

## รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การผลิตและพัฒนาพลังงานทางเลือกใหม่ : น้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันเป็ดย่าง  
Production and Development of Chosen Energy :  
Biodiesel from Roasted Duck Oil



เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน.....  
วัน, เดือน, ปี.....

๙๖.๑  
121340

3.๓.๒๕๕๕

b. 12400130  
i. ....

ได้รับเงินสนับสนุนการวิจัยจากหมวดเงินรายได้  
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ประจำปีงบประมาณ 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตและพัฒนาพลังงานทางเลือกใหม่ : น้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันเป็ดย่าง  
Production and Development of Chosen Energy : Biodiesel from Roasted Duck Oil

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันเป็ดย่างปิ้งกั๊ง โดยทำการเปรียบเทียบกับน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากน้ำมันที่ใช้ประกอบอาหารอีก 3 ชนิดได้แก่ น้ำมันปาล์มใหม่ น้ำมันปาล์มเก่า และน้ำมันถั่วเหลืองใหม่ ได้ผลการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลดังนี้

1. น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มใหม่ (a) มีลักษณะเป็นของเหลวใส สีเหลือง ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้ 80 มิลลิลิตร ค่าพีเอช (pH) เท่ากับ 6 มีสถานะที่เป็นกลาง มีค่าความหนืด 4.60 เซนติสโตกส์ หรือมีค่าร้อยละผลิตรัดกั๊งของเมทิลเอสเทอร์เท่ากับ 99.25
2. น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากน้ำมันปาล์มเก่า (b) มีลักษณะเป็นของเหลวใส สีเหลือง ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้ 78 มิลลิลิตร ค่าพีเอช (pH) เท่ากับ 6.5 มีสถานะที่เป็นกลาง มีค่าความหนืด 4.73 เซนติสโตกส์ หรือมีค่าร้อยละผลิตรัดกั๊งของเมทิลเอสเทอร์เท่ากับ 98.77
3. น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากน้ำมันเป็ดย่างปิ้งกั๊ง (c) ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้ 150 มิลลิลิตร ค่าพีเอช (pH) เท่ากับ 6 มีลักษณะเป็นของเหลวใส สีเหลืองอ่อน มีสถานะที่เป็นกลางมีค่าความหนืด 4.58 เซนติสโตกส์ หรือมีค่าร้อยละผลิตรัดกั๊งของเมทิลเอสเทอร์เท่ากับ 99.45 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันปาล์มใหม่
4. น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากน้ำมันถั่วเหลืองใหม่ (d) มีลักษณะเป็นของเหลวใส สีเหลือง ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้ 100 มิลลิลิตร ค่าพีเอช (pH) 6.5 มีสถานะที่เป็นกลาง และมีค่าความหนืด 4.65 เซนติสโตกส์ หรือมีค่าร้อยละผลิตรัดกั๊งของเมทิลเอสเทอร์เท่ากับ 98.00

การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันเป็ดย่าง พบว่าได้ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลในปริมาณค่อนข้างสูง และมีคุณสมบัติที่ดี คือ มีค่าความหนืดน้อย ได้ร้อยละผลิตรัดกั๊งของเมทิลเอสเทอร์มากกว่าน้ำมันปาล์มเก่า และมีคุณภาพใกล้เคียงกับน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มใหม่ ซึ่งมีค่าความหนืดหรือร้อยละผลิตรัดกั๊งของเมทิลเอสเทอร์ที่ได้ อยู่ในช่วง 3.5 - 5.0 เซนติสโตกส์ ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (ASTM D445) ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานการตรวจสอบและข้อกำหนดคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซล

## Abstract

This research is to study the production of the Biodiesel oil from the Beijing duck oil by comparing with the other three Biodiesel oils producing from the oil used for cooking which are the old palm oil, the new palm oil. and the new soy bean oil. This Biodiesel production has the experiment result as follows.

1. Biodiesel oil produced from the new palm oil (a) yellow color transparent liquid : the volumn of produced Biodiesel is 80 millitres. The pH is 6 which is neural. The viscosity level is 4.6 centistokes or the percentage of the Methyl ester product as 99.25.
2. Biodiesel oil produced from the old palm oil (b) yellow color transparent liquid : the volumn of the produced Biodiesel oil is 78 millitres. The pH is 6.5 which is neural. The viscosity level is 4.73 centistokes or the percentage of the Methyl ester product as 98.77.
3. Biodiesel oil produced from the Beijing duck oil (c), the volumn of produced Biodiesel oil is 150 millitres and pH is 6. It has the yellow transparent liquid and the pH is neural. The viscosity level is 4.58 centistokes or the percentage of the Methyl ester product as 99.45 which is quite near to the new palm oil.
4. Biodiesel oil produced from the new soy bean oil (d),the volumn of produced Biodiesel oil is 100 millitres and pH is 6.5. It has the yellow transparent liquid and the pH is neural. The viscosity level is 4.65 centistokes or the percentage of the Methyl ester product as 99.45 which is quite near to the new palm oil.

The Biodiesel oil produced from the Beijing duck oil and the other 3 types of the cooking oil from the experiment above, we found out that the Biodiesel has a very high volumn and very little viscosity level. This caused a high percentage of the Methyl ester product. The Biodiesel produced from the Beijing duck oil has a very near quality to the new palm oil. From the viscosity level or the percentage of the Methyl ester product produced from the Beijing duck oil has a viscosity at the 40 degree celcius temperature is a range 3.4 to 5.0 centistokes (ASTM D445) referred to the Standard on the examination and the requirements on the Biodiesel Quality.

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ไบโอดีเซล	1
1.3 ประเภทของไบโอดีเซล	2
1.4 กระบวนการผลิตไบโอดีเซล	3
1.5 คุณสมบัติของไบโอดีเซล	4
1.6 มาตรฐานวิธีการทดสอบ Fat and oil derivatives-Fatty Acid Methyl Ester (FAME)	5
1.7 เครื่องมือวิเคราะห์ตามมาตรฐานวิธีทดสอบ Biodiesel	7
1.8 เครื่องมือวิเคราะห์ตามมาตรฐานวิธีทดสอบ Biodiesel	8
1.9 เครื่องมือวิเคราะห์ตามมาตรฐานวิธีทดสอบ Biodiesel	9
1.10 เครื่องมือวิเคราะห์ตามมาตรฐานวิธีทดสอบ Biodiesel	10
1.11 เครื่องมือวิเคราะห์ตามมาตรฐานวิธีทดสอบ Biodiesel	11
1.12 เครื่องมือวิเคราะห์ตามมาตรฐานวิธีทดสอบ Biodiesel	12
1.13 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	14
บทที่ 2 อุปกรณ์และวิธีการ	15
2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	15
2.2 วิธีการวิจัย	16
2.3 สถานที่ทำการวิจัย	20
2.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย	20
บทที่ 3 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	21
3.1 สรุปรายข้อมูลการผลิตเปิดอย่างและการใช้ประโยชน์ของน้ำมันเปิดอย่าง	21
3.2 กระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันเปิดอย่างปักกิ่ง	21
3.3 กระบวนการล้างน้ำมันไบโอดีเซล	23
3.4 การตรวจสอบคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซล	25
บทที่ 4 สรุปและข้อเสนอแนะ	28
4.1 สรุป	28
4.2 ข้อเสนอแนะ	28
บรรณานุกรม	29
ภาคผนวก	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ผลการทดสอบการใช้ไบโอดีเซล โดยห้องปฏิบัติการตรวจมลพิษจากยานพาหนะ สถาบันยานยนต์.....	14
2	ผลการทดสอบคุณสมบัติการหล่อลื่นของไบโอดีเซล (Lubricity Property).....	14
3	ผลการทดลองการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันที่ใช้ประกอบอาหาร 4 ชนิด.	22
4	ปริมาณคุณลักษณะและค่า pH ของน้ำมันไบโอดีเซลหลังผ่านกระบวนการล้าง.	25
5	ผลการทดลองหาความหนืดของเมทิลเอสเทอร์.....	26
6	ค่าร้อยละผลิตภัณฑ์ของน้ำมันไบโอดีเซล.....	27



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครมาโทแกรมของเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน.....	6
2	โครมาโทแกรมของกลีเซอรอลทั้งหมด.....	6
3	เทคนิค Headspace ในการวิเคราะห์เมทานอล.....	7
4	เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer รุ่น AA-6300.....	8
5	เครื่อง Refrigerated Centrifuge รุ่น 2800.....	9
6	เครื่อง Gas Chromatograph รุ่น GC-2010.....	10
7	เครื่อง Gas Chromatograph รุ่น GC-2010.....	11
8	เครื่อง Inductive Coupled Plasma Spectrometer (ICPS-9000).....	12
9	เครื่อง Sequential X-Ray Fluorescence Spectrometer รุ่น XRF-1800...	13
10	กระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล.....	18
11	กระบวนการล้าง (wash) น้ำมันไบโอดีเซล.....	19
12	ผลิตภัณฑ์น้ำมันไบโอดีเซล.....	23
13	กระบวนการล้าง (wash) น้ำมันไบโอดีเซลโดยใช้กรวยแยก.....	24
14	ผลิตภัณฑ์น้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่านกระบวนการล้าง.....	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันราคาน้ำมันพุ่งสูงขึ้นไปมากและอย่างรวดเร็ว ทำให้มีผลกระทบต่อการค้าจริงของมนุษยชาติอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับการขนส่ง อุตสาหกรรม และการเกษตร ซึ่งน้ำมันเป็นปัจจัยที่สำคัญเพื่อนำไปผลิตผลผลิตทางการเกษตรทุกด้าน ดังนั้นจึงทำให้ผู้วิจัย ที่ต้องการค้นหาพลังงานทางเลือกที่เป็นพลังงานทดแทนน้ำมันดีเซล โดยเฉพาะกลุ่มพลังงานทางเลือกไบโอดีเซล

ไบโอดีเซล เป็นพลังงานทดแทนที่เริ่มได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลอย่างจริงจังในช่วง 3 ปีที่ผ่านมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อราคาน้ำมันได้ปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งไบโอดีเซลจัดเป็นเชื้อเพลิงประเภทชีวภาพชนิดเหลว ผลิตได้จากน้ำมันพืช ไขมันสัตว์ น้ำมันจากสาหร่ายขนาดเล็ก หรือแม้แต่ไขมันที่ใช้แล้วอย่างน้ำมันที่ทอดไก่ หรือปาท่องโก๋ มาผ่านกระบวนการเปลี่ยนน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ ซึ่งเป็นสารประกอบไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ด้วยกระบวนการทางเคมี จนเกิดเป็นสารเอสเทอร์ ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลและสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้โดยตรง ในเครื่องยนต์ดีเซลโดยไม่ต้องทำการปรับแต่งเครื่องยนต์

ประโยชน์ของน้ำมันไบโอดีเซล () นั้นมีมากมาย สำหรับอุตสาหกรรมด้านปิโตรเลียมในรูปของน้ำมันปาล์ม หรือน้ำมันเก่าที่เหลือทิ้ง โดยเฉพาะน้ำมันที่ได้จากกระบวนการทำอาหารซึ่งได้แก่ น้ำมันที่ใช้ทอดอาหาร น้ำมันเป็ดอย่างปักกิ่ง ที่เหลือเป็นจำนวนมาก ที่ได้จากภัตตาคาร ร้านอาหารต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง บริษัท เอ็มแคเรสโตรองด์ จำกัด จากข้อมูลของเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบทางด้านเป็ดอย่างของบริษัทดังกล่าว พบว่า บริษัทเอ็มแคเรสโตรองด์ มีปริมาณของน้ำมันเป็ดอย่างที่เหลือทิ้งเป็นจำนวน 35,000 กิโลกรัมต่อเดือน ถ้าคำนวณต่อหนึ่งปี คือ 420 ตัน มีจำนวนมากมหาศาล และน้ำมันเป็ดอย่างทิ้งนี้ สามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลได้ทั้งหมด ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตที่เหลือใช้แล้วมาทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด และมีต้นทุนที่ไม่สูงมาก จึงทำให้ผู้ทำวิจัยสนใจที่จะใช้น้ำมันเป็ดอย่างปักกิ่ง มาผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งของการใช้ประโยชน์น้ำมันจากสัตว์ที่เหลือทิ้งมาแปรรูปเป็นพลังงานได้ อีกทั้งเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสีย หรือของเหลือทิ้งตามร้านอาหารและภัตตาคารได้อีกด้วย

