การแยกคืนแอลกอฮอล์ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

Recovery of Alcohol in Biodiesel Production

วศิน กลัดทอง

Wasin Kladtong

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of

Master of Engineering in Chemical Engineering

Prince of Songkla University

2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การแยกคืนแอลกอฮอล์ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

ผู้เขียน นายวศิน กลัดทอง

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชาคริต ทองอุไร)

ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

(ดร.สินีนาฎ จงคง)

คณะกรรมการสอบ

.....**ประธานกรรมการ**

(รองศาสตราจารย์ ดร.กัลยา ศรีสุวรรณ)

.....**กรรมการ**

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชาคริต ทองอุไร)

.....**กรรมการ**

(ดร.สุธรรม สุขมณี)

.....**กรรมการ**

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกฤทธิรา รัตนวิไล)

.....**กรรมการ**

(ดร.สินีนาฎ จงคง)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

.....

(ศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ พงศ์ดารา)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ การแยกคืนแอลกอฮอล์ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล
ผู้เขียน นายวศิน กลัดทอง
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา 2554

บทคัดย่อ

ไบโอดีเซลและเอทานอลซึ่งสามารถใช้เป็นพลังงานทดแทนน้ำมันปิโตรเลียม เป็นผลผลิตที่ได้จากกระบวนการทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน (Transesterification) ซึ่งเป็นการนำน้ำมันพืชมาทำปฏิกิริยากับเมทานอลโดยมีเบส เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาภายใต้อุณหภูมิสูง เมทานอลที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเป็นสารเคมีที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิต จึงมีการหาสภาวะที่เหมาะสมในการเรียกคืนแอลกอฮอล์จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลชนิดเมทิล-เอทิลเอสเตอร์ ด้วยกระบวนการ Flash evaporation พบว่า สภาวะที่เหมาะสม คือ อัตราการป้อนของชั้นเมทิล-เอทิลเอสเตอร์เข้าหน่วยระเหย 18 ลิตรต่อชั่วโมง ในหน่วยระเหยที่ 1 ที่ความดันในการระเหย 7 บาร์ และอัตราการป้อน 15 ลิตรต่อชั่วโมง ในหน่วยระเหยที่ 2 ที่ความดันในการระเหย 15 บาร์ อุณหภูมิของชั้นเมทิล-เอทิลเอสเตอร์ ทางออก คือ 90 องศาเซลเซียส หัวฉีด KB100 และ KB80 ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหยดละออง 90 μm และ 65 μm ตามลำดับ จากสภาวะดังกล่าว ทำให้ร้อยละผลได้ของการเรียกคืนแอลกอฮอล์สูงที่สุด คือ 82.82 โดยความดันในการระเหยมีผลโดยตรงต่อการระเหย รวมทั้งมีผลต่อการเพิ่มพื้นที่ผิวในการระเหยเนื่องจากในสภาวะการทดลองที่ใช้ความดันสูงทำให้ลำของเหลวที่ผ่านหัวฉีดเป็นละอองฝอยมากขึ้นและอุณหภูมิในการระเหยมีผลโดยตรงต่อการเพิ่มพลังงานจลน์ของโมเลกุลแอลกอฮอล์จนมีพลังงานมากพอที่จะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นไอ สรุปได้ว่าตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการเรียกคืนแอลกอฮอล์ ในกระบวนการ Flash evaporation คือ การรักษาสภาวะต่างๆในการดำเนินการ ได้แก่ อัตราการป้อนของชั้นน้ำมัน ความดันที่ใช้ในการระเหย อุณหภูมิที่ทางออก และหัวฉีด ซึ่งถูกควบคุมให้คงที่ตามค่าที่ต้องการศึกษาตลอดช่วงเวลาของการทดลอง

Thesis Title	Alcohol Recovery in Biodiesel Production
Author	Mr. Wasin Gladthong
Major	Chemical Engineering
Academic Year	2011

Abstract

Bio Diesel and Ethanol have been used as petroleum fuel substitutes, derived from transesterification process which is high temperature reaction between vegetable oils and methanol with base catalysts such as Sodium Hydroxide (NaOH) and Potassium Hydroxide (KOH). To reduce production cost of imported Methanol used in reaction, the suitable Flash evaporation techniques were studied for alcohol recovery from Methyl-Ethyl ester Bio Diesel process. The study found that suitable oil flow rate and evaporation pressure conditions are; 18 and 15 liters per hour, 7 bars and 15 bars in experiment set 1 and set 2, while exit oil temperature at 90 degree Celsius, spraying vaporization droplet at 90 and 65 μm by KB100 and KB80 nozzles consecutively. These conditions could yield maximum alcohol recovery at 82.82 % rate. Evaporative pressure directly effects vaporization and evaporative surface expansion in high pressure experiment conditions, it enables finer spray droplets from liquid flowing through nozzles. In addition, evaporative temperature directly effects on kinetic energy incensement of alcohol molecules until it is enough to change status from liquid to vapor. In conclusion, the important factors, affecting to efficiency of alcohol recovery in Flash evaporation process, are continuously keeping proper conditions of oil flow rate, evaporative pressure, exit temperature, and nozzles used in the process.

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัย เรื่อง การแยกคืนแอลกอฮอล์ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลชนิดเมทิล-เอทิลเอสเตอร์ได้รับความร่วมมือที่ดีจากทุกฝ่ายจนทำให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ผู้ศึกษาวิจัยขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ชาคริต ทองอุไร อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.สินินาฎ จงคง และพี่ๆบุคลากรสถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน ที่ให้คำแนะนำแนวทางการศึกษา ตลอดจนตรวจแก้ไขเนื้อหา รูปแบบ ถ้อยคำ ในการจัดทำงานวิจัย มาโดยตลอด และขอขอบพระคุณคณาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิศวกรรมเคมีทุกท่านที่กรุณาประสิทธิ์ประสาทความรู้และประสบการณ์อันมีค่ายิ่งแก่ศิษย์

ขอขอบคุณครอบครัว ที่ได้ให้คำแนะนำ ให้สติและเป็นกำลังใจผู้ศึกษาวิจัยมาโดยตลอด

ท้ายที่สุดนี้ ผู้ศึกษาวิจัยขอมอบคุณค่าและประโยชน์ทางวิชาการอันพึงมีจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้แด่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สถาบันการศึกษาอันทรงคุณค่าและเกื้อหนุนประโยชน์ต่อสังคมส่วนรวมไว้ ณ โอกาสนี้

วศิน กลัดทอง

สารบั ญ

สารบั ญ	หน้า
รายการตาราง	(8)
รายการภาพประกอบ	(9)
บทที ่	
1. บทนำ	1
1.1 บทนำต้นเรื่อง	1
1.2 การตรวจสอบเอกสาร	2
1.2.1 ความรู้เกี่ยวกับไบโอดีเซล	2
1.2.2 การแยกสารด้วยวิธีการระเหย	9
1.2.3 การระเหยแบบแฟลช	11
1.2.4 แก๊สโครมาโตกราฟี	15
1.3 วัตถุประสงค์	17
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	17
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ	18
2. วิ ธี การวิ จั ย	18
2.1 วิธีการดำเนินการ	19
2.2 วัสดุอุปกรณ์	22
2.3 วิธีการวิเคราะห์	34
3. ผลการทดลอง	38
3.1 การทดลองชุดที่ 1	38
3.2 การทดลองชุดที่ 2	42
3.3 การทดลองชุดที่ 3	43
3.4 การทดลองชุดที่ 4	54
การคำนวณหาค่าพลังงานความร้อนจากระบบ flash evaporation	60
4. บทวิ จารณ์	63
5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ	66
บรรณานุกรม	68

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
ภาคผนวก		71
ก.	ข้อมูลเบื้องต้นของสารเคมี	72
ข.	สภาวะการทดลอง	78
ประวัติผู้เขียน		86

รายการตาราง

ตาราง **หน้า**

1 ร้อยละผลได้ของปริมาณแอลกอฮอล์ของหัวฉีดแต่ละชนิด 41

2 เปรียบเทียบร้อยละผลได้ที่ได้จากทฤษฎีและร้อยละผลได้ที่ได้จากการทดลอง ในแต่ละเทคนิคของการวิเคราะห์เมื่อน้ำมันไบโอดีเซลผ่านหน่วยระเหยที่ 1 44

3 เปรียบเทียบร้อยละผลได้ที่ได้จากทฤษฎีและร้อยละผลได้ที่ได้จากการทดลอง ในแต่ละเทคนิคของการวิเคราะห์เมื่อน้ำมันไบโอดีเซลผ่านหน่วยระเหยที่ 2 45

4 เปรียบเทียบร้อยละผลได้ที่ได้จากทฤษฎีและร้อยละผลได้ที่ได้จากการทดลอง ในแต่ละเทคนิคของการวิเคราะห์จากแอลกอฮอล์ทั้งหมดในระบบ 45

5 ร้อยละของแอลกอฮอล์ที่มีอยู่ในน้ำมันไบโอดีเซลจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค แก๊สโครมาโตกราฟีและการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ ในแต่ละตำแหน่ง การดำเนินการ 46

6 ร้อยละของแอลกอฮอล์ที่มีอยู่ในน้ำมันไบโอดีเซลจากกาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ไมโครเวฟในแต่ละตำแหน่งการดำเนินการ 48

7 ร้อยละแอลกอฮอล์ที่เหลือจากการระเหยในแต่ละตำแหน่งด้วยการวิเคราะห์ ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีที่ได้จากการทำ calibration curve 52

8 ร้อยละการแยกคืนแอลกอฮอล์ในแต่ละตำแหน่งโดยใช้การวิเคราะห์ ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีและการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ 55

9 แสดงร้อยละแอลกอฮอล์ที่เหลือจากการระเหยในแต่ละตำแหน่งด้วยการวิเคราะห์ ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีที่ได้จากการทำ calibration curve ในการทดลองที่ 3 57

10 แสดงร้อยละการแยกคืนแอลกอฮอล์ในแต่ละตำแหน่งโดยใช้การผลวิเคราะห์ ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีและการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ 57

11 แสดงการเปรียบเทียบสภาวะที่เหมาะสมในการแยกคืนแอลกอฮอล์จากกระบวนการ ผลิตไบโอดีเซลชนิดเมทิล-เอทิลเอสเตอร์ของยศินทร์ ยางทอง และฐิติพงษ์ รักษ์วงศ์ (2551) กับการทดลองในครั้งนี้ 65

ตาราง **หน้า**

ข-1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับร้อยละผลได้ของของเหลว
ที่สามารถแยกคืนได้ 79
ข-1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอุณหภูมิกับร้อยละผลได้ของของเหลว
ที่สามารถแยกคืนได้ 79
ข-1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของหัวฉีดกับร้อยละผลได้ของของเหลว
ที่สามารถแยกคืนได้ 80
ข-2.1 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความดัน 80
ข-3.1 แสดงผลการดำเนินการทดลองแบบต่อเนื่องโดยใช้หัวฉีดรุ่น KB100 81
ข-3.2 ผลการดำเนินการทดลองแบบต่อเนื่องโดยใช้หัวฉีดรุ่น KB80(บรรยากาศ) 82
ข-3.3 ผลการดำเนินการทดลองแบบต่อเนื่องโดยใช้หัวฉีดรุ่น KB80(สูญญากาศ) 83
ข-4.1 ผลการทดสอบตัวอย่างในแต่ละตำแหน่งของกระบวนการทดลองที่ได้จากจาก
วัดวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Microwave และเทคนิค Gas chromatography 84
ข-4.2 ผลการทดสอบตัวอย่างในแต่ละตำแหน่งของกระบวนการทดลองที่ได้จากจาก
วัดวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Microwave และเทคนิค Calibration curve 84

