบรมเป็นผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน จาก พพ.และเป็นผู้รับผิดชอบด้านพลังงานของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

7.ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้อง

โครงการที่ดำเนินการในปี 2546

1. ศึกษาการระบายความร้อนในระบบปรับอากาศโดยใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนในระแนงน้ำตักศูนย์การแพทย์ตึกพระเทพรัตนราชสุดาสยามบรมราชกุมารี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒองครักษ์
2. การออกแบบเครื่องบีบอัดผงถ่าน
3. ออกแบบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังหมุน
4. ออกแบบถังผลิตปุ๋ยชีวภาพในครัวเรือน
5. ออกแบบระบบกำจัดควันที่เกิดจากการเผาถ่านในเขต อ.บ้านนา จ.นครนายก
6. ออกแบบเตาผลิตไอน้ำเพื่อใช้ในการอบฆ่าเชื้อในโรงเรือนเพาะเห็ดฟาง
7. ศึกษาการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ด้วยวิธีการเก็บความเย็นไว้ที่คังน้ำแข็ง ตึกศูนย์การแพทย์ตึกพระเทพรัตนราชสุดาสยามบรมราชกุมารี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒองครักษ์
8. โครงการบริการชุมชน เทคนิคการอนุรักษ์พลังงาน โดยพนักงานในองค์กรมีส่วนร่วม ให้แก่ครูในเขตจังหวัดนครนายก

โครงการที่ดำเนินการในปี 2547

1. ออกแบบถ่านเชื้อเพลิงแบบอัด ในร้านอาหารหมูกระทะ
2. การอนุรักษ์พลังงาน และน้ำในโรงงานผลิตอาหารแช่แข็ง
3. การอนุรักษ์พลังงาน และน้ำในโรงงานผลิตอาหารสัตว์
4. การอนุรักษ์พลังงาน และน้ำในโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์
5. โครงการบริการชุมชน เทคนิคการอนุรักษ์พลังงาน โดยพนักงานในองค์กรมีส่วนร่วม ให้แก่ครูในเขตจังหวัดนครนายก
6. โครงการอบรมเทคนิคการอนุรักษ์พลังงาน โดยพนักงานในองค์กรมีส่วนร่วม ให้แก่บุคลากร ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

โครงการที่ดำเนินการในปี 2548

1. ออกแบบเครื่องอบนิ่งฆ่าเชื้อเห็ดในอุตสาหกรรมเพาะเห็ดฟาง
2. เป็นวิทยากรการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมให้แก่คณะทันตแพทย์ คณะแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์ภาควิชาเคมี ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพฯ ของมหาวิทยาลัย
3. ออกแบบเครื่องอบนิ่งฆ่าเชื้อเห็ดในอุตสาหกรรมเพาะเห็ดฟาง
4. เป็นวิทยากรการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมให้แก่คณะทันตแพทย์ คณะแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์ภาควิชาเคมี และศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพฯ ของมหาวิทยาลัย

โครงการที่ดำเนินการในปี 2549

1. การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องจากน้ำมันที่เหลือใช้จากการปรุงอาหาร
2. เป็นวิทยากรการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมให้แก่คณะสหเวช มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. สร้างเครื่องเผาถ่านอบเร่งชนิดผลิตน้ำส้มควันไม้ (เป็นงานส่วนตัวสร้างให้ชุมชน)