### 1.2 ไบโอดีเซล

ไบโอดีเซล คือ เชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลที่ผลิตได้จากน้ำมันพืช ไขมันสัตว์ หรือแม้แต่ไขมันที่ใช้ทอดอาหาร หรือปรุงอาหารที่ใช้แล้ว ซึ่งได้รับการกำจัดอย่างเหนียวและสิ่งสกปรกออก และนำไปผ่านกระบวนการทางเคมี ที่เรียกว่า ทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน (Transesterification) โดยการเติมแอลกอฮอล์ เช่น เมทานอล (Methanol) หรือ เอทานอล (Ethanol) และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide) หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium Hydroxide) ภายใต้สภาวะการเกิดปฏิกิริยาที่เหมาะสม เพื่อเปลี่ยนไขมันหรือเปลี่ยนโครงสร้างของน้ำมัน จากไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ให้เป็นโมโนอัลคิลเอสเทอร์ (Mono Alkyl Ester) ได้แก่ เมทิลเอสเทอร์ (Methyl Ester) หรือเอทิลเอสเทอร์ (Ethyl Ester) และกลีเซอริน (Glycerine) ซึ่งสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ได้ ซึ่งมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของกรดไขมัน ที่มีขนาดเล็ก-ใหญ่ และจำนวนพันธะคู่ที่ไม่เท่ากันซึ่งจะมีผลต่อค่าซีเทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ค่าซีเทนเป็นตัวบอกคุณภาพของการจุดระเบิด) หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นกระบวนการแยกกลีเซอรินออกจากน้ำมัน โมโนอัลคิลเอสเทอร์ มีลักษณะคล้ายน้ำมันดีเซล ซึ่งเรียก เอสเตอร์ดังกล่าวว่า ไบโอดีเซล หรือ B100 ส่วนกลีเซอรินที่ได้จากการผลิต ถือเป็นผลพลอยได้ใช้เป็นวัตถุดิบ สำหรับอุตสาหกรรมยา เครื่องสำอาง น้ำมันหล่อลื่น ฯลฯ

ไบโอดีเซลได้รับการจดทะเบียนเป็นเชื้อเพลิงบริสุทธิ์ หรือสารเติมเชื้อเพลิง โดยสำนักงานพิทักษ์สิ่งแวดล้อม (Environmental Protection Agency) EPA และจัดอยู่ในเชื้อเพลิงที่ถูกต้องตามกฎหมายการค้า ไบโอดีเซลมีคุณสมบัติทางกายภาพคล้ายน้ำมันดีเซลปกติมาก แต่ให้การเผาไหม้ที่สะอาดกว่า นั่นคือไอเสียมีคุณภาพที่ดีกว่า เพราะออกซิเจนในน้ำมันไบโอดีเซลให้การสันดาปที่สมบูรณ์กว่าน้ำมันดีเซลปกติ

จากการสอบถามความคิดเห็นของผู้ใช้ไบโอดีเซล ที่ทยอยมาเติมไบโอดีเซล ที่สถานีบริการบางจากนั้นพบว่า ผู้ใช้ทั้งหมดมีความมั่นใจกับไบโอดีเซล B5 ซึ่งมีส่วนผสมของไบโอดีเซลเพียง 5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าจะไม่ก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับเครื่องยนต์ อีกทั้งมีราคาถูกกว่า และมีปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าอีกด้วย โดยผู้ประกอบการรถสองแถวบางคัน ซึ่งเป็นรถเก่าและมีอายุการใช้งานมานานบอกว่าหลังใช้มีปัญหาควันดำลดลง อย่างไรก็ตามแม้ว่าปัจจุบันไบโอดีเซล B5 ได้เริ่มเป็นที่รู้จักมากขึ้น แต่การใช้งานก็ยังไม่แพร่หลายมากนัก เพราะจำนวนสถานีบริการที่เปิดจำหน่ายมีอยู่น้อย สาเหตุหลักคือ ปริมาณการผลิตไบโอดีเซลมีไม่มากนัก เพราะโรงงานเชิงพาณิชย์ขนาดใหญ่มีจำนวนน้อยไม่พอกับความต้องการของผู้ใช้ อัตราส่วนการผสมไบโอดีเซลในน้ำมันดีเซลปกติขณะนี้ยังคงอยู่ในระดับต่ำ และยังขาดการสนับสนุนจากบริษัทรถยนต์ในการสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภค ซึ่งหากว่าทุกฝ่ายช่วยผลักดันกันอย่างต่อเนื่องและจริงจัง ไบโอดีเซล ก็จะเป็นพลังงานทางเลือกที่ดีต่อเกษตรกร และผู้ใช้เครื่องยนต์ดีเซล รวมถึงประเทศไทยได้เป็นอย่างดี ที่ <http://www.thannews.th.com> ได้มีการเปรียบเทียบน้ำมันดีเซล และ ไบโอดีเซล พบว่าน้ำมันไบโอดีเซลนั้นมีคาร์บอน-มอนอกไซด์น้อยกว่า และไม่มีกำมะถันในไบโอดีเซล ซึ่งไม่มีปัญหาสารซัลเฟต นอกจากนี้ยังมีเขม่าคาร์บอนน้อย จึงไม่ทำให้เกิดการอุดตันของระบบไอเสียได้ง่ายช่วยยืดอายุการทำงาน of เครื่องยนต์เป็นอย่างดี ([http://www.dmr.go.th/adm\\_MFD\\_WEBSITE/Events/Biodeisel.htm](http://www.dmr.go.th/adm_MFD_WEBSITE/Events/Biodeisel.htm))

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทยมีอยู่ 2 อย่างคือ

1. น้ำมันสัตว์ เช่น น้ำมันหมูที่ได้จากการเจียวมันหมู น้ำมันจากแคหมู และน้ำมัน จากเปิดอย่างปึกกิ่งน้ำมันที่ได้จะมีราคาค่อนข้างสูงแต่หากเทียบกับราคาน้ำมันดีเซลในปัจจุบันนี้ก็ถือว่าคุ้มค่า
2. น้ำมันพืชที่ใช้แล้วหรือน้ำมันที่ผ่านการใช้งานแล้วมีราคาถูกและมีอยู่ทั่วไปในตลาดสด

### 1.3 ประเภทของไบโอดีเซล

ไบโอดีเซลที่มีการผลิตได้มีอยู่ 3 ประเภทใหญ่ คือ

- 1) ไบโอดีเซล (Straight Vegetable Oil) ที่ใช้น้ำมันของพืช หรือไขมันจากสัตว์โดยตรง เช่น ใช้น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม หรือ น้ำมันจากไข่สัตว์ เช่น น้ำมันหมู เป็นต้น ป้อนลงไปในเครื่องยนต์ดีเซล โดยไม่ต้องผสมหรือเติมสารเคมีอื่นใด อย่างไรก็ตามสิ่งสำคัญของการใช้น้ำมันพืชโดยตรง คือ ต้องมีการอุ่นน้ำมันในทุกจุดที่มีน้ำมันผ่านได้แก่ ถังน้ำมัน ท่อทางเดินน้ำมัน ชุดกรองน้ำมัน อวนหมุมิของน้ำมันที่อุ่นอย่างน้อย 70 องศาเซลเซียส แนวทางในการนำน้ำมันพืชมาใช้โดยตรง เป็นวิธีการที่ได้น้ำมันในราคาถูกโดยเฉพาะการนำน้ำมันพืชซึ่งยังไม่ผ่านกระบวนการกลั่นมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ไบโอดีเซลแบบลูกผสม (Veggie / Kero Mix) เป็นการผสมน้ำมันพืช หรือน้ำมันจากสัตว์ กับ “น้ำมันก๊าด” หรือ “น้ำมันดีเซล” เพื่อลดความหนืดของน้ำมันพืชลง เพื่อให้ได้ไบโอดีเซลที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับ “น้ำมันดีเซล” ให้มากที่สุด เช่น ไบโอดีเซลที่ผสมกับน้ำมันมะพร้าว เรียกว่า โคโคดีเซล (Cocodiesel) ซึ่งอำเภอทับสะแก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์เป็นจุดกำเนิด “ไบโอดีเซล ในประเทศไทย” ดังจะเห็นว่าในปี พ.ศ.2542 เกิดวิกฤติราคาน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ภาวะเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศชะลอตัวลง ประกอบกับในช่วงเวลานี้ผลผลิตทางการเกษตรหลายชนิดล้นตลาด ทำให้ราคาผลผลิตตกต่ำ จึงเป็นผลให้กลุ่มเกษตรกรต่างๆ ทำการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลไว้จำหน่ายเพื่อใช้กับเครื่องจักรกลทางเกษตรต่างๆภายในชุมชน น้ำมันที่ได้จากวิธีการดังกล่าวเหมาะกับกรณีจำเป็นต้องใช้น้ำมันอย่างเร่งด่วน และใช้กับเครื่องยนต์ที่ใช้งานหนัก ตลอดจนใช้งานในภูมิอากาศเขตร้อน อัตราส่วนผสมระหว่างน้ำมันก๊าดและน้ำมันพืชขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของพื้นที่ใช้งาน อัตราส่วนผสมมีตั้งแต่ 10 % น้ำมันก๊าด 90 % น้ำมันพืช จนถึง 40 % น้ำมันก๊าด 60 % น้ำมันพืช อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมอยู่ที่ 20 % น้ำมันก๊าด 80 % น้ำมันพืช อย่างไรก็ตามหากต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้น้ำมันพืชผสมน้ำมันก๊าด สามารถติดตั้งถังน้ำมันดีเซลหรือน้ำมันไบโอดีเซลเพื่อใช้ในการสตาร์ทเครื่องยนต์และตอนก่อนเลิกใช้งานเครื่องยนต์ ปัจจุบันมีการนำวิธีดังกล่าวไปใช้งาน แต่เนื่องจากราคาของน้ำมันก๊าดค่อนข้างสูงทำให้ใช้ปริมาณของน้ำมันก๊าดน้อยเกินไปทำให้ น้ำมันผสมที่ได้ เมื่อนำไปใช้จึงเกิดผลกระทบต่อเครื่องยนต์จากปัญหาการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของน้ำมันผสม นอกจากนี้เพื่อใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลที่ไม่มีการดัดแปลงเครื่องยนต์ จึงต้องเลือกชนิดน้ำมันพืช ชนิดของตัวทำละลาย และสัดส่วนผสมที่เหมาะสมกับพื้นที่ และฤดูกาลที่ใช้ เพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้และไม่เกิดความยุ่งยากต่างๆตามมา เช่น การเกิดไขในท่อส่งน้ำมันทำให้เกิดการอุดตัน เป็นต้น

3) ไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์ เป็นความหมายของ “ไบโอดีเซลที่แท้จริง” และเป็นที่ยอมรับในสากล และมีการใช้อย่างทั่วไป เช่น สหพันธรัฐเยอรมัน สหรัฐอเมริกา มีคำจำกัดความว่า เป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณสมบัติเหมือนกับ “น้ำมันดีเซล” มากที่สุด ทำให้ไม่มีปัญหาเกี่ยวกับเครื่องยนต์ ได้น้ำมันที่มีความคงตัวมากขึ้น สามารถนำไปเติมในเครื่องยนต์ดีเซลได้ทุกชนิด ทั้งเติมโดยตรงและผสมลงในน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ เช่น B5 หมายถึงการผสมไบโอดีเซลต่อน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 5:95 หรือ B100 ซึ่งเป็นน้ำมันไบโอดีเซล 100% เป็นต้น แต่ปัญหา คือ ต้นทุนการผลิตมีราคาแพงกว่าเมื่อเทียบกับไบโอดีเซลแบบอื่นๆ อย่างไรก็ตามการนำมาใช้กับเครื่องยนต์มักจะนำน้ำมันดีเซลมาผสมด้วย ซึ่งในปัจจุบันได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในระบบขนส่งมวลชน เนื่องจากเป็นน้ำมันที่มีราคาไม่ต่างจากน้ำมันดีเซลมากนัก นอกจากนี้การเผาไหม้ได้อย่างหมดจดไม่มีเขม่าควันหลงเหลือให้เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

#### 1.4 กระบวนการผลิตไบโอดีเซล

กระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชหรือไขมันจากสัตว์ เช่น ไขมันวัว สามารถทำการผลิตไบโอดีเซล ได้เช่นเดียวกันกับน้ำมันจากพืช โดยการสกัดกลีเซอรอลออก ด้วยแอลกอฮอล์ เช่น เมทานอล หรือ เอทานอล เรียกขบวนการนี้ว่า Trans-esterification โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) เป็น กรด ด่าง (NaOH, KOH) หรือ เอนไซม์ ขึ้นอยู่กับคุณภาพและส่วนประกอบของวัตถุดิบที่ใช้เพื่อให้ได้ โมโนแอลคิลเอสเตอร์ (Monoalkyl ester) หรือเมธิลเอสเตอร์ (Methyl ester) เมื่อน้ำมันพืชถูกเปลี่ยนเป็นเมธิลเอสเตอร์แล้ว ขนาดโมเลกุลจะลดลงเหลือ 1 ใน 3 เป็นผลทำให้ความหนืดของน้ำมันลดลงอย่างมากใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ไบโอดีเซลไม่ใช่เป็นของใหม่ เมื่อสิบกว่าปีที่ผ่านมา ยุโรป และอเมริกา ได้ทำการวิจัยและพัฒนาคุณภาพ จนกระทั่งสามารถผลิตไบโอดีเซลในเชิงพาณิชย์ และด้วยเหตุผลทางสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจ ทำให้มีการใช้ไบโอดีเซลไปทั่วโลก โดยใช้ไบโอดีเซลบริสุทธิ์ 100% (B100) หรือน้ำมันผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5% (B5), 10% (B10), 20% (B20) หรือ 30% (B30) ตามความเหมาะสมในการใช้งานอย่างแพร่หลาย