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ **หน้า**

1 โครงสร้างของไตรกลีเซอไรด์ 3
2 ผังกระบวนการผลิตไบโอดีเซล 5
3 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน 7
4 กระบวนการกำจัดกรดไขมันอิสระด้วยปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชัน 8
5 อัตราการระเหยของเมทานอลในไบโอดีเซล เปรียบเทียบระหว่างไบโอดีเซลดิบ กับไบโอดีเซลที่ผ่านกระบวนการล้างแล้วผสมกับเมทานอล 10
6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระเหยของเมทานอลกับอุณหภูมิของกลีเซอรอล 11
7 การระเหยแบบแฟลชอย่างง่าย 12
8 โอเปอเรชันไลน์บนแผนภาพสมดุล 13
9 องค์ประกอบในการระเหยแบบแฟลช 13
10 กระบวนการ Flash Evaporation 15
11 การแยกสารเนื้อเดียวออกจากกันด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโตกราฟี 16
12 ส่วนประกอบของเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี 17
13 การทดลองชุดที่ 1 19
14 การทดลองชุดที่ 2 21
15 การทดลองชุดที่ 3 21
16 การทดลองชุดที่ 4 22
17 เครื่อง Karl Fisher coulometer 32
18 ส่วนประกอบของเครื่อง Karl Fisher coulometer 33
19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหล และร้อยละผลได้ของแอลกอฮอล์ที่แยกคืนได้ 38

รายการภาพประกอบ(ต่ อ)

ภาพประกอบ **หน้า**

20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดัน
และร้อยละผลได้ของแอลกอฮอล์ที่แยกคืนได้ 39

21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ
และร้อยละผลได้ของแอลกอฮอล์ที่แยกคืนได้ 40

22 ลักษณะทางกายภาพของน้ำมันไบโอดีเซลที่ยังไม่ผ่านการทดลอง 40

23 การเปรียบเทียบน้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่านกระบวนการระเหยแบบ flashฯ 41

24 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราการไหลจากการทดลอง 42

25 การคำนวณดุลมวลสารจากค่าการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ 47

26 การคำนวณดุลมวลสารจากค่าการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี 51

27 Calibration curve ของความสัมพันธ์ระหว่างค่าการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊ส
โครมาโตกราฟีกับค่าการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ 56

28 การคำนวณดุลมวลสารโดยการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ 58

29 การคำนวณดุลมวลสารจากการทำ calabration curve 59

30 กระบวนการ Flash Evaporation ในการทดลองของยศินทร์ ยางทอง
และฐิติพงษ์ รักษ์วงศ์ 63

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อภาคอุตสาหกรรมและการขนส่งในประเทศไทย ในภาวะราคาน้ำมันปิโตรเลียมสูงขึ้นอย่างมาก ส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้นและกระทบต่อการพัฒนาของประเทศ แหล่งปิโตรเลียมที่มีอย่างจำกัดและจำเป็นต้องสำรวจและขุดเจาะเพิ่มขึ้นด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัยมากขึ้น แนวโน้มราคาน้ำมันจึงสูงขึ้นเรื่อยๆ นอกจากนี้ปริมาณความต้องการและการใช้น้ำมันที่เพิ่มขึ้น ส่งผลเสียต่อสภาวะแวดล้อม ทำให้ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของปัญหาโลกร้อน เกิดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึ่งเป็นสาเหตุของฝนกรดและปัญหาสุขภาพของสิ่งมีชีวิต และเขม่าจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ทำลายระบบทางเดินหายใจ และเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของราคาน้ำมันดิบที่มีค่าขึ้นลงไม่แน่นอน ประกอบกับปริมาณน้ำมันปิโตรเลียมในปัจจุบัน ซึ่งลดน้อยลงมากสวนทางกับปริมาณความต้องการใช้น้ำมันปิโตรเลียมที่กลับเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทำให้มีการวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนเพื่อใช้ทดแทนพลังงานจากน้ำมันปิโตรเลียม ที่เป็นทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดสิ้นไป

ปัจจุบันประเทศไทยต้องหาแหล่งพลังงานทดแทนพลังงานจากปิโตรเลียมที่กำลังจะหมดไป พลังงานทดแทนหมายถึงพลังงานจากแหล่งอื่นๆที่สามารถใช้แทนแหล่งเชื้อเพลิงฟอสซิล แบ่งตามแหล่งที่ได้ เป็น 2 ประเภท คือ พลังงานสิ้นเปลืองเป็นพลังงานทดแทนจากแหล่งที่ใช้แล้วหมดไป ได้แก่ ถ่านหิน แก๊สธรรมชาติ หินน้ำมัน เป็นต้น และพลังงานหมุนเวียนเป็นพลังงานทดแทนจากแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วสามารถหมุนเวียนมาใช้ได้อีก ได้แก่ แสงอาทิตย์ ลม น้ำ เป็นต้น และที่ได้รับการกล่าวถึงมากที่สุดในตอนนี้ คือไบโอดีเซลและเอทานอล ซึ่งผลิตเป็นพลังงานทดแทนน้ำมันและช่วยลดการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศและยังเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับภาคการเกษตรอีกด้วย

ไบโอดีเซลและเอทานอลเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่สามารถใช้เป็นพลังงานทดแทนน้ำมันปิโตรเลียม โดยไบโอดีเซลเป็นผลผลิตที่ได้จากการนำน้ำมันพืช ไขมันสัตว์ชนิดต่างๆหรือน้ำมันที่ใช้ในการปรุงอาหารแล้ว มาแปรสภาพโดยผ่านกระบวนการทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน (Transesterification) ซึ่งเป็นการนำน้ำมันพืชมาทำปฏิกิริยากับเมทานอลโดยมีเบสซึ่งได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาภายใต้อุณหภูมิสูง เพื่อให้ได้เมทิลเอสเตอร์ของกรดไขมัน (Fatty acid methyl ester) แต่เนื่องจากเมทานอลที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเป็นสารเคมีที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้นเพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิตจึงมีการใช้เอทานอลบางส่วนทดแทนการใช้เมทานอลทั้งหมดในการทำปฏิกิริยาดังกล่าว โดยที่เอทานอลเป็นสารเคมีที่สามารถผลิตได้จากผลผลิตทางการเกษตรภายในประเทศ ซึ่งในกระบวนการผลิตได้มาจากการนำแป้งจากพืช เช่น มันสำปะหลังหรือธัญพืชมาย่อยให้ได้เป็นน้ำตาล หรือใช้น้ำตาลที่ได้จากพืช เช่น กากน้ำตาลหรือน้ำอ้อย โดยน้ำตาลที่ได้จากกระบวนการต่างๆจะถูกนำมาหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์แล้วผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ได้เป็นเอทานอลซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายเมทานอล

เป็นที่ทราบโดยทั่วไปว่าการใช้เอทานอลเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน (Transesterification) จนเกิดเอทิลเอสเตอร์นั้นจะเกิดปฏิกิริยาช้ากว่าการใช้เมทานอลซึ่งจะเกิดเมทิลเอสเตอร์ แต่ในกระบวนการทำปฏิกิริยาผลิตเมทิลเอสเตอร์นั้นมักจะเกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมเนื่องจากเมทานอลก่อให้เกิดพิษต่อสิ่งแวดล้อมและยังเป็นสารเคมีที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้นเพื่อลดปัญหาดังกล่าว จึงมีการวิจัยและพัฒนาการใช้เมทานอลผสมเอทานอลในสัดส่วนต่างๆผลิตเป็นเมทิล-เอทิลเอสเตอร์

ในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน เมทานอลและเอทานอลที่ใช้จะมีสัดส่วนโดยโมลเป็น 5 ต่อ 1 ซึ่งเป็นปริมาณแอลกอฮอล์ตั้งต้นในการเข้าทำปฏิกิริยาเกินพอ แอลกอฮอล์ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาจำนวนหนึ่งจะปะปนออกมากับผลผลิต ดังนั้นเพื่อลดการสูญเสียแอลกอฮอล์และปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม จึงมีแนวคิดในการแยกคืนแอลกอฮอล์ออกจากผลผลิต โดยในการวิจัยนี้จะทำการศึกษาถึงสัดส่วนของเมทานอลและเอทานอลที่ถูกใช้ในการทำปฏิกิริยาและสัดส่วนของเมทานอลและเอทานอลที่เรียกคืนได้จากกระบวนการ พร้อมทั้งศึกษาถึงความเป็นไปได้ของกระบวนการต่างๆ รวมทั้งตัวแปรและสภาวะที่เหมาะสมในการแยกคืนแอลกอฮอล์ออกจากกระบวนการดังกล่าว เพื่อนำผลจากการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ชนิดเมทิล-เอทิลเอสเตอร์ต่อไป

1.2 การตรวจเอกสาร

1.2.1 ความรู้เกี่ยวกับไบโอดีเซล

ไบดีเซลเป็นที่รู้จักมานานแล้วในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 แอฟริกาใต้ใช้น้ำมันพืชขับเคลื่อนเครื่องยนต์แต่ในช่วงนั้นน้ำมันปิโตรเลียมยังหาง่ายและราคาถูก จึงไม่ได้รับความสนใจ จนในปี พ.ศ. 2513 เกิดวิกฤติการณ์น้ำมัน หน่วยงานในภาครัฐรวมทั้งสถาบันต่างๆของกลุ่มประเทศผู้ใช้น้ำมันจึงได้ทำการวิจัยและพัฒนาเชื้อเพลิงชนิดนี้ จนกระทั่งผลิตในเชิงพาณิชย์ได้

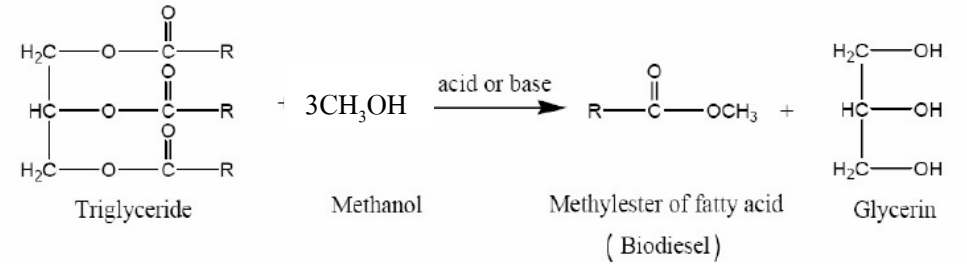
ไบโอดีเซลเป็นพลังงานทดแทนจากนำมันพืชเพื่อใช้ทดแทนนำมันดีเซล มีชื่อทางเคมีคือ เอสเตอร์ (Ester) โดยการเรียกชื่อจะขึ้นอยู่กับชนิดของแอลกอฮอล์ ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา เช่น ถ้าใช้เมทิลแอกอฮอล์ในการทำปฏิกิริยา จะเรียก เมทิลเอสเตอร์ เป็นต้น