การใช้ไบโอดีเซลในประเทศไทยขณะนี้ใช้ผสมในอัตราส่วน 5 เปอร์เซ็นต์ (B5) น้ำมันดีเซล ซึ่งบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ต่างๆ ยอมรับให้สามารถใช้กับรถยนต์ได้โดยไม่ต้องปรับแต่งเครื่องยนต์ โดยที่รัฐบาลมีนโยบายให้การสนับสนุน การนำน้ำมันพืชชนิดต่างๆ เช่น น้ำมันปาล์ม หรือน้ำมันเมล็ดสบู่ดำ นำมาผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซลใช้ผสมกับ น้ำมันดีเซลเพื่อทดแทนน้ำมันปิโตรเลียมอย่างเต็มที่ เพราะประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีศักยภาพในการผลิตวัตถุดิบสำหรับผลิตไบโอดีเซลสูงมาก สามารถปลูกพืชน้ำมันได้หลายชนิด ซึ่งการศึกษารายงานในอนาคตจะช่วยลดต้นทุนการผลิตให้แข่งขันได้กับเชื้อเพลิงปิโตรเลียม ลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ ช่วยสร้างงานสร้างอาชีพให้กับเกษตรกรและยังสามารถนำน้ำมันปรุงอาหารที่ใช้แล้วนับล้านลิตรต่อวันนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก ซึ่งน้ำมันไบโอดีเซลยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ช่วยลดมลพิษในอากาศ ปลอดภัยจากสารกำมะถัน ลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งช่วยลดการเกิดปรากฏการณ์โลกร้อน (Greenhouse Effect) ให้ช้าลง แต่การสนับสนุนและส่งเสริมให้มีการใช้ น้ำมันพืชอย่างยั่งยืน สำหรับใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันปิโตรเลียมในสัดส่วนที่เพิ่มมากขึ้น ต้องมีการควบคุมคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซลให้มีความเหมาะสมกับความต้องการของเครื่องยนต์ เพื่อสร้างความมั่นใจกับผู้บริโภค ให้ผู้บริโภคหันมาใช้ ไบโอดีเซลแพร่หลายมากขึ้น นอกจากการจะใช้ปัจจัยด้านราคาดีดูความสนใจ

เป็ดปักกิ่ง (Peking) มีต้นกำเนิดจากประเทศจีน เป็นเป็ดที่มีรูปร่างใหญ่โต ขนสีขาวล้วน ปากสีเหลือง - ส้ม แข็งและทำสีหมากสุก ผิวหน้าสีเหลือง เลี้ยงง่าย ไม่ฟักไข่ ให้ไข่ดีพอใช้ประมาณ 360 ฟองต่อปี เมื่อโตเต็มที่ ตัวผู้หนักประมาณ 4 กิโลกรัม ตัวเมียหนัก 3.5 กิโลกรัม เป็ดปักกิ่งมีไขมันที่มีส่วนประกอบของสารเคมีหลายชนิดได้แก่ ออร์กาโนคลอรีน Organochlorine, เพสตีไซด์ เรซิดิวส์ (pesticide residues), อัลดริน (Aldrin), ดีลดริน Dieldrin, ซิส-คลอร์ดาน (cis-Chlordane), ทรานส์-คลอร์ดาน (trans-Chlordane), ออกซีคลอร์ดาน (oxy-Chlordane), เอนดริน (Endrin), เฮปทาคลอร์ (Heptachlor), เฮปทาคลอร์อีพ็อกไซด์ (Heptachlor epoxide) นอกจากจะให้นเนื้อเป็นอาหารแล้ว น้ำมันเป็ดปักกิ่งยังเป็นที่ต้องการของอุตสาหกรรมอาหารได้ด้วย (<http://www.doae.go.th/library/html/detail/duck/duck2-1.htm#p1>)

เป็ดพันธุ์เชอริวอลเลย์ (Cherry Valley) เป็นพันธุ์ลูกผสมเพื่อการค้า (Hybrid breed) เป็นชื่อทางการค้ามีสายพันธุ์มาจากประเทศอังกฤษ เป็นเป็ดเนื้อที่มีลักษณะและสีคล้ายเป็ดปักกิ่ง แต่ตัวใหญ่และโตเร็วอายุที่ขายสู่ท้องตลาดประมาณ 54 วัน นำหนักตัวประมาณ 3.3 กก.ขึ้นไป ขณะนี้เป็นที่นิยมของผู้เลี้ยงเป็ดเนื้อในประเทศไทยมาก โดยมีการเลี้ยงเพื่อส่งเนื้อไปจำหน่ายต่างประเทศ ทั้งในรูปเนื้อเป็ดแช่แข็งและเนื้อเป็ดสุก และมีการส่งออกสูงชันทุกปี (<http://www.dld.go.th/inform/article/article34.html>)

### 1.5 คุณสมบัติของ ไบโอดีเซล

จากปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันข้างต้น จะเห็นได้ว่า การเกิดปฏิกิริยานั้นไบโอดีเซล (FAME) ที่เกิดขึ้นนั้น อาจจะมี monoglyceride diglyceride และ triglyceride ที่เกิดปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์เกิดขึ้นและปะปนอยู่ในปฏิกิริยาด้วย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้ก่อนนำไปใช้ โดยตรวจวิเคราะห์ปริมาณ FAME, monoglyceride diglyceride triglyceride รวมถึง Methanol ที่เหลือในปฏิกิริยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากไขมันจากพืช และสัตว์ต่างประกอบไปด้วยกรดไขมันที่อิ่มตัว และไม่อิ่มตัว แตกต่างกันไป ดังนั้นเมื่อนำน้ำมันจากพืชและสัตว์มาผลิตไบโอดีเซล จึงมีส่วนผสมของ FAME หลายชนิดที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันพืช หรือสัตว์เหล่านั้น ซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติของไบโอดีเซลที่ได้ ไบโอดีเซลที่มีคุณภาพที่ดี (perfect Biodiesel) ควรได้จาก monounsaturated fatty acid ได้แก่ น้ำมันปาล์ม ไขมันสัตว์ peanut canola เป็นต้น นอกจากนี้ยังต้องนำไบโอดีเซลที่ผลิตขึ้น ไปตรวจสอบคุณสมบัติอื่น ๆ ในเครื่องยนต์ที่ใช้ เช่น ค่า cold flow properties, cloud point เป็นต้น

สำหรับการจะผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ให้เป็นอุตสาหกรรม จำเป็นต้องมีเครื่องจักรและกระบวนการผลิตที่ได้มาตรฐาน เพื่อให้ได้น้ำมันไบโอดีเซลที่บริสุทธิ์ร้อยละ 99.5 ซึ่งมีชื่อเรียกกันง่าย ๆ ว่าน้ำมัน "B100" แม้ว่าน้ำมันไบโอดีเซล จะสามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้เลยโดยไม่ต้องปรับแต่งหรือดัดแปลงเครื่องยนต์ เนื่องจากไบโอดีเซลมีคุณสมบัติเป็นสารละลายที่ดี การเติมไบโอดีเซล 100% กับเครื่องยนต์ดีเซลจะมีผลทำให้ชิ้นส่วนหรือท่อทางที่เป็นยางธรรมชาติเสื่อมสภาพได้ จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนไปใช้ยางแบบสังเคราะห์ หรือใช้ไบโอดีเซลแบบผสมแทน ทั้งนี้กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงานได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพของไบโอดีเซล ประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน สำหรับใช้ในน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนไม่เกิน 5% (B5) โดยปริมาตร ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่บริษัทผู้ผลิตรถยนต์ยอมรับว่า สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลได้โดยไม่ต้องดัดแปลงเครื่องยนต์ ทั้งนี้ได้มีการทดสอบ การใช้ไบโอดีเซลในเครื่องยนต์ดังกล่าว

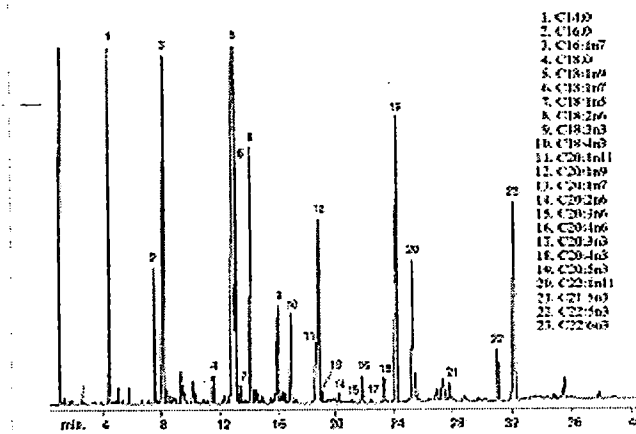
#### 1.6 มาตรฐานวิธีการทดสอบ Fat and oil derivatives-Fatty Acid Methyl Ester (FAME)

##### 1) Determination of Ester and Linolenic Acid Methyl Ester Contents

การตรวจวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันทั้งหมด เป็นวิธีการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน EN 14103 : 2001 โดยเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันต้องมีความบริสุทธิ์มากกว่า 96.5 % และตรวจวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมัน Linolenic (C18:3n3) น้อยกว่า 12 % ซึ่งปริมาณเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันสามารถตรวจวิเคราะห์ได้ด้วยเครื่อง Gas Chromatograph (GC) โดยใช้ Flame Ionization Detector (FID) เป็นตัวตรวจวัด

##### Condition การวิเคราะห์ดังนี้

- Capillary column : polyethylene glycol (DB-WAX, Carbowax 20M)  
30m X 0.32 mm , 0.25  $\mu$ m
- Injector temp. : 150°C
- Detector temp. : 250°C
- Column temp. : 200°C



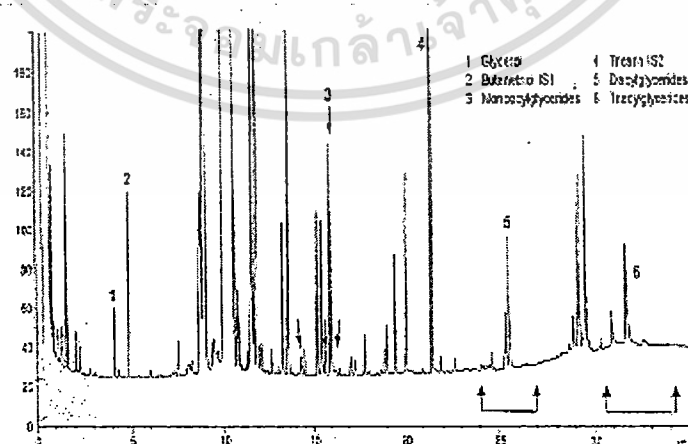
ภาพที่ 1 โครมาโทแกรมของเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน

## 2) Determination of Free and Total Glycerol and Mono, Di, Triglyceride Contents

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณ กลีเซอรอลอิสระ กลีเซอรอลทั้งหมด และปริมาณโมโน กลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และไตรกลีเซอไรด์ เป็นวิธีการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน EN 14105 : 2003 ซึ่งเป็นสารที่ไม่ต้องการให้มีในน้ำมันไบโอดีเซล สามารถตรวจวิเคราะห์ได้ด้วยเครื่อง Gas Chromatograph (GC) โดยใช้ Flam Ionization Detector (FID) เป็นตัวตรวจวัด

### Condition การวิเคราะห์ดังนี้

- Capillary column : 100% dimethylpolysiloxane หรือ 95% dimethyl-5% dimethyl polysilxane (DB-1ht) 10m X 0.32 mm , 0.1  $\mu$ m
- Injector temp. : 150°C
- Detector temp. : 300°C
- Column temp. : 50°C (hold 1 min) programmed 15°C/min up to 80°C, programmed 7°C/min up to 230°C, programmed 10°C/min up to 370°C (hold 5 min)



ภาพที่ 2 โครมาโทแกรมของกลีเซอรอลทั้งหมด

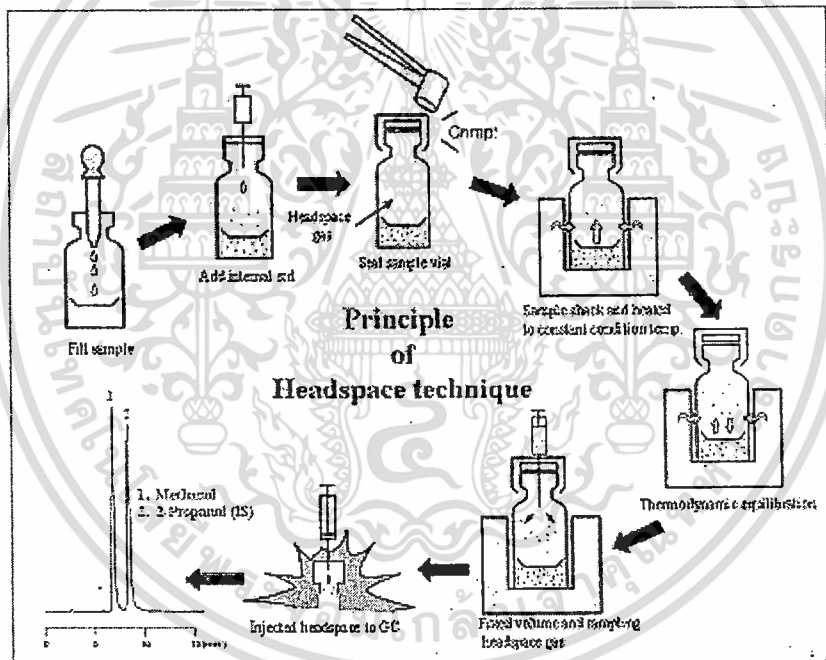
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3) Determination of Methanol Content

เป็นวิธีการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน EN 14110 : 2003 เป็นการตรวจวิเคราะห์ปริมาณเมทานอลที่เหลือนปนเปื้อนอยู่ในน้ำมันไบโอดีเซล ตรวจวัดด้วยเครื่อง Gas Chromatograph (GC) โดยใช้เทคนิค Headspace และตรวจวัดด้วย Flame Ionization Detector (FID)