ปฏิกิริยาเพื่อให้ได้สารเอสเตอร์ มี 2 กระบวนการด้วยกัน ได้แก่

1). Esterification ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้กรดเป็นสารเร่งปฏิกิริยา

2). Transesterification ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ใช้ด่างเป็นสารเร่งปฏิกิริยา

กระบวนการทางเคมีเพื่อเปลี่ยนให้มีสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล คือ ปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน (Transesterification) ของไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ที่มีอยู่ในน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์กับเอทานอลหรือเมทานอล โดยกรดหรือเบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาภายใต้อุณหภูมิสูง เพื่อเปลี่ยนโครงสร้างของไตรกลีเซอไรด์ให้อยู่ในรูปของเอทิลเอสเตอร์ (Ethyl ester) หรือ เมทิลเอสเตอร์ (Methyl ester)



ภาพประกอบที่ 1 โครงสร้างของไตรกลีเซอไรด์และปฏิกิริยา Transesterrification

ที่มา : โครงการการจัดทำระบบฐานข้อมูลพลังงานเพื่อการวิเคราะห์และวางแผนยุทธศาสตร์พลังงานของประเทศ
(http://www.thaienergydata.in.th/econtent/upload_pic/_**1194573266**.pdf)

การเรียกชื่อ ขึ้นกับชนิดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา เช่น เมทิลเอสเตอร์ เป็นเอสเตอร์ที่ได้จากการใช้เมทานอลเป็นสารในการทำปฏิกิริยา หรือ เอทิลเอสเตอร์ เป็นเอสเตอร์ที่ได้จากการใช้เอทานอล เป็นสารในการทำปฏิกิริยา เป็นต้น

ไบโอดีเซลโดยทั่วไปหมายถึงไบโอดีเซลบริสุทธิ์ จะใช้สัญลักษณ์ B100 หมายถึงน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีไบโอดีเซลอย่างเดียว แต่ถ้าเป็นไบโอดีเซลผสมจะใช้สัญลักษณ์ BXX หมายถึงเชื้อเพลิงที่ประกอบด้วยไบโอดีเซลร้อยละ XX และดีเซลร้อยละ 100-XX เช่น B20 หมายถึง น้ำมันเชื้อเพลิงที่ประกอบด้วยไบโอดีเซลร้อยละ 20 ผสมกับน้ำมันดีเซลร้อยละ 80

ไบโอดีเซลในประเทศไทย

สำหรับประเทศไทยเริ่มมีการวิจัยประมาณ พ.ศ. 2524 โดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) ศึกษาวิจัยการใช้น้ำมันถั่วเหลืองและเอสเตอร์ของน้ำมันปาล์มมาเป็นพลังงานทดแทน ผลการวิจัยพบว่าน้ำมันถั่วเหลืองมีความหนืดสูงทำให้เครื่องยนต์ติดยาก สะดุด การสันดาปไม่สมบูรณ์ และมีตระกรันขาวในถังน้ำมันมาก

ต่อมามีการทดลองใช้เอสเตอร์ของน้ำมันปาล์มที่เรียกว่า FAME (Fatty acid Methyl Ester) กับเครื่องยนต์ดีเซล พบว่าน้ำมันที่ได้มีความหนืดใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล และในปี พ.ศ. 2543 เกิดวิกฤตการณ์น้ำมัน ทำให้ประเทศไทยเริ่มตื่นตัวและวิจัยเรื่องพลังงานทดแทนอีกครั้ง และ พ.ศ. 2544 ชาวบ้านอำเภอทับสะแก ร่วมมือกันพัฒนาและผลิตไบโอดีเซลด้วยน้ำมันมะพร้าว เป็นผลสำเร็จสามารถเปิดสถานีจำหน่ายน้ำมันไบโอดีเซลเป็นแห่งแรกในประเทศไทย และจำหน่ายให้แก่เกษตรกรเพื่อใช้ทดแทนน้ำมัน

ไบโอดีเซลแบบเอสเตอร์

ไบโอดีเซลประเภทนี้ต้องผ่านกระบวนการแปรรูป ด้วยกระบวนการทางเคมีที่เรียกว่า ทรานส์เอสเตอริฟิเคชั่น (Transesterification) คือ การนำเอาน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์ที่มี

กรดไขมันไปทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์โดยใช้กรดหรือด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้ได้ไบโอดีเซลชนิดเอสเตอร์นี้มีคุณสมบัติที่เหมือนกับน้ำมันดีเซลมากที่สุด ทำให้ไม่มีปัญหากับเครื่องยนต์ เราสามารถนำมาใช้กับรถยนต์ได้ แต่ปัญหาที่จะมีก็คือต้นทุนการผลิตที่แพงนั่นเอง

ข้อดีของไบโอดีเซลแบบเอสเตอร์ คือค่าซีเทน (Cetane ค่าดัชนีการจุดติดไฟ) สูงกว่าน้ำมันดีเซล นั่นคือจุดติดไฟได้ง่ายกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้การจุดระเบิดทำได้ดี การสันดาปการเผาไหม้สมบูรณ์ คาร์บอนมอนอกไซด์ก็เลยน้อย ไม่มีควันดำและซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกสู่สิ่งแวดล้อม และความหนืดคงที่

ข้อเสียคือต้นทุนสูงกว่าไบโอดีเซลแบบอื่นๆ เครื่องยนต์ให้กำลังต่ำกว่าน้ำมันดีเซล มีการสร้างแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (NOx) เพิ่มขึ้น แล้วก็อาจต้องดัดแปลงส่วนประกอบของเครื่องยนต์ที่เป็นยาง (rubber) ซึ่งอาจถูกทำลายโดยไบโอดีเซล แต่สามารถใช้กับเครื่องยนต์รอบสูงอย่างรถยนต์ได้

ไบโอดีเซล ชนิดเมทิล-เอทิลเอสเตอร์

เป็นผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลชนิดใหม่ที่สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมันได้นำเสนอในงาน ม.อ.วิชาการ ประจำปี 2551 ซึ่งจะผลิตเพื่อจำหน่ายแทนไบโอดีเซล ชนิด เมทิลเอสเตอร์

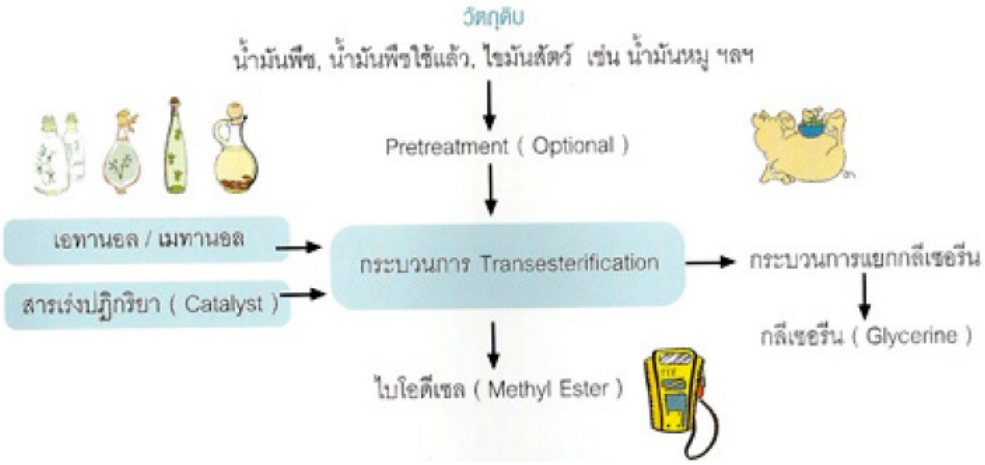
ความแตกต่างของไบโอดีเซล ชนิดเมทิล-เอทิลเอสเตอร์กับไบโอดีเซล ชนิด เมทิลเอสเตอร์ คือ ไบโอดีเซลชนิดเมทิล-เอทิลเอสเตอร์ใช้แอลกอฮอล์ผสมระหว่างเมทานอลกับเอทานอลเข้าทำปฏิกิริยากับ น้ำมัน/ไขมัน แทนการใช้เมทานอลเพียงอย่างเดียว

การคิดค้นผลิตไบโอดีเซล ชนิดเมทิล-เอทิลเอสเตอร์นี้ มีสาเหตุมาจากความต้องการยึดแนวทางการพึ่งพาตนเองและการเตรียมการรองรับการเปลี่ยนแปลงในอนาคต เพราะไบโอดีเซล ชนิด เมทิลเอสเตอร์ต้องใช้เมทานอล ซึ่งผลิตจากปิโตรเลียม และจะมีแนวโน้มราคาที่สูงขึ้นในอนาคต แต่เอทานอลสามารถผลิตจากพืช และประเทศไทยสามารถผลิตได้เองโดยในอนาคตราคาเอทานอลน่าจะมีแนวโน้มที่ต่ำกว่าเมทานอลอย่างแน่นอน

อย่างไรก็ตาม แม้จะมีการคาดการณ์ว่าเอทานอลจะมีราคาที่ต่ำกว่าเมทานอลในอนาคต แต่ก็ยังไม่สามารถใช้เอทานอล 100% มาผลิตเป็นไบโอดีเซลได้ เพราะในปัจจุบันเอทานอลยังมีราคาสูง ทำให้ต้นทุนการผลิตระดับอุตสาหกรรมสูง ดังนั้นจึงใช้เอทานอลมาทดแทนเพียงบางส่วนเท่านั้น

ทั้งนี้ เมทิล-เอทิลเอสเตอร์ เป็นไบโอดีเซลที่ยังไม่มีการรับรองตามมาตรฐานเชื้อเพลิงทดแทนจากกรมธุรกิจพลังงาน แต่สามารถใช้ได้กับเครื่องยนต์ดีเซล โดยเปิดให้ทดลองใช้บริการตั้งแต่ 17 สิงหาคม 2551 ที่ผ่านมา โดยสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารีเสด็จเป็นองค์ประธานในพิธีเปิด

ขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซล



ภาพประกอบที่ 2 ผังกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

ที่มา : โครงการการจัดทำระบบฐานข้อมูลพลังงานเพื่อการวิเคราะห์และวางแผนยุทธศาสตร์พลังงานของประเทศ
(http://www.thaienergydata.in.th/econtent/upload_pic/_1194573266.pdf)

น้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์เป็นสารประกอบพวกไตรกลีเซอรีน มีธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนเป็นองค์ประกอบในโครงสร้างโมเลกุล ส่วนน้ำมันดีเซลมีเฉพาะธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ ไม่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ น้ำมันพืชจึงมีโครงสร้างโมเลกุลแตกต่างจากน้ำมันดีเซล ทำให้น้ำมันทั้งสองประเภทมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีแตกต่างกันอย่างมาก เช่น น้ำมันพืชมีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าและมีความหนืดมากกว่าน้ำมันดีเซลประมาณ 10 เท่า ทำให้ฉีดน้ำมันเป็นฝอยได้ยากเป็นปัญหาในการป้อนน้ำมันเชื้อเพลิงและเกิดการสันดาปไม่สมบูรณ์ อีกทั้ง น้ำมันพืชระเหยเป็นไอได้น้อยกว่าน้ำมันดีเซลมาก ทำให้เกิดการ จุดระเบิดได้ยาก เครื่องยนต์สตาร์ทติดยาก และหลงเหลือเป็นคราบเขม่าที่หัวฉีด ฯลฯ ทำให้น้ำมันพืช

ไม่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซลได้โดยตรง ต้องใช้ไบโอดีเซลที่ผลิตได้จากการนำน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ที่ผ่านกระบวนการทางเคมีแล้ว เพื่อให้โครงสร้างโมเลกุลเล็กลงกว่าน้ำมันพืช และมีคุณสมบัติใกล้เคียงน้ำมันดีเซล การทำปฏิกิริยาของน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์กับแอลกอฮอล์ที่มีปริมาณมากเกินพอ เช่น เมทานอล โดยใช้กรดหรือด่างเป็นสารเร่งปฏิกิริยา เรียกว่าปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน(Transesterification) กระบวนการนี้จะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำมัน เช่น ความหนืด ฯลฯ ให้เหมาะสมกับการใช้งานของเครื่องยนต์ดีเซล

ปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน ประกอบด้วยปฏิกิริยา 3 ขั้นตอน คือ

1. น้ำมันพืชหรือไตรกลีเซอร์ไรด์ทำปฏิกิริยากับเมทานอล (CH_3OH) เกิดเป็นเมทิลเอสเตอร์หรือไบโอดีเซลกับไดกลีเซอไรด์

2. ไดกลีเซอไรด์ทำปฏิกิริยากับเมทานอลเกิดเป็นเมทิลเอสเตอร์กับโมโนกลีเซอไรด์

3. โมโนกลีเซอไรด์ทำปฏิกิริยากับเมทานอลเกิดเป็นเมทิลเอสเตอร์กับกลีเซอรอล

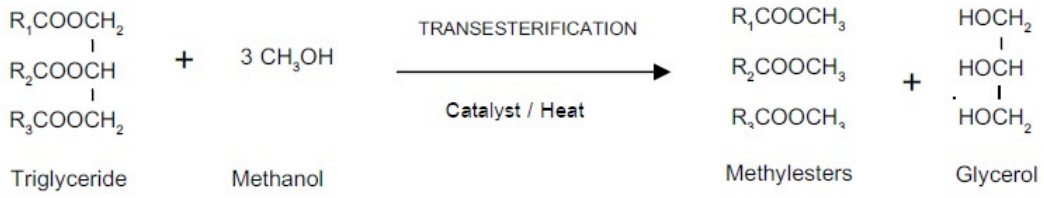
ดังนั้นกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจะต้องคำนึงถึงการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชั่นได้อย่างสมบูรณ์ซึ่งจะสามารถควบคุมปริมาณไตรกลีเซอร์ไรด์ , ไดกลีเซอไรด์ และ โมโนกลีเซอไรด์ไม่ให้หลงเหลือในชั้นผลผลิตไบโอดีเซลมากเกินมาตรฐานกำหนด อีกทั้งต้องกำจัดสารเร่งปฏิกิริยา แยกแอลกอฮอล์ที่มีมากเกินพอและกลีเซอรีนที่เหลืออยู่ออกได้หมด เพื่อให้ได้ไบโอดีเซลที่มีคุณภาพตามมาตรฐานกำหนด สามารถจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้ พร้อมทั้งได้ผลผลิตสูงสุดและเกิดการสูญเสียน้อยที่สุด ทำให้ต้นทุนในการผลิตต่ำสุด สามารถแข่งขันในด้านราคาในตลาดได้

เทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซลในเชิงพาณิชย์ ได้แก่

1. เทคโนโลยีการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Batch technology) เป็นเทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซลแบบไม่ต่อเนื่อง โดยป้อนน้ำมันเข้าเครื่องแบบถังกวนตามด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ละลายในเมทานอล ตัวเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้มากที่สุด คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ รองลงมา คือ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ภายใต้การกวนอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้น้ำมัน ตัวเร่งปฏิกิริยาและแอลกอฮอล์ผสมเข้ากัน เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาจึงหยุดกวน เพื่อให้กลีเซอรอลที่เกิดขึ้นแยกตัวออกจากผลิตภัณฑ์น้ำมัน และลดการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ จากนั้นแยกชั้นเมทิลเอสเตอร์และกลีเซอรอลออกจากกัน ต่อมาแยกแอลกอฮอล์ออกจากชั้นกลีเซอรอลและชั้นเมทิลเอสเตอร์และทำเมทิลเอ

สเตอร์ให้เป็นกลางด้วยกรด ล้างด้วยน้ำอุ่น ตามด้วยสารละลายกรดเจือจางเพื่อกำจัด เมทานอลและเกลือที่เหลืออยู่ และทำให้แห้ง ถ่ายผลิตภัณฑ์เมทิลเอสเตอร์สุดท้ายที่ได้เข้าสู่ถังเก็บ ส่วนกลีเซอรอลจะถูกทำให้เป็นกลางและล้างด้วยน้ำ เทคโนโลยีนี้ต้นทุนถูกแต่คุณภาพผลิตภัณฑ์ไม่สม่ำเสมอ และมีกำลังการผลิตต่อครั้งไม่มากนัก

2. เทคโนโลยีการผลิตแบบต่อเนื่องด้วยวิธีทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน (Continuous Transesterification Technology) เป็นเทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซลโดยเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ไปเป็นโมโนอัลคิลเอสเตอร์ (mono-alkyl ester) และกลีเซอรอล โดยทำปฏิกิริยากับเมทานอล ดังสมการภาพประกอบที่ 3



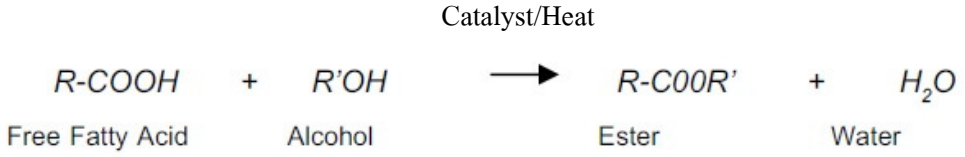
ภาพประกอบที่ 3 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน

ที่มา : กรมธุรกิจพลังงาน (2553)

โรงงานผลิตไบโอดีเซลในเชิงพาณิชย์ส่วนใหญ่มักใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบส เพราะตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบสจะเร่งปฏิกิริยาได้เร็วกว่า ใช้ปริมาณเมทานอลน้อยกว่า และใช้ระยะเวลาสั้นกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรด ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยจึงถูกกว่า เบสที่นิยมใช้คือโซเดียมไฮดรอกไซด์ เนื่องจากราคาถูกกว่าโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ แต่กระบวนการนี้ไม่เหมาะกับวัตถุดิบที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระสูง เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาเบสจะทำปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน (saponification) กับกรดไขมันอิสระเกิดเป็นสบู่ขึ้น และทำให้ผลได้ (yield) ของไบโอดีเซลลดลง เทคโนโลยีนี้มีการลงทุนสูงกว่าแบบไม่ต่อเนื่อง แต่คุณภาพผลิตภัณฑ์ดีกว่า และมีกำลังการผลิตสูงกว่า

3. เทคโนโลยีการผลิตแบบต่อเนื่องที่ใช้ทั้ง วิธีเอสเตอริฟิเคชันและทรานส์เอสเตอริฟิเคชันเป็นเทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซล 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรก เป็นปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชัน

และขั้นตอนที่สองเป็นปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน กระบวนการนี้สามารถใช้ได้กับวัตถุดิบหลายชนิดรวมทั้งน้ำมันที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระสูง เช่น ไขมันสัตว์ น้ำมันพืชใช้แล้ว เป็นต้น โดยในขั้นแรกเป็นกระบวนการทำเอสเตอริฟิเคชันของน้ำมันพืชด้วยแอลกอฮอล์ โดยมีกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เปลี่ยนกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในน้ำมันให้เป็นเอสเตอร์และน้ำก่อน ดังสมการ



ภาพประกอบที่ 4 กระบวนการกำจัดกรดไขมันอิสระด้วยปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชัน
ที่มา : กรมธุรกิจพลังงาน (2553)

เนื่องจากในปฏิกิริยานี้มีน้ำเกิดขึ้นเป็นผลิตภัณฑ์ร่วม กรดจะรวมตัวกับน้ำอยู่ด้านล่างของเครื่อง ทำให้สูญเสียตัวเร่งปฏิกิริยาและการเร่งปฏิกิริยาลดลง จึงจำเป็นต้องแยกน้ำออกโดยการระเหย การปล่อยให้แยกหรือการปั่นเหวี่ยง น้ำที่ถูกแยกออกจะเป็นของผสมของน้ำและเมทานอล จากนั้นทำเมทิลเอสเตอร์ให้เป็นกลางด้วยเบส และทำให้แห้ง ไตรกลีเซอไรด์และเมทิลเอสเตอร์ที่ได้จากขั้นตอนนี้ผ่านเข้ากระบวนการทรานส์เอสเตอริฟิเคชันเป็นขั้นที่สอง โดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เทคโนโลยีนี้ได้ผลผลิตมากกว่าสองประเภทแรก แต่หากวัตถุดิบมีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงมากๆ กระบวนในขั้นตอนแรกจะใช้เวลามากขึ้นส่งผลให้ต้นทุนการผลิตต่อเนื่องของไบโอดีเซลสูงขึ้นด้วย

วัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล

น้ำมันพืชและไขมันสัตว์ทุกชนิดสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบผลิตไบโอดีเซลได้ แต่มีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นไบโอดีเซลได้แตกต่างกัน การเลือกน้ำมันพืชชนิดใดเป็นวัตถุดิบในการผลิตต้องพิจารณาถึงราคา ปริมาณ องค์ประกอบและความสามารถในการให้ผลผลิตในน้ำมันของพืชชนิดนั้นๆ รวมทั้งความเหมาะสมของปริมาณการปลูกพืชน้ำมันในพื้นที่นั้นด้วย ประเทศ

ต่างๆ จึงใช้วัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลแตกต่างกันไป เช่น สเปนและฝรั่งเศสใช้ เรพสีด (rape seed) และทานตะวัน อิตาลีและสหรัฐอเมริกาใช้ถั่วเหลือง ออสเตรเลียใช้น้ำมันที่ใช้แล้ว เยอรมนีใช้น้ำมันที่ใช้แล้ว และเรพสีด มาเลเซียใช้ปาล์มน้ำมัน เป็นต้น