#### Condition การวิเคราะห์ดังนี้

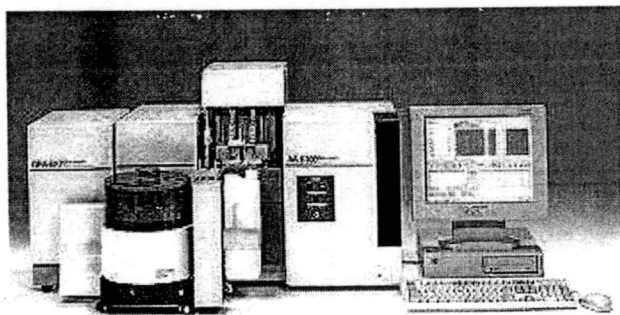
- Capillary column : methylpolysiloxane (DB1, SE30) หรือ polyethylenglycol (DB-WAX, CAR-BOWAX) 30m X 0.32 mm , 3  $\mu$ m
- Column temp. : 50°C
- Injector temp. : 150°C
- Detector temp. : 150°C
- Equilibrium temp. : 80°C
- Equilibrium time : 45 min
- Volume injected : 0.5 ml



ภาพที่ 3 เทคนิค Headspace ในการวิเคราะห์เมทานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.7 เครื่องมือวิเคราะห์ตามมาตรฐานวิธีทดสอบ Biodiesel



ภาพที่ 4 เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer รุ่น AA-6300

เป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ธาตุโลหะหนักในระดับปริมาณต่ำๆ (ppb) โดยอาศัยหลักการดูดกลืนแสงของธาตุที่ถูกกระตุ้นให้เป็นอะตอมอิสระ โดยเทคนิคการกระตุ้นด้วยความร้อนจาก Flame หรือ Flameless (Graphite Furnace) และเทคนิค Hydride Generation จากปฏิกิริยาทางเคมี (Reduction-vaporization) ที่ทำให้ธาตุบางชนิดเป็นอะตอมอิสระ เช่น As, Se, Sb, Sn, Te, Bi, Hg เป็นต้น ซึ่งควบคุมการทำงานและประมวลผลด้วยระบบคอมพิวเตอร์

### คุณลักษณะพิเศษ

- 1) มีปรับปรุงและพัฒนาระบบใหม่เป็นแบบ Double Beam ซึ่งให้มีความเข้มสูงสุดและมีความเสถียร (Stability) ของระบบ สามารถวิเคราะห์
- 2) มีระบบ Auto Positioning สามารถเลือกหลอดกำเนิดแสงได้สูงสุดถึง 6 lamps โดยหลอดกำเนิดแสงที่ 2 จะ warm ให้อัตโนมัติ
- 3) มีระบบการตัดสัญญาณรบกวน 2 แบบ ได้แก่ D2 lamp method และ Self-Reversal (SR) method
- 4) มีระบบอัตโนมัติในการปรับความสูงของหัว Burner และ การไหลของแก๊ส เพื่อให้ได้สถานะเครื่องที่ดีที่สุดตลอดการวิเคราะห์
- 5) ระบบความปลอดภัยของระบบ Flame
  - ระบบป้องกันการติดและดับของเปลวไฟ
  - ระบบป้องกันการรั่วของก๊าซ เมื่อเปลวไฟดับ
  - ระบบป้องกันการใส่หัว Burner ผิด
  - ระบบป้องกัน Flashback ด้วยการควบคุมความดันของก๊าซ
  - ระบบดับเปลวไฟอัตโนมัติ เมื่อกระแสไฟดับ

### การประยุกต์ใช้

เครื่อง AAS สามารถประยุกต์ใช้ในงานตรวจวัดคุณภาพน้ำมันไบโอดีเซล โดยตรวจวัดธาตุโลหะ 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม 1 ธาตุโซเดียม (Na) (EN 14108) หรือโปแทสเซียม (K) (EN 14109) กลุ่ม 2 ธาตุแคลเซียม (Ca) หรือแมกนีเซียม (Mg) (EN 14538) ที่ใช้ในปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันของน้ำมันพืช ที่เหลือปนเปื้อนอยู่ในน้ำมันไบโอดีเซล โดยใช้เทคนิค Flame Analysis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.8 เครื่องมือวิเคราะห์ตามมาตรฐานวิธีทดสอบ Biodiesel



ภาพที่ 5 เครื่อง Refrigerated Centrifuge รุ่น 2800

### คุณสมบัติทั่วไป

เป็นเครื่องปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วสูง สำหรับการแยกของเหลวที่ไม่ผสมกัน หรือ ตะกอนของแข็ง ที่มีระบบการควบคุมความเร็ว และการหยุดเป็นแบบ Micro-processor controlled มีทั้งแบบตั้งโต๊ะหรือตั้งพื้น และแบบควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งสามารถเลือกหัวปั่นชนิด Swing Rotor ได้ตามปริมาตรของหลอดใส่ตัวอย่าง พร้อมทั้งสามารถถอดเปลี่ยนหัวปั่นได้ง่าย

### คุณลักษณะพิเศษ

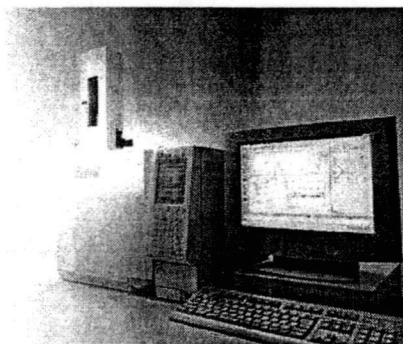
- สามารถปั่นด้วยความเร็วสูงสุดถึง 4,000 รอบต่อนาที และให้แรงเหวี่ยงสูงสุด (RCF) ถึง 2,610 Xg
- สามารถแสดงค่าความเร็ว ค่าแรงเหวี่ยง อุณหภูมิ และเวลาเป็นตัวเลขดิจิทัล
- สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตั้งแต่  $-90^{\circ}\text{C}$  ถึง  $400^{\circ}\text{C}$
- สามารถตั้งเวลาในการปั่นได้ต่อเนื่องในช่วง 1-99 วินาที หรือ 1-99 นาที
- มีปุ่มไฟแสดงเตือนในกรณี เปิดฝาอยู่ หัวปั่นไม่สมดุล อุณหภูมิไม่ปกติ ความเร็วสูงเกินค่าที่ตั้งไว้
- ได้รับมาตรฐานความปลอดภัยสากลไม่น้อยกว่า IEC 61010-2-020

### การประยุกต์ใช้

เครื่อง Centrifuge เป็นเครื่องที่สามารถประยุกต์ใช้ในงานตรวจวัดคุณภาพน้ำมันไบโอดีเซล โดยตรวจวัดปริมาณน้ำ และตะกอน (Sediment) ที่เหลือปนเปื้อนอยู่ในน้ำมันไบโอดีเซล (ASTM D2622)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.9 เครื่องมือวิเคราะห์ตามมาตรฐานวิธีทดสอบ Biodiesel



ภาพที่ 6 เครื่อง Gas Chromatograph รุ่น GC-2010

### คุณสมบัติทั่วไป

เป็นเครื่องวิเคราะห์สารเคมี ที่ใช้เทคนิคในการแยกสารผสมที่ระเหยได้ง่าย ที่เป็นทั้งของแข็ง ของเหลว และก๊าซ โดยมีก๊าซเฉื่อยเป็นตัวพา (Carrier gas) ที่สามารถแยกแยะสารผสมมากกว่าหนึ่งชนิดด้วย column ให้ได้มาซึ่งสารประกอบเดี่ยวๆ ตามลำดับ ในสภาวะที่เหมาะสม และตรวจวัดสารตัวอย่าง ด้วย detector ตามคุณสมบัติเฉพาะทางเคมี พร้อมทั้งคำนวณหาชนิดและปริมาณของสารตัวอย่างเมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน (Standard samples) โดยอัตโนมัติด้วยระบบคอมพิวเตอร์

### คุณลักษณะพิเศษ

- มีหน้าจอ LCD ขนาดใหญ่แบบ Graphical user interface ที่ควบคุมและแสดงค่า Parameters ต่างๆ ได้ชัดเจน
- มีระบบตรวจสอบความพร้อมตัวเครื่อง (Self Diagnostic Function) และสามารถตรวจเช็คจำนวนเวลาที่ใช้งานของอุปกรณ์ และ consumable part ต่างๆ
- มีระบบควบคุมอุณหภูมิมากถึง 8 zone สามารถติดตั้ง Detectors ได้ถึง 4 ชุด และ Injectors 3 ชุดได้พร้อมกัน โดยแยกการควบคุมอุณหภูมิได้อย่างอิสระ และสามารถปรับอุณหภูมิในการวิเคราะห์ได้สูงถึง 450 °C
- มีระบบควบคุมอัตราการไหลของ carrier gas ด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบ Advanced Flow Controlled (AFC) ที่สามารถโปรแกรมความดัน หรืออัตราการไหลของ carrier gas พร้อมทั้งมี Mode ควบคุม carrier gas แบบ Constant Linear Velocity ที่ควบคุมอัตราความเร็วของ carrier gas ให้คงที่ตลอดการวิเคราะห์ แม้ว่าจะใช้โปรแกรมอุณหภูมิของ column oven ซึ่งจะทำให้ Retention time ของสารที่วิเคราะห์มีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

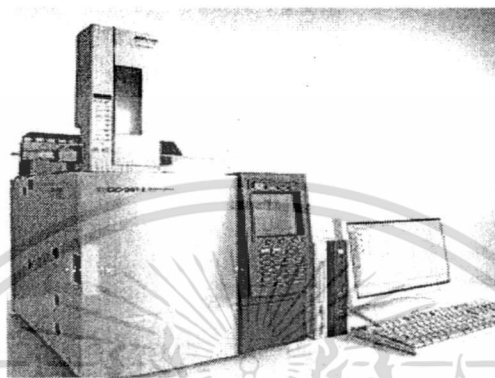
### การประยุกต์ใช้

เครื่อง GC สามารถประยุกต์ใช้ในงานตรวจวัดคุณภาพน้ำมันไบโอดีเซล โดยใช้ตัวตรวจวัด Flame Ionization Detector (FID) สำหรับตรวจวัดสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1) ตรวจวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ปริมาณเมธิลเอสเตอร์ของกรดไขมันทั้งหมด (EN 14103)
- 2) ตรวจวิเคราะห์ปริมาณ กลีเซอรอลอิสระ กลีเซอรอลทั้งหมด และปริมาณโมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และไตรกลีเซอไรด์ (EN 14105)
- 3) ตรวจวิเคราะห์ปริมาณ เมทานอลที่เหลือปนเป็นนอยูในน้ำมันไบโอดีเซล (EN 14110)

### 1.10 เครื่องมือวิเคราะห์ตามมาตรฐานวิธีทดสอบ Biodiesel



ภาพที่ 7 เครื่อง Gas Chromatograph รุ่น GC-2010

#### คุณสมบัติทั่วไป

เป็นเครื่องวิเคราะห์สารเคมี ที่ใช้เทคนิคในการแยกสารผสมที่ระเหยได้ง่าย ที่เป็นทั้งของแข็งของเหลว และก๊าซ โดยมีก๊าซเฉื่อยเป็นตัวพา (Carrier gas) ที่สามารถแยกแยะสารผสมมากกว่าหนึ่งชนิดด้วย column ให้ได้มาซึ่งสารประกอบเดี่ยวๆ ตามลำดับ ในสภาวะที่เหมาะสม และตรวจวัดสารตัวอย่าง ด้วย detector ตามคุณสมบัติเฉพาะทางเคมี พร้อมทั้งคำนวณหาชนิดและปริมาณของสารตัวอย่างเมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน (Standard samples) โดยอัตโนมัติด้วยระบบคอมพิวเตอร์

#### คุณลักษณะพิเศษ

- มีหน้าจอ LCD ขนาดใหญ่แบบ Graphical user interface ที่ควบคุมและแสดงค่า Parameters ต่างๆ ได้ชัดเจน
- มีระบบตรวจสอบความพร้อมตัวเครื่อง (Self Diagnostic Function) และสามารถตรวจเช็คจำนวนเวลาที่ใช้งานของอุปกรณ์ และ consumable part ต่างๆ
- มีระบบควบคุมอุณหภูมิที่สามารถติดตั้ง Detectors ได้ถึง 4 ชุด และ Injectors 3 ชุดได้พร้อมกัน โดยแยกการควบคุมอุณหภูมิได้อย่างอิสระ ซึ่งสามารถใช้งานได้ทั้ง packed column และ capillary column
- มีระบบควบคุมอัตราการไหลของ carrier gas ด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบ Advanced Flow Controlled (AFC) ที่สามารถโปรแกรมความดัน หรืออัตราการไหลของ carrier gas พร้อมทั้งมี Mode ควบคุม carrier gas แบบ Constant Linear Velocity ที่ควบคุมอัตราความเร็วของ carrier gas ให้คงที่ตลอดการวิเคราะห์ แม้ว่าจะใช้โปรแกรมอุณหภูมิของ column oven ซึ่งจะทำให้ Retention time ของสารที่วิเคราะห์มีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