ประเทศไทยมีผลผลิตทางการเกษตรที่เป็นพืชน้ำมันที่สามารถนำมาผลิต ไบโอดีเซลหลายชนิด ได้แก่ ปาล์มน้ำมัน มะพร้าว สบู่ดำ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ทานตะวัน ละหุ่ง และงา โดยปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีปริมาณผลผลิตในแต่ละปีสูงที่สุด รองลงมาคือมะพร้าว ถั่วเหลือง เป็นต้น ให้ผลผลิตต่อไร่สูงสุดและต้นทุนในการผลิตต่ำที่สุด ดังนั้น เมื่อพิจารณาถึงความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์แล้ว น้ำมันปาล์มเป็นพืชน้ำมันที่มีศักยภาพในการเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมไบโอดีเซล เนื่องจากมีค่าไอโอดีนซึ่งเป็นดัชนีที่บอกถึงปริมาณพันธะคู่ที่มีอยู่ในโครงสร้างของน้ำมันพืชต่ำ (14.1-21.0) มีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบน้อย สามารถเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรซ์ได้ นอกจากนี้น้ำมันปาล์มยังมีค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงน้ำมันดีเซล (0.898 กรัมต่อมิลลิลิตร) จึงเหมาะสมในการนำมาใช้ในการผลิตไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์

การผลิตไบโอดีเซลสามารถใช้น้ำมันที่ได้จากทุกส่วนของปาล์มน้ำมันมาเป็นวัตถุดิบ เช่นน้ำมันปาล์มดิบ น้ำมันเมล็ดในปาล์ม น้ำมันปาล์มโอลีน ปาล์มสเตียรีน เป็นต้น แต่ในการผลิตในเชิงพาณิชย์ต้องพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ จึงนิยมใช้น้ำมันปาล์มดิบและปาล์มสเตียรีนเป็นวัตถุดิบ เนื่องจากใช้น้ำมันปาล์มโอลีนในการบริโภค และใช้น้ำมันเมล็ดในปาล์มเป็นวัตถุดิบในการผลิตสารโอลิโอเคมีและเครื่องสำอาง

1.2.2 การแยกสารด้วยวิธีการระเหย

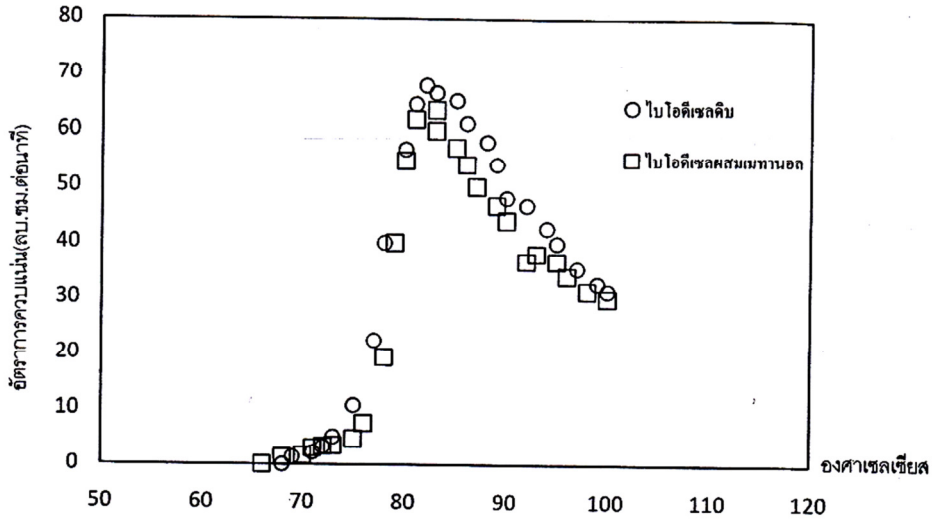
การระเหย (Evaporation) คือ กระบวนการที่ของเหลว เช่น น้ำเปลี่ยนสภาพธรรมชาติเป็นแก๊ส โดยไม่จำเป็นต้องมีอุณหภูมิถึงจุดเดือดเป็นกระบวนการตรงกันข้ามกับการกลั่น โดยทั่วไปเราสามารถรับรู้ถึงการระเหยได้ สังเกตดูจากน้ำที่ค่อยๆ หายไปทีละน้อย เมื่อมันกลายเป็นไอน้ำ โดยการที่โมเลกุลของของเหลวจะระเหยได้จะต้องเป็นโมเลกุลที่อยู่บนพื้นผิว อยู่ในทิศทางที่เหมาะสม และมีพลังงานจลน์ภายในมากพอที่จะเปลี่ยนสภาวะจากของเหลวเป็นแก๊ส เนื่องจากการระเหยจะเกิดบนพื้นผิวด้านบนจึงทำให้อัตราการเกิดการระเหยมีน้อย ซึ่งการที่โมเลกุลจะมีพลังงานจลน์ได้ก็ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของมัน กระบวนการระเหยจะเกิดเร็วขึ้นเมื่ออยู่ในอุณหภูมิ

ที่สูง เมื่อโมเลกุลได้กระจายตัวออกไปกับการระเหย โมเลกุลที่เหลือจะมีพลังงานจลน์โดยเฉลี่ยลดลงเรื่อยๆ และอุณหภูมิจะลดลงตามไปด้วย ปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่า การเย็นลงโดยการระเหย

การระเหยของเมทานอลในไบโอดีเซล

นิโอะ ปูซู (2552) ได้ทำการศึกษาลักษณะและอัตราการระเหยของเมทานอลในไบโอดีเซลและกลีเซอรอลโดยวิธีควบแน่น พบว่าลักษณะการระเหยของเมทานอลจะเป็นไปตาม Raoult's law โดยอัตราการระเหยของเมทานอลที่ระเหยได้ในแต่ละอุณหภูมิของของเหลวจะขึ้นอยู่กับสัดส่วนโมลของเมทานอลในของเหลวนั้นๆ ซึ่งในแต่ละอุณหภูมิจะมีจุดสมดุลระหว่างสถานะทำให้อัตราการระเหยออกของไอเมทานอลจากผิวของเหลวเท่ากับอัตราการควบแน่นเข้าไปในของเหลวนั้นอีกครั้ง จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า

1). ในการศึกษาอัตราการระเหยของเมทานอลในไบโอดีเซล เปรียบเทียบระหว่างไบโอดีเซลดิบกับไบโอดีเซลที่ผ่านกระบวนการล้างแล้วผสมกับเมทานอล จำนวน 40 เปอร์เซ็นต์ของเมทานอลส่วนเกิน ปรากฏผลการทดลองในภาพประกอบที่ 5



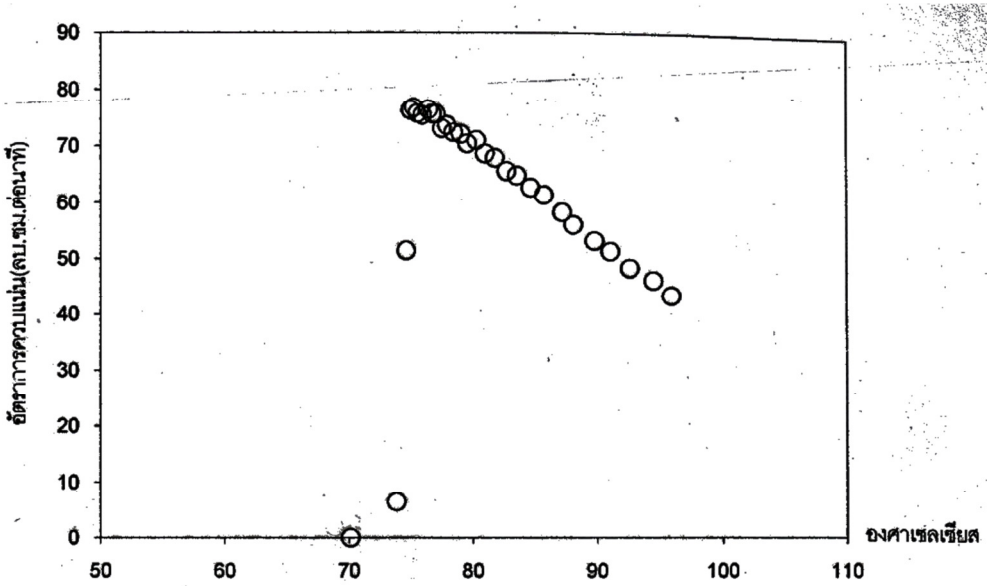
ภาพประกอบที่ 5 อัตราการระเหยของเมทานอลในไบโอดีเซล เปรียบเทียบระหว่างไบโอดีเซลดิบกับไบโอดีเซลที่ผ่านกระบวนการล้างแล้วผสมกับเมทานอล

ที่มา : นิโอะ ปูซู (2552)

1.1) ผลการทดลองในไบโอดีเซลที่ผ่านกระบวนการล้างแล้วซึ่งมีตัวเร่งปฏิกิริยา และเมทานอลผสมอยู่น้อยมาก เมื่อนำมาผสมกับเมทานอล จำนวน 40 เปอร์เซ็นต์ของเมทานอลส่วนเกิน (3.7 ลิตร) เมทานอลที่มีจุดเดือด 64.7 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศจะเริ่มควบแน่นที่อุณหภูมิของไบโอดีเซล 67 องศาเซลเซียส ในช่วง 20 นาทีแรก อุณหภูมิของไบโอดีเซลจะอยู่ที่ 67-78 องศาเซลเซียส อัตราการระเหยของเมทานอลจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ แต่หลังจากช่วงนี้อัตราการระเหยของเมทานอลจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และเมื่อถึงอุณหภูมิ 82 องศาเซลเซียส อัตราการระเหยของเมทานอลจะมีค่าสูงสุดโดยหลังจากนี้อัตราการระเหยจะลดลงอย่างต่อเนื่อง และเมื่ออุณหภูมิของไบโอดีเซลเท่ากับ 100 องศาเซลเซียส ปริมาณของเมทานอลที่ควบแน่นได้ทั้งหมด จะเท่ากับ 2,347 ลูกบาศก์เซนติเมตรโดยใช้เวลา 75 นาที

1.2 ผลการทดลองในไบโอดีเซลดิบ เมทานอลเริ่มควบแน่นที่อุณหภูมิ 68 องศาเซลเซียส และเมื่ออุณหภูมิไบโอดีเซลเท่ากับ 82 องศาเซลเซียส อัตราการระเหยของเมทานอลจะมีค่าสูงสุด และหลังจากนี้อัตราการระเหยจะลดลงอย่างต่อเนื่อง จนถึงอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ดังภาพประกอบที่ 7 และเมื่ออุณหภูมิของไบโอดีเซลเท่ากับ 100 องศาเซลเซียส ปริมาณของเมทานอลที่ควบแน่นได้ทั้งหมด 2,568 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใช้เวลา 66 นาที