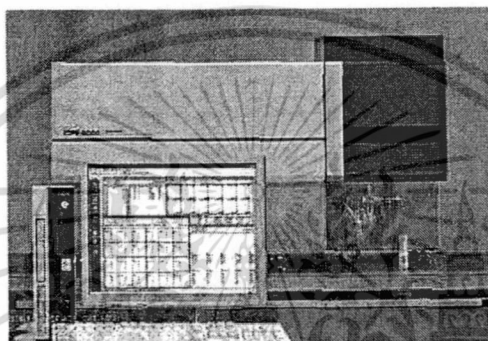
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การประยุกต์ใช้

เครื่อง GC สามารถประยุกต์ใช้ในงานตรวจวัดคุณภาพน้ำมันไบโอดีเซล โดยใช้ตัวตรวจวัด Flame Ionization Detector (FID) สำหรับตรวจวัดสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ ดังนี้

- 1) ตรวจวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันทั้งหมด (EN 14103)
- 2) ตรวจวิเคราะห์ปริมาณ กลีเซอรอลอิสระ กลีเซอรอลทั้งหมด และปริมาณโมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และไตรกลีเซอไรด์ (EN 14105)
- 3) ตรวจวิเคราะห์ปริมาณ เมทานอลที่เหลือปนเป็นอนอยู่ในน้ำมันไบโอดีเซล (EN 14110)

### 1.11 เครื่องมือวิเคราะห์ตามมาตรฐานวิธีทดสอบ Biodiesel



ภาพที่ 8 เครื่อง Inductive Coupled Plasma Spectrometer (ICPS-9000)

#### คุณสมบัติทั่วไป

เป็นเครื่องวิเคราะห์หาได้ทั้งเชิงคุณภาพ และปริมาณของธาตุโลหะหนักในระดับความเข้มข้นต่ำๆ ที่สามารถวิเคราะห์ธาตุได้พร้อมกันมากถึง 72 ธาตุ ทั้งโลหะและอโลหะ โดยอาศัยหลักการ การเหนี่ยวนำให้เกิดพลาสมา โดยปล่อยแก๊สอาร์กอนผ่านเข้าไปในสนามแม่เหล็กบริเวณปลาย torch ที่ต่อเข้ากับเครื่องส่งคลื่นความถี่วิทยุ แล้วปล่อยประจุไฟฟ้า (Spray) ให้แก่แก๊สอาร์กอน ซึ่งจะทำให้แก๊สอาร์กอนเกิดไอออนได้อิเล็กตรอนที่มีพลังงานสูง และทำให้เกิดปฏิกิริยาสลายกลายเป็นพลาสมา ที่ให้ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงประมาณ 10,000 K จากลักษณะดังกล่าวทำให้ธาตุโลหะหนักแตกตัวเป็นอะตอมได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง สามารถลด Matrix effects และ Interference ต่างๆ ได้มาก และสามารถใช้ร่วมกับเทคนิค Hydride Generation ด้วยปฏิกิริยาทางเคมี (Reduction-vaporization) ที่ทำให้ธาตุบางชนิดเป็นอะตอมอิสระ เช่น As, Se, Sb, Sn, Te, Bi, Hg โดยควบคุมการทำงานและประมวลด้วยระบบคอมพิวเตอร์

#### คุณลักษณะพิเศษ

- สามารถวิเคราะห์ผลได้พร้อมกันทุกธาตุด้วยความรวดเร็ว (2-5 นาทีต่อ 1 ตัวอย่าง) มีระบบแยกแสง ภายในห้องสุญญากาศที่มีการควบคุมอุณหภูมิ ทำให้การวิเคราะห์ผลเป็นไปอย่างถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถเลือกวิเคราะห์ได้ทั้งแนวแกน (Axial view) ที่ต้องการความละเอียดสูง และชิ้นงานมีความเข้มข้นต่ำ และแบบแนวรัศมี (Radial view) เหมาะกับการใช้งานที่ไม่ต้องการความละเอียดสูงมากนัก และชิ้นงานมีความเข้มข้นสูง โดยการเปลี่ยนแนวสามารถทำได้ด้วย Software

- มี Torch แบบ Mini Torch ที่ใช้แก๊สอาร์กอนเพียง 12 ลิตร/นาที่ ที่ต้องการความบริสุทธิ์ของแก๊สอาร์กอนเพียง 99.95% เท่านั้นก็เพียงพอ ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายแก๊สอาร์กอนได้มาก

- มี Detector เป็นแบบ Charge Couple Device (CCD) ชนิด Two-dimensional semiconductor ขนาดใหญ่สามารถตรวจวัดความยาวคลื่นตั้งแต่ 167 ถึง 800 นาโนเมตร

#### การประยุกต์ใช้

เครื่อง ICP เป็นเครื่องที่สามารถประยุกต์ใช้ในงานตรวจวัดคุณภาพน้ำมันไบโอดีเซล โดยตรวจวัดธาตุฟอสฟอรัส (P) (ASTM D4951) ที่เหลือปนเป็นอยู่ในน้ำมันไบโอดีเซล

### 1.12 เครื่องมือวิเคราะห์ตามมาตรฐานวิธีทดสอบ Biodiesel



ภาพที่ 9 เครื่อง Sequential X-Ray Fluorescence Spectrometer รุ่น XRF-1800

#### คุณสมบัติทั่วไป

เป็นเครื่องวิเคราะห์ปริมาณธาตุได้ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ตั้งแต่ธาตุเบอริเรียม (Be) จนถึงธาตุยูเรเนียม (U) โดยใช้หลักการทำงานแบบ Wavelength Dispersive X-ray Fluorescence โดยที่ลำรังสีเอ็กซ์จากเครื่องจะถูกส่งไปยังชิ้นงานตัวอย่างเพื่อให้เกิดอันตรกิริยากับธาตุต่าง ๆ ในชิ้นงานทดสอบแล้วเกิดเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์จากธาตุเหล่านั้นขึ้นมา ซึ่งจะถูกแยกตามความยาวคลื่นโดย Crystals ชนิดต่างๆ ก่อนเข้าไปตรวจวัดโดย ชุดตรวจจับรังสี (Detector) ซึ่งภายในห้องสเปกโตรมิเตอร์สามารถเลือกใช้แบบสุญญากาศ (Vacuum) หรือ Helium โดยใช้คอมพิวเตอร์ ควบคุมระบบการทำงานและประมวลผลภายในตัวเองโดยอัตโนมัติ

#### คุณลักษณะพิเศษ

- สามารถวิเคราะห์งานได้อย่างรวดเร็ว และมีความเที่ยงตรงสูง
- ระดับหน่วยการวัดได้ตั้งแต่ระดับ % ถึง ppm
- สามารถทำการวิเคราะห์แบบ Mapping ธาตุต่าง ๆ บนชิ้นงานได้
- มีระบบนำชิ้นงานตัวอย่างเข้าไปยังห้องสเปกโตรมิเตอร์แบบ Swing arm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถป้อนชิ้นงานได้สูงสุด 8 ตัวอย่าง
- มีระบบควบคุมการปรับ Sensitivity เป็นแบบอัตโนมัติ
- สามารถติดตั้ง Crystal ได้ถึง 10 แบบ

### การประยุกต์ใช้

เครื่อง X-Ray เป็นเครื่องที่สามารถประยุกต์ใช้ในงานตรวจวัดคุณภาพน้ำมันไบโอดีเซล โดยตรวจวัดธาตุกำมะถัน (Sulphur, S) (ASTM D2622) ที่เหลือนปนเปื้อนอยู่ในน้ำมันไบโอดีเซล

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการใช้ไบโอดีเซล โดยห้องปฏิบัติการตรวจมลพิษจากยานพาหนะ สถาบันยานยนต์

ชนิดน้ำมัน	ไฮโดรคาร์บอน (g/km)	ฝุ่นละออง (g/km)	คาร์บอนมอนนอกไซด์ (g/km)	คาร์บอนไดออกไซด์ (g/km)	ไนโตรเจนออกไซด์ (g/km)
ดีเซลหมุนเร็ว + Lubricity + Cleaning Additive	0.071	0.041	0.277	140.6	0.637
ดีเซลหมุนเร็ว + Cleaning + ไบโอดีเซล 2%	0.019	0.035	0.251	138.5	0.665
มาตรฐาน มอก. 1875-2542	-	0.08	1	-	0.7

(<http://www.bangchak.co.th/th/biodiesel.asp>)

รถยนต์ที่ใช้ทดสอบ : โตโยต้า ไฮลักซ์ ไทเกอร์ (แบบ LN150 R - CRMDST) ปี 2545  
ความจุระบอกลูกสูบ 2,446 CC

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบคุณสมบัติการหล่อลื่นของไบโอดีเซล (Lubricity Property)

Test Item	มาตรฐาน	ดีเซลหมุนเร็ว + Lubricity Additive	ดีเซลหมุนเร็ว + ไบโอดีเซล 2 %
	Lucricity Micron	ไม่เกิน 460	334

ทดสอบโดย: สถาบันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย

### 1.13 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อนำน้ำมันเบ็ดอย่างมาใช้ผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซล
2. ศึกษาคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันเบ็ดอย่าง
3. เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าและลดปัญหาการกำจัดของเสียจากน้ำมันเบ็ดอย่างที่เหลือใช้แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2 อุปกรณ์และวิธีการ

### 2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

#### ก. วัสดุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

วัสดุดิบที่ใช้ในการผลิต

1. น้ำมันเบ็ดอย่างปักกิ่ง
2. น้ำมันปาล์มใหม่ (ที่ยังไม่ผ่านการปรุงอาหาร)
3. น้ำมันปาล์มที่เก่า (ผ่านการปรุงอาหารแล้ว)
4. น้ำมันถั่วเหลืองใหม่ (ที่ยังไม่ผ่านการปรุงอาหาร)

#### ข. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือ

1. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Balance)
2. เตาไฟฟ้า (Hot plate)
3. อุปกรณ์ให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า (Water baths)

อุปกรณ์

1. บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 600 มิลลิลิตร จำนวน 8 ใบ
2. กรวยแยก (Separating funnel) ขนาด 600 มิลลิลิตร จำนวน 4 ใบ
3. กระดาษกรอง (Filter paper) ความละเอียด 150 ไมครอน
4. กระบอกตวง (Cylinder) จำนวน 1 อัน
5. ที่ยึดกรวยกรอง (Funnel stand) จำนวน 1 ชุด
6. กรวยกรอง (Funnel) จำนวน 1 ชุด
7. เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) จำนวน 1 อัน
8. อะลูมิเนียมฟอยด์
9. ขวดแก้วเปล่าขนาด 300 มิลลิลิตรจำนวน 4 ขวด

สารเคมี

1. สารโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) หรือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
2. เมทานอล ( $\text{CH}_3\text{OH}$ )
3. น้ำกลั่น

การเตรียมสารเคมี

1. ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 1 เปอร์เซ็นต์
2. เตรียมเมทานอล ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) 25 เปอร์เซ็นต์
3. ผสมเมทานอลและโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เตรียมไว้จนโซเดียมไฮดรอกไซด์ละลายหมด

## 2.2 วิธีการวิจัย

2.2.1 สํารวจข้อมูลการผลิตเปิดยํางและการใช้ประโยชน์ของนํ้ามันเปิดยํางจากแหล่งต่าง ๆ ในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล โดยวิธีการส่งแบบถาม (แบบสอบถามในภาคผนวก)

2.2.2 การผลิตนํ้ามันไบโอดีเซลจากนํ้ามันเปิดยํางปักกึ่งมีกระบวนการวิธีการผลิตแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 กระบวนการผลิตนํ้ามันไบโอดีเซลจากนํ้ามันเปิดยํางปักกึ่ง โดยใช้นํ้ามันถั่วเหลืองเก่า นํ้ามันปาล์มใหม่ และนํ้ามันปาล์มเก่า มาเป็นกรณีเปรียบเทียบ แล้วเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 เปอร์เซ็นต์ผสมกับเมทานอลปริมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ใส่ลงในนํ้ามัน

ขั้นตอนที่ 2 กระบวนการล้าง (wash) นํ้ามันไบโอดีเซลเพื่อกําจัดแอลกอฮอล์และโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ตกค้าง และให้ความร้อนจนนํ้ามันใส นำไปกรองอีกครั้งแล้วจึงนำไปใช้งาน

ขั้นตอนที่ 3 การหาค่าความหนืดของเมทิลเอสเทอร์ใช้มาตรฐาน ASTM และการหาค่าร้อยละผลิตภัณฑ์

ค่าร้อยละผลิตภัณฑ์ คือ โมลของเมทิลเอสเทอร์ในผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้ต่อโมลของสารตั้งต้นที่มีสมการ

$$\text{ค่าร้อยละผลิตภัณฑ์} = -45.097 \ln (\text{ความหนืด}) + 168.08$$

กรรมวิธีการผลิตนํ้ามันไบโอดีเซลจากนํ้ามันเปิดยํางปักกึ่ง

ขั้นตอนที่ 1 กระบวนการผลิตนํ้ามันไบโอดีเซล

1. นำนํ้ามันเปิดยํางปักกึ่ง นํ้ามันปาล์มใหม่ นํ้ามันปาล์มเก่า และนํ้ามันถั่วเหลืองเก่ามาชนิด ละ 500 มิลลิลิตร
2. เติมสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 1 เปอร์เซ็นต์โดยนํ้าหนักต่อปริมาตรของนํ้ามันพืช (g/ml) คนโซเดียมไฮดรอกไซด์จนละลายเข้ากันดีกับนํ้ามันที่อุ่น 50 องศาเซลเซียส
3. ยกนํ้ามันลงตั้งทิ้งให้อุณหภูมิลดลง เติมเมทานอลจำนวน 25 % ของนํ้ามันพืชคนให้เข้ากัน (อุณหภูมิตั้งนี้จะทำให้เมทานอลระเหย)
4. นำนํ้ามันที่เตรียมไว้มาอุ่นให้ได้อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียสเพื่อทำให้นํ้าระเหยออกจากรนํ้ามัน
5. ยกลงจากเตา ตั้งทิ้งไว้จนเกิดการแยกชั้นระหว่างเมทิลเอสเทอร์กับกลีเซอริน
6. แยกนํ้ามันไบโอดีเซล (เมทิลเอสเทอร์) ส่วนบน ออกจากกลีเซอรินด้านล่าง แล้ววัดค่าพีเอช (pH) ของนํ้ามันไบโอดีเซลที่ได้ดังแสดงในภาพที่ 10

ขั้นตอนที่ 2 กระบวนการล้างนํ้ามันไบโอดีเซล

1. นำนํ้ามันไบโอดีเซลที่ผ่านกระบวนการผลิตที่ได้ในขั้นตอนที่ 1 ทั้ง 4 ตัวอย่างมาเทใส่ในกรวยแยก (Separating funnel) ขนาด 600 มิลลิลิตร
2. เติมนํ้ากลั่นจำนวน 1 ใน 3 ของนํ้ามันไบโอดีเซล แล้วเขย่าให้นํ้ามันไบโอดีเซลกับนํ้ากลั่นผสมให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้นเป็นเวลาประมาณ 25-30 นาที สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เมื่อน้ำล้างมีสีขาวขุ่นและไม่เกิดการแยกชั้นตั้งทิ้งไว้ ไขส่วนที่เป็นน้ำออกให้หมดทำซ้ำตัวอย่างละ 4-5 ครั้ง โดยเปลี่ยนน้ำใหม่ทุกครั้งล้างจนน้ำล้างซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ด้านล่างใสแล้ววัดค่าพีเอช (pH) บันทึกผล

4. เหน้้ำมันโปไอติเซลที่ผ่านกระบวนการล้างในข้อที่ 3 ลงในบีกเกอร์มาอุ่นให้ร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 70-80 องศาเซลเซียสเพื่อระเหยน้ำที่ยังเหลืออยู่ในน้ำมันโปไอติเซลจนน้ำมันใสเป็นเวลาประมาณ 5-10 นาที

5. นำน้ำมันไปกรองอีกครั้งด้วยผ้ากรอง หรืออุปกรณ์กรองน้ำที่มีความละเอียด 1 ไมครอน

6. ได้น้ำมันโปไอติเซลที่มีความใสดังแสดงในภาพที่ 11

7. นำน้ำมันโปไอติเซลที่ไปทดสอบคุณภาพของน้ำมันต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพของน้ำมันโปไอติเซล

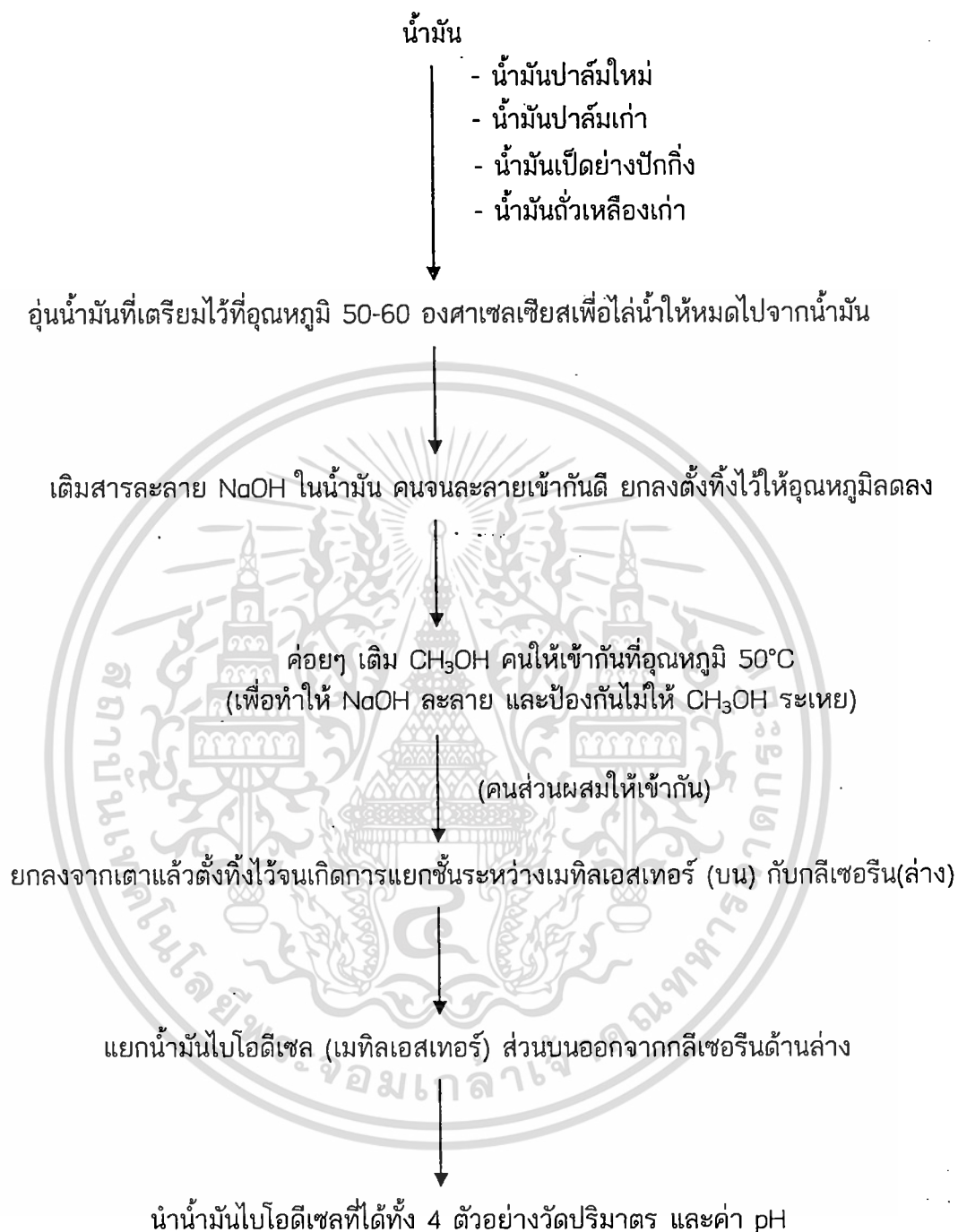
1. การตรวจสอบค่าความหนืดของเมทิลเอสเทอร์

2. การตรวจสอบร้อยละผลิตภัณฑ์ของเมทิลเอสเทอร์



## ขั้นตอนที่ 1

## กระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล

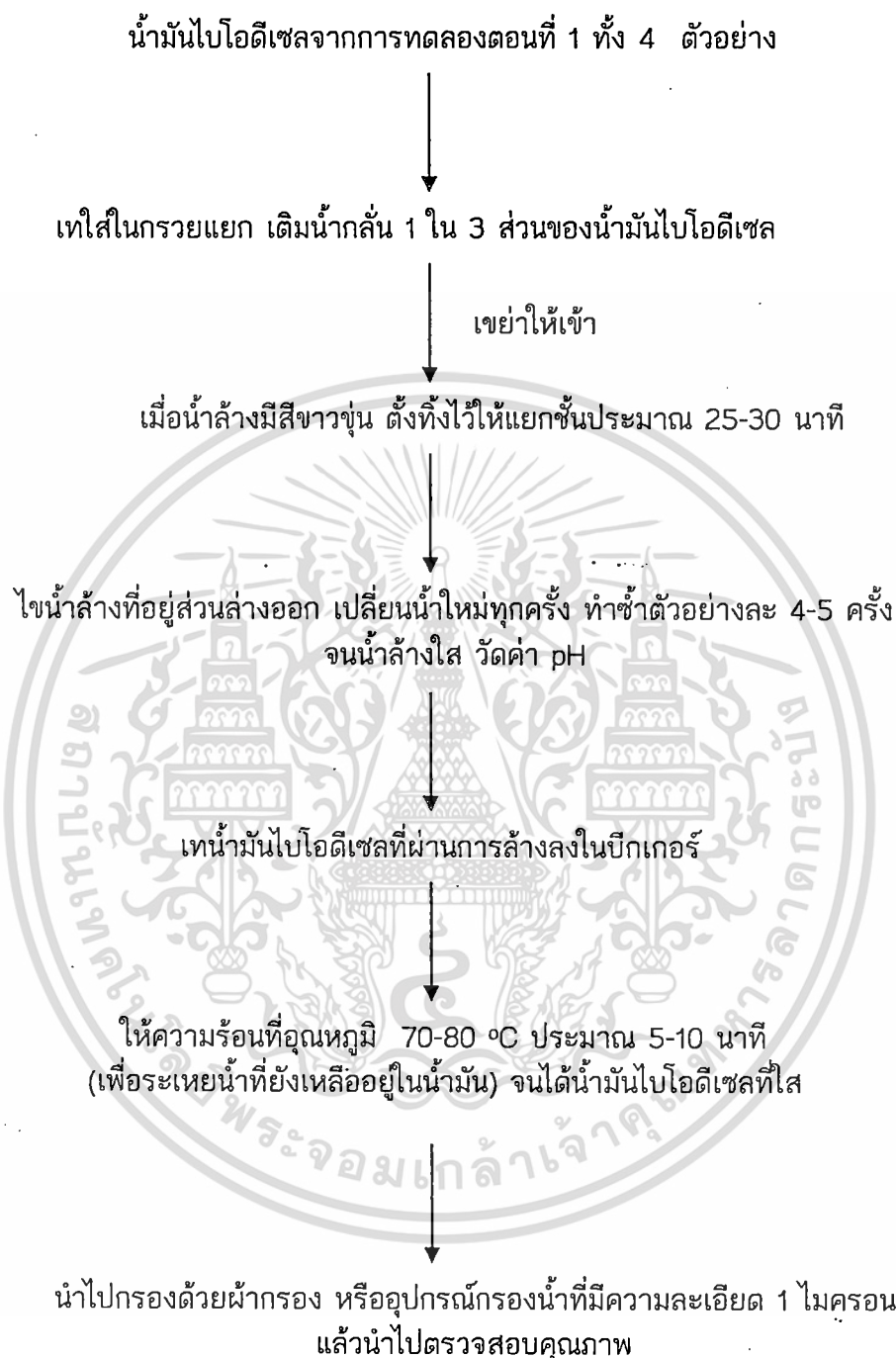


ภาพที่ 10 กระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ขั้นตอนที่ 2

## กระบวนการล้างน้ำมันไบโอดีเซล



ภาพที่ 11 กระบวนการล้างน้ำมันไบโอดีเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซล

#### 1. การตรวจสอบค่าความหนืดของเมทิลเอสเทอร์

การคำนวณหาค่าความหนืด

$$\text{สมการที่ใช้ในการคำนวณ คือ ค่าความหนืด ( cSt ) = ( 0.226 \times t ) - ( 195/t )$$

t คือ เวลา (วินาที)

โดยจากการวัดความ 2 ครั้งนำค่ามาหารเฉลี่ย

เช่น ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลาที่ได้จากการวัดความหนืด คือ 40.96 วินาที

$$\begin{aligned} \text{ค่าความหนืด (cSt)} &= (0.226 \times 40.96) - (195/40.96) \\ &= 4.50 \text{ cSt} \end{aligned}$$

#### 2. การตรวจสอบร้อยละผลผลิตภัณฑ์ของเมทิลเอสเทอร์

การคำนวณค่าร้อยละผลผลิตภัณฑ์

$$\text{ค่าร้อยละผลผลิตภัณฑ์} = -45.097 \ln (\text{ความหนืด}) + 168.08$$

เช่น ที่ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

$$\begin{aligned} \text{ค่าร้อยละผลผลิตภัณฑ์} &= -45.097 \ln (4.58) + 168.08 \\ &= 99.45 \end{aligned}$$

### 2.3 สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ และห้องปฏิบัติการการแปรรูปอาหาร  
ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร ครอบคลุมศาสตร์อุตสาหกรรม และห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรม  
เคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

### 2.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2551 – เดือนกันยายน พ.ศ. 2552

### บทที่ 3 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาสำรวจข้อมูลการผลิตเปิดอย่างและการใช้ประโยชน์ของน้ำมันเปิดอย่างจากแหล่งต่างๆ ในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล และการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันเปิดอย่างปักกิ่ง โดยเปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้กับน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันที่ใช้ประกอบอาหารอีก 3 ชนิดได้แก่น้ำมันปาล์มใหม่ น้ำมันปาล์มเก่า และน้ำมันถั่วเหลืองเก่า ได้ผลการศึกษาดังนี้

#### 3.1 สำรวจข้อมูลการผลิตเปิดอย่างและการใช้ประโยชน์ของน้ำมันเปิดอย่างจากแหล่งต่างๆ ในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล