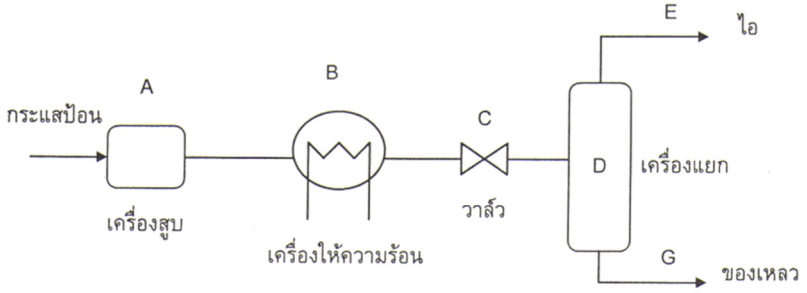
2. ในการศึกษาอัตราการระเหยของเมทานอลในกลีเซอรีน พบว่า เมทานอลเริ่มควบแน่นที่อุณหภูมิประมาณ 69 ถึง 71 องศาเซลเซียส อัตราการระเหยจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ แต่หลังจากอุณหภูมิประมาณ 73 องศาเซลเซียส จะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีค่าสูงสุดที่ช่วง 75 ถึง 77 องศาเซลเซียส อัตราการระเหยของเมทานอลในแต่ละช่วงเวลา 3 นาที ในช่วงอุณหภูมิ 75 ถึง 83 องศาเซลเซียส มีค่าใกล้เคียงกัน โดยจะลดลงอย่างช้าๆหลังจากผ่านช่วงสูงสุด ใช้เวลาทั้งหมด 84 นาที ตั้งแต่เริ่มควบแน่น ปริมาณเมทานอลสะสมเท่ากับ 5.309 ลิตร



ภาพประกอบที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระเหยของเมทานอลกับอุณหภูมิของกลีเซอรอล
ที่มา : นิโอะ ปูซู (2552)

1.2.3 การระเหยแบบแฟลช (Flash evaporation)

การระเหยแบบแฟลช เป็นการระเหยแบบทันทีทันใด โดยที่อาศัยความแตกต่างของความดันจากความดันสูงไปสู่ความดันต่ำ สารผสมเหลวส่วนหนึ่งถูกทำให้กลายเป็นไอซึ่งมีองค์ประกอบอยู่ในสภาพสมดุล (equilibrium) กับองค์ประกอบของเหลวที่เหลือ จากนั้นก็จะทำการแยกไอออกไปทำการควบแน่นต่อไป



ภาพประกอบที่ 7 การระเหยแบบแฟลชอย่างง่าย
ที่มา : ชาคริต ทองอุไร (2544)

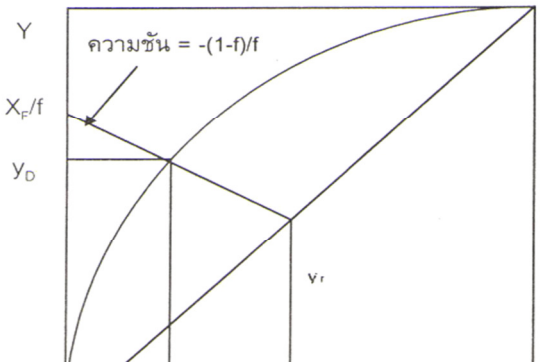
ภาพประกอบที่ 7 แสดงถึงกรรมวิธีการระเหยแบบแฟลชอย่างง่าย โดยสารผสมเหลวที่จะทำการแยกถูกสูบผ่านเครื่องสูบ A เข้าเครื่องให้ความร้อน (heater) B จากนั้นจะถูกนำไปลดความดันโดยวาล์ว C ส่วนผสมของไอและของเหลวจะถูกแยกออกจากกันโดยเครื่องแยก D โดยอาศัยหลักการสมดุลของไอ และของเหลวในเครื่องแยก D ไอที่ออกจากท่อ E จะสมดุลกับของเหลวที่ออกทางท่อ G

ถ้าต้องการระเหยสารผสมทวิภาคโดยสมมติให้สารป้อน (feed) เท่ากับ 1 โมล , แฟรกชันเชิงโมล (mole fraction) ของสารที่ระเหยได้ง่ายกว่าเท่ากับ xF และให้ f เป็น แฟรกชันโมลแลล (molal fraction) ของสารป้อนที่กลายเป็นไอ ดังนั้น แฟรกชันโมลแลลของสารป้อนที่เป็นของเหลวจะเท่ากับ 1-f ให้ yD และ xB เป็นแฟรกชันเชิงโมลของสารที่ระเหยง่ายกว่าของไอและของเหลวตามลำดับ จากการสร้างสมการดุลมวลสาร (material balance) ของสารที่ระเหยง่ายกว่าโดยมีฐานการคำนวณ (basis) เท่ากับ 1 โมลของสารป้อน จะได้

$$x_F = fy_D + (1-f)x_B \qquad (1)$$

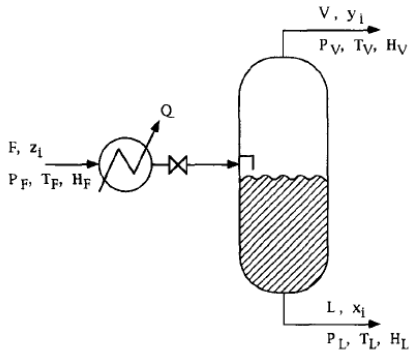
เพื่อให้สังเกตได้ชัดขึ้น จะแทนค่า yD และ xB ด้วย y และ x เพื่อนำไปใช้กับแผนภาพสมดุล (equilibrium diagram) และจากการจัดสมการใหม่เราจะได้

$$y = -\frac{1-f}{f}x + \frac{x_F}{f} \qquad (2)$$



ภาพประกอบที่ 8 โอเปอเรชันไลน์บนแผนภาพสมดุล
ที่มา : ชาคริต ทองอุไร (2544)

เมื่อนำค่าของสมการ (2) มาแสดงบนแผนภาพสมดุลเราจะได้เส้นตรงที่มีความชัน (slop) เท่ากับ –(1-f)/f เส้นตรงนี้เราจะเรียกได้ว่าเป็นโอเปอเรชันไลน์ (operation line) ซึ่งจะตัดเส้นโค้งสมดุล (equilibrium curve) ที่ตำแหน่ง x = xB และ y = yD และเส้นโอเปอเรชันไลน์นี้จะตัดเส้นทะแยงมุมที่ตำแหน่ง y = x = xF สำหรับทุกๆค่าของ f



ภาพประกอบที่ 9 องค์ประกอบในการระเหยแบบแฟลช
ที่มา : ชาคริต ทองอุไร (2544)

สามารถดุลมวลรวมจากสมการ

$$F = L + V$$

โดยที่

F = กระแสป้อนเข้า

L = กระแสเฟสของเหลว

V = กระแสเฟสของไอ

ดุลองค์ประกอบจากสมการ

$$z_i F = x_i L + y_i V$$

โดยที่

$$x_i = \frac{z_i}{1 + (V/F)(K_i - 1)}$$

$$y_i = \frac{z_i K_i}{1 + (V/F)(K_i - 1)}$$

และทำการหาสัดส่วนของเฟสไอต่อกระแสป้อนเข้าจากสมการ

$$f(V/F) = \sum_{i=1}^{c} \frac{z_i[1 - K_i]}{1 + (V/F)[K_i - 1]} = 0$$

โดยที่

z_i = องค์ประกอบของสารในกระแสป้อนเข้า

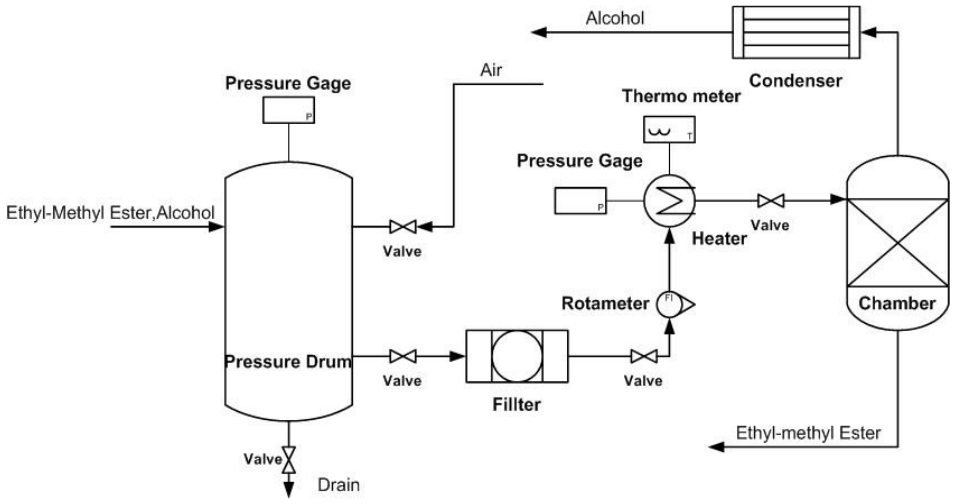
x_i = องค์ประกอบของสารในกระแสเฟสของเหลว

y_i = องค์ประกอบของสารในกระแสเฟสของไอ

K_i= ค่าความสามารถในการระเหยของสาร

จากสมการข้างต้นนี้สามารถนำไปสู่การหา mass transfer ซึ่งสามารถนำไปใช้คำนวณหาปริมาณของกระแสออกแต่ละกระแสได้

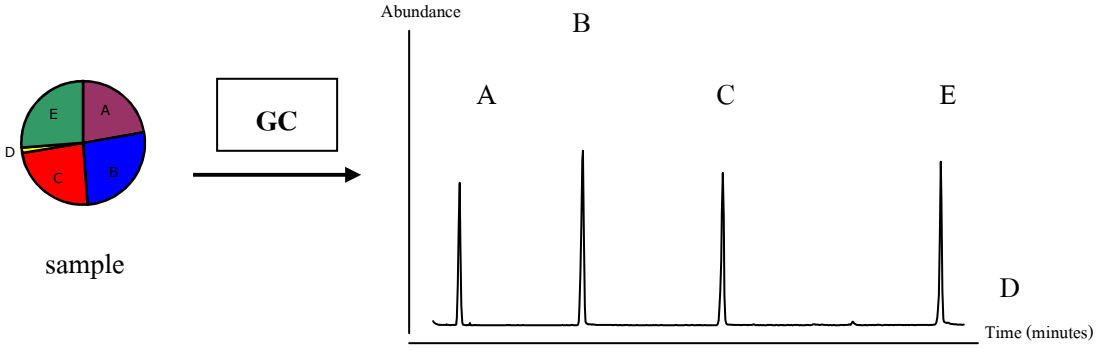
ยศินทร์ ยางทอง และฐิติพงษ์ รักษ์วงศ์ (2551) ได้ศึกษาการแยกคืนแอลกอฮอล์จากน้ำมันไบโอดีเซลชนิดเมทิล-เอทิลเอสเตอร์ และปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการแยกคืนแอลกอฮอล์โดยวิธีการระเหยแบบ Flash (Flash evaporation) โดยในการทดลองจะทำการป้อนน้ำมันไบโอดีเซลด้วยอัตราการไหล 18 ลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งมีสภาวะการดำเนินการทดลองที่ความดันที่ใช้ในการระเหยเท่ากับ 5, 6 และ 7 บาร์ และใช้อุณหภูมิในการระเหยเท่ากับ 70, 80 และ 90 องศา-เซลเซียส จากการทดลองพบว่าความดันและอุณหภูมิในการแยกคืนแอลกอฮอล์ที่เหมาะสมคือที่ความดัน 7 บาร์ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส โดยสามารถแยกคืนแอลกอฮอล์จากชั้นน้ำมันไบโอดีเซลได้ประมาณร้อยละ 82.82



ภาพประกอบที่ 10 กระบวนการ Flash Evaporation
ในการทดลองของการทดลองของยศินทร์ ยางทอง และฐิติพงษ์ รักษ์วงศ์

1.2.4 แก๊สโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography)

เป็นเทคนิคการแยกสารเนื้อเดียวออกจากกัน โดยอาศัยหลักการว่าสารแต่ละชนิดมีความสามารถ ในการละลายและถูกดูดซับต่างกันจึงทำให้สารแต่ละชนิดแยกออกจากกันได้ โดยตัวอย่างที่จะนำเข้าสู่ระบบจะต้องสามารถระเหยกลายเป็นไอได้และมีความเสถียรเมื่อถูกความร้อน ตัวอย่างที่เป็นไอจะถูกพาด้วยแก๊สเฉื่อย (mobile phase)ไปยังคอลัมน์ (stationary phase) เพื่อทำการแยกสารออกจากกัน สารที่แยกได้จะถูกบันทึก เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป



Gas Chromatogram

ภาพประกอบที่ 11 การแยกสารเนื้อเดียวออกจากกันด้วยเทคนิคก๊าซโครมาโตกราฟี

ที่มา : http://cyberclass.msu.ac.th

ชนิดของแก๊ส โครมาโตกราฟี

สามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิดตามชนิดของ stationary phase ดังนี้

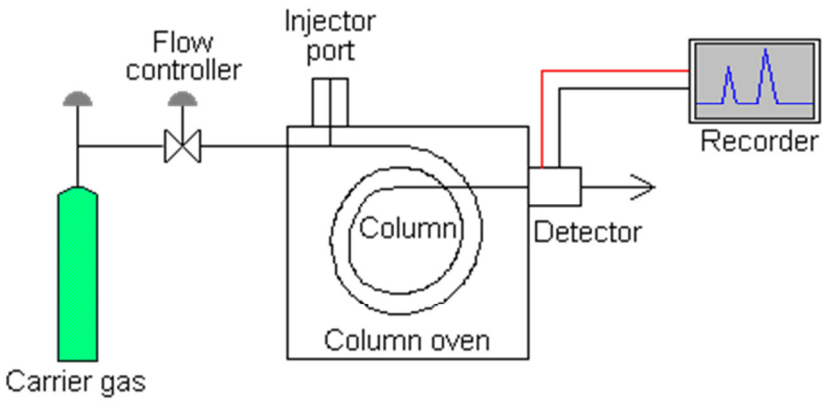
1. Gas-Liquid : stationary phase เป็นของเหลวที่ถูกดูดซับอยู่บนของแข็ง Gas-Solid : stationary phase เป็นของแข็ง มักใช้วิเคราะห์ atmospheric gases (O_2, N_2, Ar, CO_2, H_2S, CO)

2. Gas-Bonded Phase : stationary phase เป็นสารอินทรีย์ที่สร้างพันธะกับพื้นผิวของแข็ง

ปัจจัยที่มีผลต่อการแยกสาร

1. Flow rate ของ carrier gas (mobile phase)
2. อุณหภูมิที่สารตัวอย่างจะระเหยเป็นไอ
3. Polarity ของคอลัมน์
4. ชนิดของ Detector

เครื่องมือ



ภาพประกอบที่ 12 ส่วนประกอบของเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี

ที่มา : http://cyberclass.msu.ac.th

1.3 วัตถุประสงค์

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1.3.1 ปรับปรุงเครื่องระเหยแบบ Flash evaporation เพื่อให้สามารถแยกคืนแอลกอฮอล์ได้ปริมาณที่เพิ่มขึ้น

1.3.2 ศึกษาถึงสภาวะที่เหมาะสมในการเรียกคืนแอลกอฮอล์จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลชนิดเมทิล-เอทิลเอสเตอร์ด้วยกระบวนการ Flash evaporation

1.3.2 ศึกษาจุดคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1.4.1 แก้ไข ปรับปรุง และพัฒนาอุปกรณ์ flash evaporation ให้มีประสิทธิภาพในการแยกคืนแอลกอฮอล์สูงขึ้น

1.4.2 วิเคราะห์หาตัวแปรที่เหมาะสมซึ่งส่งผลถึงอัตราส่วนของแอลกอฮอล์ที่เรียกคืนได้ของกระบวนการแยกด้วยกรรมวิธี flash evaporation

- ความดันก่อน flash มีค่าระหว่าง 5, 6 และ 7 บาร์
- อุณหภูมิที่ใช้ในการ flashมีค่า 80, 90 และ 100 องศาเซลเซียส
- อัตราการไหลของสารตั้งต้นในกระบวนการ 18, 20 และ 25 ลิตร/ชั่วโมง
- ลักษณะหัวฉีด

1.4.3 วัดและวิเคราะห์อัตราส่วนของแอลกอฮอล์ที่ผ่านการแยกด้วยกรรมวิธี flash evaporation ด้วยเทคนิค Microwave และ เทคนิค Gas chromatography

1.4.4 ทำการพัฒนาจากกระบวนการแบบกะเป็นกระบวนการแบบต่อเนื่อง

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.5.1 ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในการดำเนินกระบวนการ Flash evaporation

1.5.2 ลดต้นทุนในการผลิตไบโอดีเซลและปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมด้วยการแยกคืนแอลกอฮอล์จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

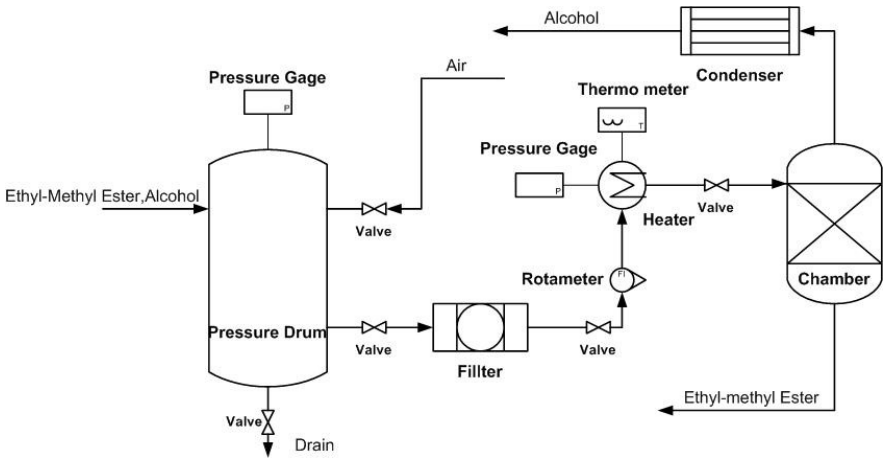
1.5.3 สามารถออกแบบกระบวนการที่สามารถใช้ในเชิงพาณิชย์ได้

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

2.1 วิธีดำเนินการ

ในการศึกษาถึงสภาวะที่เหมาะสมในการเรียกคืนแอลกอฮอล์จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลชนิดเมทิล-เอทิลเอสเตอร์ด้วยกระบวนการ Flash evaporation โดยการทดลอง 4 ชุด ดังนี้



ภาพประกอบที่ 13 หน่วยระเหยที่ 1 การหาสภาวะที่เหมาะสมด้วยกระบวนการ Flash evaporation

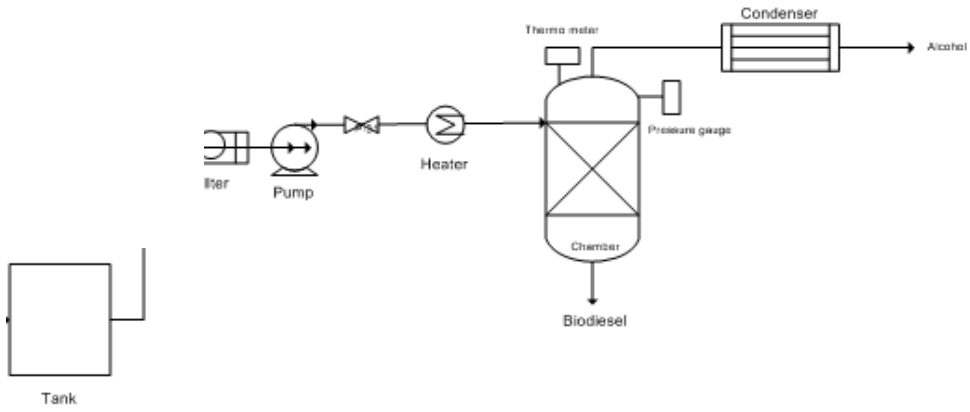
การทดลองชุดที่ 1 หาสภาวะที่เหมาะสมในการเรียกคืนแอลกอฮอล์ โดยทำการเตรียมน้ำมันไบโอดีเซลที่ยังไม่ผ่านกระบวนการระเหยแอลกอฮอล์ โดยบรรจุในถังอัดความดันครั้งละ 15 ลิตรต่อหนึ่งสภาวะการทดลอง

ทำการอัดอากาศลงไปในถังเพื่อให้ความดัน โดยทำการทดลองที่สภาวะต่างๆดังนี้ คือ ที่ความดัน 5 , 6 และ 7 บาร์ตามลำดับ จากนั้นน้ำมันจะไหลผ่านตัวกรองที่ได้มาจากชิ้นส่วน

ของรถยนต์ ซึ่งทำหน้าที่กรองของเสียและน้ำที่ยังปะปนอยู่ในน้ำมันไบโอดีเซลออกแล้วผ่านไปยังโรตามิเตอร์ซึ่งทำหน้าที่วัดอัตราการไหลของน้ำมันโดยจะกำหนดค่าอัตราการไหลในการทดลองที่สภาวะต่างๆดังนี้ คือ 18, 20 และ 25 ลิตรต่อชั่วโมง แล้วส่งต่อไปยัง ฮีตเตอร์เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่น้ำมันไบโอดีเซลก่อนทำการระเหยแบบแฟลชโดยจะทำการทดลองที่สภาวะต่างๆดังนี้ คือ ที่อุณหภูมิ (ใน chamber) 80, 90 และ 100 องศาเซลเซียส จากนั้นน้ำมันก็จะไหลเข้าหัวฉีดซึ่งหัวฉีดก็จะแบ่งเป็น 3 ลักษณะซึ่งมีความแตกต่างกันในขนาดของหัวฉีด ดังนี้ คือ หัวฉีดย่าฆ่าแมลง, หัวฉีด KB100 และ หัวฉีด KB80 เพื่อทำการพ่นน้ำมันไบโอดีเซลให้เป็นละลองซึ่งแยกออกเป็น 2 เฟส คือ แอลกอฮอล์และน้ำมันไบโอดีเซล โดยแอลกอฮอล์จะอยู่ในสภาวะแก๊สซึ่งจะเคลื่อนที่ไปยังชุดควบแน่น (condenser) เพื่อให้แอลกอฮอล์ที่มีสภาวะแก๊สกลายเป็นของเหลวออกมา ส่วนน้ำมันไบโอดีเซลก็จะตกลงสู่ก้นถัง (chamber) และไหลเข้าสู่ถังเก็บต่อไป