พบว่า ประเภทของกิจการเป็นลักษณะของการผลิต มีจำนวนพนักงาน 100 คน สินค้าหลักของผู้ผลิต คือ ผลิตอาหารสำเร็จรูปจากเนื้อสัตว์ มันสัตว์ ประเภทเปิดพะโล้ปรุงสุก พันธุ์เปิดที่นำมาใช้ในการผลิต คือ เปิดเนื้อพันธุ์เซอร์วัลเลย์ เพราะว่าจะตัวใหญ่และโตเร็วอายุที่ขายสู่ท้องตลาดประมาณ 54 วัน นำหนักตัวประมาณ 3.3 กก.ขึ้นไป ซึ่งได้มาจากฟาร์มของบริษัทที่เลี้ยงเองและมีกำลังการผลิตต่อวันประมาณ 2,000 ตัว จะได้ของเหลือ คือ น้ำมันจากเปิด 370 กิโลกรัม/วัน และบริษัทไม่ได้นำน้ำมันไปใช้ประโยชน์อะไร แต่มีลูกค้ามารับซื้อไปจากบริษัท

#### 3.2 กระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันเปิดอย่างปักกิ่ง

กรรมวิธีการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันเปิดอย่างปักกิ่งในการทดลอง คือ นำน้ำมันเปิดอย่างปักกิ่ง และน้ำมันที่ใช้ประกอบอาหารอีก 3 ชนิดซึ่งได้แก่ น้ำมันปาล์มใหม่ น้ำมันปาล์มเก่า และน้ำมันถั่วเหลืองใหม่ในปริมาณตัวอย่างละ 500 มิลลิลิตร แล้วเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตรของน้ำมันเพื่อเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและเมทานอล 25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำมันที่อุณหภูมิประมาณ 50-60 องศาเซลเซียสเพื่อไล่น้ำให้หมดไปและป้องกันไม่ให้เมทานอลระเหย ยกตั้งทิ้งไว้จนเกิดการแยกชั้นระหว่างเมทิลเอสเทอร์ กับกลีเซอริน แยกน้ำมันไบโอดีเซล (เมทิลเอสเทอร์) ออกจากกลีเซอรินและวัดค่าพีเอช (pH) ของน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้จากน้ำมันทั้ง 4 ชนิดดังภาพที่ 12

#### หมายเหตุ

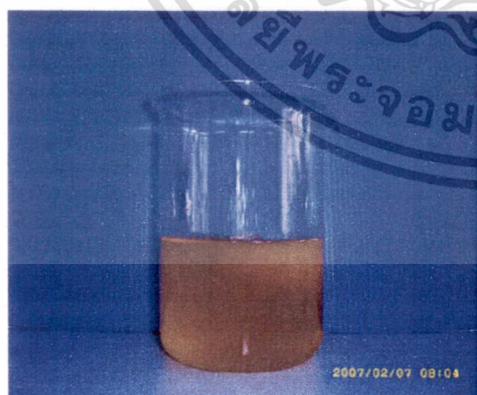
- คือ น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากน้ำมันปาล์มใหม่
- คือ น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากน้ำมันปาล์มเก่า
- คือ น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากน้ำมันเปิดอย่างปักกิ่ง
- คือ น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากน้ำมันถั่วเหลืองใหม่

จากการทดลองการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปัดอย่างปึกกิ่ง พบว่าปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้ในน้ำมันแต่ละชนิดมีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน คือ น้ำมันปาล์มใหม่ 363 มิลลิลิตร ค่า pH 8.5 น้ำมันปาล์มเก่า 320 มิลลิลิตร ค่า pH 8 น้ำมันปัดอย่างปึกกิ่ง 330 มิลลิลิตร ค่า pH 8 และน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากน้ำมันถั่วเหลืองใหม่ 290 มิลลิลิตร ค่า pH 8.5 ได้ผลการทดลองดังนีตามตารางที่ 3

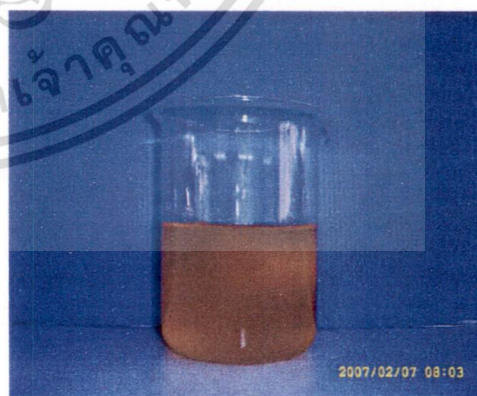
ตารางที่ 3 ผลการทดลองการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันที่ใช้ประกอบอาหาร 4 ชนิด

ชนิดน้ำมัน	ลักษณะผลิตภัณฑ์น้ำมันไบโอดีเซล	ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้ (มิลลิลิตร)	ค่า pH
a	มีลักษณะของเหลวขุ่น สีเหลืองเข้ม	363	8.5
b	มีลักษณะของเหลวขุ่น สีเหลืองเข้ม	320	8
c	มีลักษณะของเหลวขุ่น สีเหลืองอ่อน	330	8
d	มีลักษณะของเหลวขุ่น สีเหลือง	290	8.5

จากผลการทดลองการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลของน้ำมันทั้ง 4 ชนิดในตารางที่ 3 คือ a, b, c, และ d พบว่ามีลักษณะทางกายภาพ คือ a, b และ d มีลักษณะเป็นของเหลวขุ่น สีเหลืองเข้มเหมือนกัน แต่น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากน้ำมันชนิด c มีลักษณะที่เป็นของเหลวใส สีเหลืองอ่อน จะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากน้ำมัน d มีปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลน้อยกว่าน้ำมัน a, b และ c อาจเป็นเพราะน้ำมัน d เกิดปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์ระหว่างการผลิตจึงทำให้ได้ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลน้อย ส่วนค่าพีเอชที่วัดได้ในน้ำมันไบโอดีเซลแต่ละชนิด คือ a = 8.5, b = 8, c = 8 และ d = 8.5 ยังมีสถานะที่เป็นด่าง ดังนั้นจึงต้องนำมาเข้าสู่กระบวนการล้างเพื่อให้น้ำมันไบโอดีเซลบริสุทธิ์โดยการขจัดตัวเร่ง และกลีเซอรอลที่ตกค้างอยู่และน้ำมันที่ไม่ทำปฏิกิริยาหรือทำปฏิกิริยาเพียงบางส่วนออกจากน้ำมันเสียก่อนนำไปใช้ดังแสดงในภาพที่ 13



a. น้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มใหม่



b. น้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเก่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



c. น้ำมันไบโอดีเซลจาก  
น้ำมันปัดอย่างปักกิ่ง



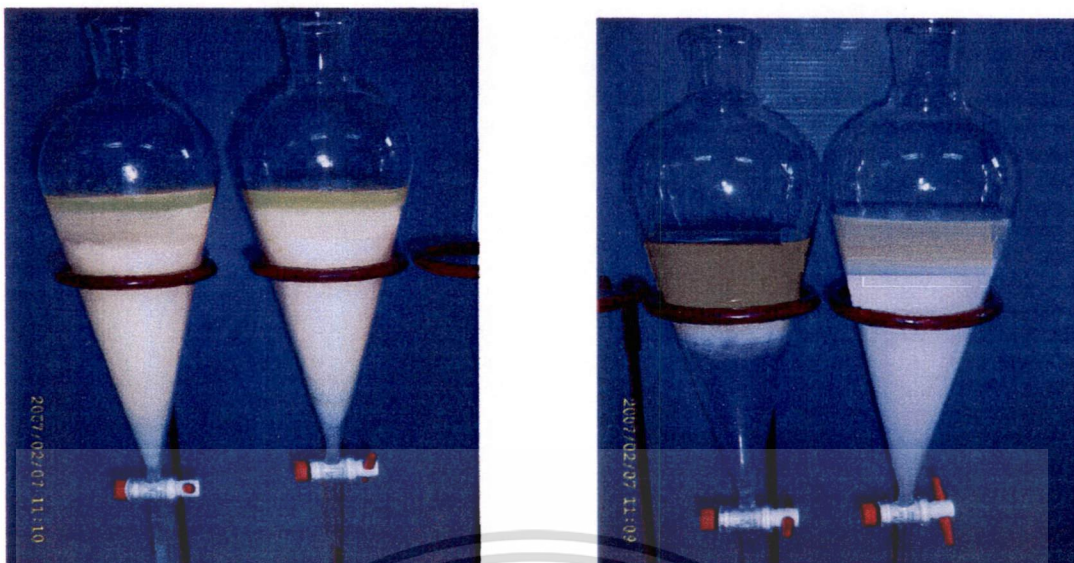
d. น้ำมันไบโอดีเซลจาก  
น้ำมันถั่วเหลืองใหม่

### ภาพที่ 12 ผลิตรถยนต์น้ำมันไบโอดีเซล

#### 3.3 กระบวนการสร้างน้ำมันไบโอดีเซล

จากการทดลองเมื่อนำน้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่านกระบวนการผลิตได้ทั้ง 4 ตัวอย่างคือ a, b, c และ d มาเข้าสู่กระบวนการล้าง เพื่อทำให้น้ำมันไบโอดีเซลบริสุทธิ์ขึ้นโดยการขจัดตัวเร่งและกลีเซอรอลที่ตกค้างอยู่และน้ำมันที่ไม่ทำปฏิกิริยาหรือทำปฏิกิริยาเพียงบางส่วน โดยใช้กรวยกรองแยก (Separating funnel) เติมน้ำกลั่นจำนวน 1 ใน 3 ของน้ำมันไบโอดีเซล เขย่าให้น้ำมันไบโอดีเซลกับน้ำกลั่นผสมให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งจนแยกชั้นระหว่างเมทิลเอสเทอร์ (Methyl Esters) กับโซเดียมเมทอกไซด์ (Sodium methoxide) เป็นเวลาประมาณ 25-30 นาทีจนน้ำล้างมีสีขาวขุ่นและไม่เกิดการแยกชั้นอีก ไขส่วนที่เป็นน้ำออกให้หมด ล้างจนน้ำล้างใส แล้ววัดค่า pH ของน้ำมันไบโอดีเซลอีกครั้ง เพื่อให้ทราบค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้ว่าเป็นไปตามค่าที่กำหนด คือ 6.0-7.0 อุณหภูมิที่อุณหภูมิประมาณ 70-80 องศาเซลเซียส เพื่อไล่น้ำที่ยังเหลืออยู่ในน้ำมันไบโอดีเซลให้หมด และทำให้เมทิลเอสเทอร์ใสเป็นเวลาประมาณ 5-10 นาที และกรองอีกครั้งด้วยอุปกรณ์กรองน้ำที่มีความละเอียด 1 ไมครอนจนได้ผลิตรถยนต์น้ำมันไบโอดีเซลดังภาพที่ 13 และ 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 13 กระบวนการล้างน้ำมันไบโอดีเซลโดยใช้กรวยแยก



ภาพที่ 14 ผลผลิตก้นน้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่านกระบวนการล้าง

เมื่อนำน้ำมันไบโอดีเซลทั้ง 4 ชนิดเข้าสู่กระบวนการล้างเพื่อขจัดตัวเร่งและกลีเซอรอลที่ตกค้างอยู่ในน้ำมันแล้ว พบว่าน้ำมันไบโอดีเซลทั้ง 4 ชนิดมีลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏคือ a , b และ d มีลักษณะเป็นของเหลวใส สีเหลือง ส่วน c มีลักษณะเป็นของเหลวใส สีเหลืองอ่อน และปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้หลังจากผ่านกระบวนการล้างคือ a = 80 มิลลิลิตร ค่า pH 6, b = 78 มิลลิลิตร ค่า pH 6.5, c = 150 มิลลิลิตร ค่า pH 6 และ d = 100 มิลลิลิตร ค่า pH 6.5 ได้ผลการทดลองดังนี้ตามตารางที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ปริมาณคุณลักษณะและค่า pH ของน้ำมันไบโอดีเซลหลังผ่านกระบวนการล้าง

ชนิดน้ำมันไบโอดีเซล	คุณลักษณะ	ปริมาณ (มิลลิลิตร)	ค่า pH
a	มีลักษณะของเหลวใส สีเหลือง	80	6
b	มีลักษณะของเหลวใส สีเหลือง	78	6.5
c	มีลักษณะของเหลวใส สีเหลืองอ่อน	150	6
d	มีลักษณะของเหลวใส สีเหลือง	100	6.5

จากตารางที่ 4 น้ำมันไบโอดีเซลทั้ง 4 ชนิดที่ได้จากกระบวนการล้าง จะเห็นได้ว่า น้ำมันไบโอดีเซล c มีลักษณะเป็นของเหลวใส เหมือนกับ a, b และ d แต่จะมีสีเหลืองอ่อนกว่าน้ำมันไบโอดีเซล a, b และ d และยังให้ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลที่สกัดได้มากกว่าน้ำมันไบโอดีเซล a, b และ d ส่วนค่าพีเอชที่วัดได้คือ a กับ c มีค่า pH คือ 6 และ b กับ d ค่า pH 6.5 ทำให้น้ำมันไบโอดีเซลทั้ง 4 ชนิดมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในสภาวะที่เป็นกลางซึ่งมีค่า pH ลดลงจากผลิตภัณฑ์น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้ในขั้นตอนที่ 1 แล้วนำน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้ไปตรวจสอบคุณภาพ

### 3.4 การตรวจสอบคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซล

จากกระบวนการล้างน้ำมันไบโอดีเซลเมื่อได้น้ำมันไบโอดีเซลทั้ง 4 ชนิดดังผลการทดลองตารางที่ 4 แล้วนำผลที่ได้มาวัดหาค่าความหนืดของเมทิลเอสเทอร์ โดยใช้เครื่องมือวัดความหนืดใช้ตามมาตรฐาน ASTM ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ผลที่ได้ คือ a = 4.60 เซนติสโตกส์, b = 4.65 เซนติสโตกส์, c = 4.58 เซนติสโตกส์ และ d = 4.73 เซนติสโตกส์ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดลองหาความหนืดของเมทิลเอสเทอร์

ตารางที่ 5.1 การคำนวณหาค่าความหนืด

ชนิดน้ำมัน	อุณหภูมิ	เวลา (วินาที)	ความหนืด (เซนติสโตกส์)
a	80	41.30	4.61
		41.24	4.59
b	80	41.45	4.66
		41.39	4.64
c	80	40.96	4.50
		41.45	4.66
d	80	41.50	4.68
		41.80	4.78

ตารางที่ 5.2 ค่าความหนืดของเมทิลเอสเทอร์ในผลิตภัณฑ์น้ำมันไบโอดีเซล

ชนิดน้ำมัน	อุณหภูมิ	ความหนืด (เซนติสโตกส์)/อัตราการไหลของเมทิลเอสเทอร์ (มิลลิลิตร/วินาที)
a	80	4.60
b	80	4.65
c	80	4.58
d	80	4.73

จากผลการทดลองในตารางที่ 5.2 ค่าความหนืดของเมทิลเอสเทอร์ในน้ำมันไบโอดีเซล ทั้ง 4 ชนิด คือ a , b, c และ d ค่าความหนืดของเมทิลเอสเทอร์เท่ากับ 4.60, 4.65, 4.58 และ 4.73 เซนติสโตกส์ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าน้ำมันไบโอดีเซล c มีค่าความหนืดของเมทิลเอสเทอร์น้อยกว่าน้ำมันไบโอดีเซล a, b และ d ตามลำดับโดยค่าความหนืดที่ได้จากน้ำมันไบโอดีเซลทั้ง 4 ชนิด มีค่าความหนืดไม่ต่ำกว่า 3.5 และไม่สูงกว่า 5.0 เซนติสโตกส์ ซึ่งค่าที่ได้เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐาน ASTM D445

เมื่อได้ผลการทดลองจากตารางที่ 5 การหาค่าความหนืดของเมทิลเอสเทอร์ที่ได้ นำมาหาค่าร้อยละผลิตภัณฑ์ของเมทิลเอสเทอร์ ในน้ำมันไบโอดีเซล a, b, c และ d ค่าความหนืดของเมทิลเอสเทอร์ความหนืด เท่ากับ 4.60, 4.65, 4.58 และ 4.73 เซนติสโตกส์ ค่าร้อยละผลิตภัณฑ์ของเมทิลเอสเทอร์เท่ากับ 99.25, 98.77, 99.45 และ 98.25 ตามลำดับ โดยใช้สมการในการคำนวณ คือ

$$\text{ค่าร้อยละผลิตภัณฑ์} = -45.097 \ln (\text{ความหนืด}) + 168.08$$

จะได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้ตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าร้อยละผลผลิตภัณฑ์ของน้ำมันไบโอดีเซล

ตารางที่ 6.1 การคำนวณค่าร้อยละผลผลิตภัณฑ์ของเมทิลเอสเทอร์

ชนิดน้ำมัน	อุณหภูมิ	ความหนืด (เซนติสโตกส์)	ร้อยละ
a	80	4.60	99.25
b	80	4.65	98.77
c	80	4.58	99.45
d	80	4.73	98.00

ตารางที่ 6.2 ร้อยละผลผลิตภัณฑ์ของเมทิลเอสเทอร์

ชนิดน้ำมัน	อุณหภูมิ	ร้อยละผลผลิตภัณฑ์
a	80	99.25
b	80	98.77
c	80	99.45
d	80	98.00

จากการหาค่าร้อยละผลผลิตภัณฑ์ของเมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันไบโอดีเซลทั้ง 4 ชนิด พบว่าน้ำมันไบโอดีเซล c มีค่าร้อยละผลผลิตภัณฑ์ของเมทิลเอสเทอร์ 99.45 ซึ่งมากกว่าร้อยละผลผลิตภัณฑ์ของเมทิลเอสเทอร์ a = 99.25, b = 98.77 และ d = 98.00 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเมื่อเมทิลเอสเทอร์มีความหนืดต่ำจะได้ค่าร้อยละผลผลิตภัณฑ์มาก แสดงว่าน้ำมันไบโอดีเซลชนิด c หรือน้ำมันเบ็ดอย่างปักกิ่งมีปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลที่ไม่ได้เข้าทำปฏิกิริยาน้อย หรือหมายถึงเกิดปฏิกิริยาได้สมบูรณ์กว่าน้ำมันไบโอดีเซลชนิด a, b นั่นคือ น้ำมันจากเบ็ดอย่างปักกิ่งสามารถผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซลได้ในปริมาณที่มากกว่าน้ำมันจากปาล์มใหม่ (a), น้ำมันปาล์มเก่า (b) และน้ำมันถั่วเหลืองใหม่ (d)

## บทที่ 4

### สรุปและข้อเสนอแนะ

#### 4.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเปิดอย่างปึกกึ่ง (c) โดยทำการเปรียบ เทียบกับน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากน้ำมันที่ใช้ประกอบอาหารอีก 3 ชนิดได้แก่ น้ำมันปาล์มใหม่ (a) น้ำมันปาล์มเก่า (b) และน้ำมันถั่วเหลืองใหม่ (d) หลังจากที่ผ่านมากระบวนการกลั่นน้ำมันไบโอดีเซลเพื่อขจัดตัวเร่งและกลีเซอรอลที่ตกค้างอยู่ในน้ำมันสามารถสรุปผลของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้ดังนี้

1. น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มใหม่ (a) มีลักษณะของเป็นเหลวใส สีเหลือง ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้ 80 มิลลิลิตร ค่าพีเอชเท่ากับ 6 มีสถานะที่เป็นกลาง มีค่าความหนืด 4.60 เซนติสโตกส์ หรือมีค่าร้อยละผลิตรกณฑ์ของเมทิลเอสเทอร์เท่ากับ 99.25

2. น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากน้ำมันปาล์มเก่า (b) มีลักษณะของเป็นเหลวใส สีเหลือง ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้ 78 มิลลิลิตร ค่าพีเอชเท่ากับ 6.5 มีสถานะที่เป็นกลางมีค่าความหนืด 4.73 เซนติสโตกส์ หรือมีค่าร้อยละผลิตรกณฑ์ของเมทิลเอสเทอร์เท่ากับ 98.77

3. น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากน้ำมันปาล์มเปิดอย่างปึกกึ่ง (c) ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้ 150 มิลลิลิตร ค่าพีเอชเท่ากับ 6 มีลักษณะของเหลวใส สีเหลืองอ่อน มีสถานะที่เป็นกลางมีค่าความหนืด 4.58 เซนติสโตกส์ หรือมีค่าร้อยละผลิตรกณฑ์ของเมทิลเอสเทอร์เท่ากับ 99.45 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันปาล์มใหม่

4. น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากน้ำมันถั่วเหลืองเก่า (d) มีลักษณะของเป็นเหลวใส สีเหลือง ปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้ 100 มิลลิลิตร ค่าพีเอช 6.5 มีสถานะที่เป็นกลาง และมีค่าความหนืด 4.65 เซนติสโตกส์ หรือมีค่าร้อยละผลิตรกณฑ์ของเมทิลเอสเทอร์เท่ากับ 98.00

จากผลการทดลองการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเปิดอย่างปึกกึ่งที่ได้ กับน้ำมันที่ใช้ประกอบอาหารอีก 3 ชนิด พบว่า สามารถผลิตน้ำมันไบโอดีเซลได้ในปริมาณค่อนข้างสูง มีค่าความหนืดน้อยทำให้ได้ร้อยละผลิตรกณฑ์ของเมทิลเอสเทอร์มาก มีปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลที่ไม่ได้เข้าทำปฏิกิริยาน้อย หรือหมายถึงเกิดปฏิกิริยาได้สมบูรณ์กว่าน้ำมันปาล์มเก่า และน้ำมันถั่วเหลืองใหม่ จึงทำให้น้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากน้ำมันปาล์มเปิดอย่างปึกกึ่งมีคุณภาพใกล้เคียงกับน้ำมันปาล์มใหม่ และจากค่าความหนืดหรือร้อยละผลิตรกณฑ์ของเมทิลเอสเทอร์ที่ได้

ดังนั้นผู้ทำการวิจัยจึงมีความเห็นว่าการนำน้ำมันปาล์มเปิดอย่างปึกกึ่ง มาผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซล มีความเป็นไปได้อยู่มาก เป็นการเพิ่มมูลค่าและลดปัญหาการกำจัดของเสียอีกทางหนึ่ง สำหรับธุรกิจอุตสาหกรรมอาหาร และควรนำไปทดสอบคุณภาพด้านอื่นๆ เพื่อประกอบการและนำไปใช้จริงต่อไป

#### 4.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำเป็นสเกลใหญ่
2. ควรนำไปตรวจสอบคุณภาพในด้านอื่นๆ ต่อไป เช่น กลีเซอรินอิสระ, กลีเซอรินทั้ง หมัด, โมโนกรีเซอร์, ไดกรีเซอร์, ไตรกรีเซอร์ และน้ำ
3. ควรนำไปทดลองใช้จริงกับรถเครื่องยนต์ดีเซล หรือเครื่องยนต์ทางทะเลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

ไบโอดีเซล . : [http://www.dmr.go.th/adm\\_MFD\\_WEBSITE/Events\\_Biodeisel.htm](http://www.dmr.go.th/adm_MFD_WEBSITE/Events_Biodeisel.htm),  
29 สิงหาคม 2546.

มาตรฐานและวิธีการตรวจสอบคุณสมบัติต่างๆของไบโอดีเซล . กรมธุรกิจพลังงานซึ่งประกาศใน  
ราชกิจจานุเบกษา , 24 สิงหาคม 2548.

ไขมันเป็ด . : <http://www.doae.go.th/library/html/detail/duck/duck2-1.htm#p1>,  
17 ธันวาคม 2548.

คุณสมบัติของไบโอดีเซล . สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย  
: <http://www.tistr.or.th/tistr2006/indexn.php?pages=home>, 12 มกราคม 2550.

บุญชู ภัทรโสภาคย์และเอกพิชญ์ ทรงคุณ. 2546. การสังเคราะห์เมทิลเอสเทอร์จากน้ำมัน  
ปาล์มโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบท่อเล็ก. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า-  
คุณทหารลาดกระบัง.34 น.

การควบคุมคุณภาพไบโอดีเซล . : [http://www.doeb.go.th/law/law\\_notice.html](http://www.doeb.go.th/law/law_notice.html),  
25 ตุลาคม 2548.

อาณัติ ประภาสวัสดิ. 2545. แนวโน้มของอุตสาหกรรมน้ำมันไบโอดีเซลในประเทศ.  
พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ. หน้า 15-17.

เปิด . : <http://th.wikipedia.org/wiki>, 18 ธันวาคม 2549.

การเลี้ยงเป็ด . : <http://www.vet.ku.ac.th/library>, 21 มกราคม 2549.

เอกสารประกอบคำบรรยาย วิชาเคมี ของโครงการส่งเสริมความสามารถพิเศษภาคฤดูร้อน  
Brands's Summer Camp'95 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คุณค่าทางโภชนาการของน้ำมัน .:

<http://www.thaigoodview.com/library/studentshow/st2545/4-5/no12/fatpic.html>, 6 กันยายน 2549.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ของเหลือ (น้ำมันเปิดอย่าง) หลังการผลิตเปิดอย่าง
- มีปริมาณการผลิตทุกวัน (โปรดระบุ).....ลิตร
  - มีปริมาณการผลิต 1 วัน/1 สัปดาห์ (โปรดระบุ).....ลิตร
  - อื่นๆ โปรดระบุ.....
7. 6. ของเหลือ (น้ำมันเปิดอย่าง) ของบริษัทมีการนำไปใช้ประโยชน์หรือไม่
- มี (ตอบคำถามข้อ 8-12)
  - ไม่มี กำจัดโดยการ(โปรดระบุ).....
8. ประเภทผลิตภัณฑ์ที่มีการนำน้ำมันเปิดอย่างมาใช้ประโยชน์ของบริษัท คือ .....
9. ปริมาณการใช้น้ำมันเปิดอย่างของบริษัทในผลิตภัณฑ์ต่อวัน.....
10. ปริมาณการใช้น้ำมันเปิดอย่างของบริษัทในผลิตภัณฑ์มีเพียงพอในการใช้หรือไม่
- เพียงพอต่อปริมาณการใช้
  - ไม่เพียงพอต่อปริมาณการใช้ แก้ไขโดยการ.....
11. ปัญหาที่พบในการใช้น้ำมันเปิดอย่างในผลิตภัณฑ์.....
12. แนวโน้มในการใช้น้ำมันเปิดอย่างในผลิตภัณฑ์ของบริษัทในอนาคต
- ยังใช้ในผลิตภัณฑ์ของบริษัท
  - ยังไม่แน่นอน
  - อื่นๆ โปรดระบุ

\*\*\*\*\*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้