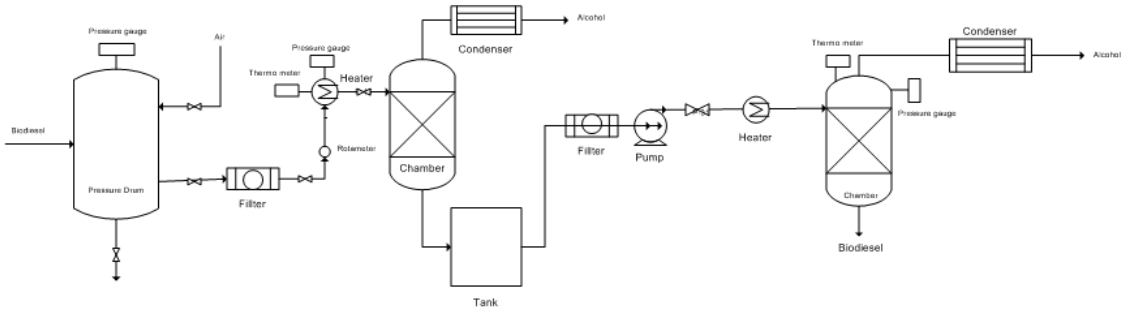
การทดลองชุดที่ 2 เป็นการหาสภาวะที่เหมาะสมในการเรียกคืนแอลกอฮอล์โดยการจัดเตรียมน้ำมันไบโอดีเซลที่ไม่ผ่านกระบวนการระเหยแอลกอฮอล์ในถังเก็บประมาณ 20 ลิตร จากนั้นต่อท่อของปั๊มกับถังเก็บน้ำมันเข้าด้วยกันเพื่อให้ปั๊มป้อนน้ำมันเข้าสู่ชุดการทดลองโดยใช้สภาวะความดันที่ 15 บาร์ เนื่องจากหน่วยระเหยที่ 1 ใช้ระบบถังความดันซึ่งได้ความดันมาจากเครื่องอัดอากาศ (air compressor) ซึ่งมีข้อจำกัดสูงสุดอยู่ที่ 7 บาร์ ดังนั้นเมื่อผลการทดลองแสดงผลว่าความดันที่สูงขึ้นมีผลทำให้การแยกคืนแอลกอฮอล์มีผลได้สูงขึ้น จึงได้สร้างระบบ flash evaporator ขึ้นใหม่ โดยใช้ปั๊มความดันสูงที่ดัดแปลงมาจากปั๊มน้ำมันเครื่องยนต์ดีเซล แต่ชุดการทดลองนี้จะไม่สามารถควบคุมอัตราการไหลของน้ำมันไบโอดีเซลในกระบวนการได้ จึงทำการเก็บปริมาณของน้ำมันไบโอดีเซลทางออกเทียบกับเวลาเพื่อคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำมันไบโอดีเซลในระบบแทน

จากนั้นน้ำมันก็จะผ่านไปยังฮีตเตอร์(heater) เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่น้ำมันไบโอดีเซลโดยใช้สภาวะอุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียส แล้วส่งต่อไปยังหัวฉีด KB80 เพื่อทำการแยกน้ำมันกับแอลกอฮอล์ออกจากกัน โดยแอลกอฮอล์จะมีสภาวะเป็นแก๊สจะไหลเข้าสู่ชุดควบแน่น (condenser) เพื่อเปลี่ยนสถานะจากแก๊สเป็นของเหลวต่อไป ส่วนน้ำมันไบโอดีเซลก็จะตกลงสู่ก้นถัง(chamber) แล้วไหลสู่ทางออก โดยจะนำน้ำมันไบโอดีเซลไปวัดหาปริมาณแอลกอฮอล์ที่ยัง



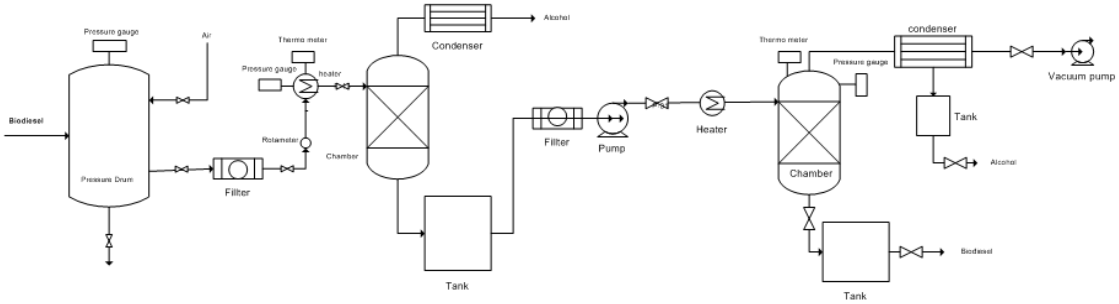
ภาพประกอบที่ 14 หน่วยระเหยที่ 2 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการเรียกคืนแอลกอฮอล์ โดยการควบคุมอัตราการไหล ความดัน อุณหภูมิ และหัวฉีด

การทดลองชุดที่ 3 ทำการต่อหน่วยระเหยที่ 1 และหน่วยระเหยที่ 2 เข้าด้วยกัน เพื่อที่จะทำการทดลองแบบต่อเนื่อง 2 หน่วยระเหย โดยคาดว่าจะมีประสิทธิภาพการแยกคืนแอลกอฮอล์จากน้ำมันไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น โดยหน่วยระเหยที่ 1 ดำเนินการทดลองภายใต้สภาวะความดัน 7 บาร์ อัตราการไหล 18 ลิตรต่อชั่วโมง อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส และใช้หัวฉีด KB100 และหน่วยระเหยที่ 2 ดำเนินการทดลองภายใต้สภาวะความดัน 15 บาร์โดยอาศัยการสร้างความดันจากปั๊มมีอัตราการไหล 15 ลิตรต่อชั่วโมง อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส และใช้หัวฉีด KB80 จากนั้นจึงทำการเก็บแอลกอฮอล์ที่ได้และนำน้ำมันไบโอดีเซลที่ทางออกไปวิเคราะห์ต่อไป



ภาพประกอบที่ 15 การทดลองชุดที่ 3 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการเรียกคืนแอลกอฮอล์ด้วยกระบวนการระเหยแบบ flash แบบต่อเนื่อง 2 หน่วยระเหย

การทดลองชุดที่ 4 ทำการต่อหน่วยระเหยที่ 1 และหน่วยระเหยที่ 2 เข้าด้วยกันแต่ทำการติด vacuum pump เพิ่มที่หน่วยระเหยที่ 2 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแยกคืนแอลกอฮอล์จากน้ำมันไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น โดยหน่วยระเหยที่ 1 ดำเนินการทดลองภายใต้สภาวะความดัน 7 บาร์ อัตราการไหล 18 ลิตรต่อชั่วโมง อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส และใช้หัวฉีด KB100 และหน่วยระเหยที่ 2 ดำเนินการทดลองภายใต้สภาวะความดัน 15 บาร์โดยอาศัยการสร้างความดันจากปั๊ม มีอัตราการไหล 15 ลิตรต่อชั่วโมง อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส และใช้หัวฉีด KB80 จากนั้นจึงทำการเก็บแอลกอฮอล์ที่ได้และนำน้ำมันไบโอดีเซลที่ทางออกไปวิเคราะห์ต่อไป



ภาพประกอบที่ 16 การทดลองชุดที่ 4 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการเรียกคืนแอลกอฮอล์ด้วยกระบวนการระเหยแบบ flash แบบต่อเนื่อง 2 หน่วยระเหยโดยมีการติด vacuum pump

2.2 วัสดุอุปกรณ์

วัสดุ

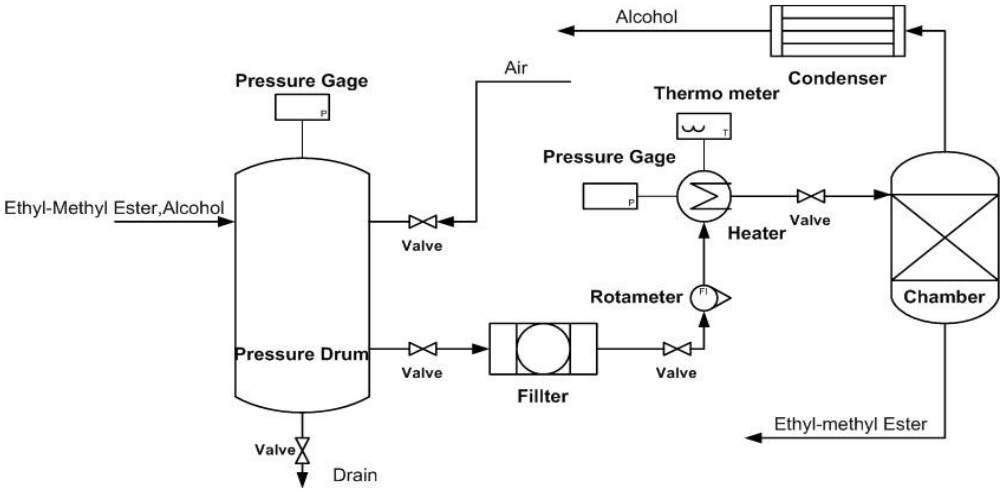
วัตถุดิบ : 1. น้ำมันไบโอดีเซลเมทิล-เอทิลเอสเตอร์

2. น้ำมันไบโอดีเซลเมทิลเอสเตอร์

โดยวัตถุดิบเริ่มต้นมีแอลกอฮอล์ 5.34% โดยน้ำหนัก

อุปกรณ์

1. ชุดเครื่องมือในการทดลองชุดที่ 1



ประกอบด้วย

1.1 ถังความดัน โดยทำการออกแบบให้สามารถทนความดันได้ 12 เท่าบรรยากาศ ลักษณะถังเป็นถังทรงกระบอก ฝาถังรูปไข่ 2 ด้าน มีความจุประมาณ 30 ลิตร ซึ่งทำจากเหล็กกล้าความหนา 6 มิลลิเมตร

1.2 ตัวกรองน้ำมันเป็นอะไหล่ของรถยนต์ทั่วไปทำหน้าที่กรองสิ่งสกปรกในน้ำมันเครื่องยนต์ดีเซลที่มีขายตามท้องตลาด

1.3 ระบบวัดอัตราการไหลโดยในการทดลองนี้ได้ใช้ rotameter เป็นเครื่องมือวัดอัตราการไหล ซึ่งสามารถทนความดันในช่วง 10-30 บาร์

1.4 เครื่องให้ความร้อน ใช้เครื่องให้ความร้อนแบบระบบปิดที่มีกำลัง 1 กิโลวัตต์ ในการเพิ่มความร้อนแก่น้ำมันในระบบ

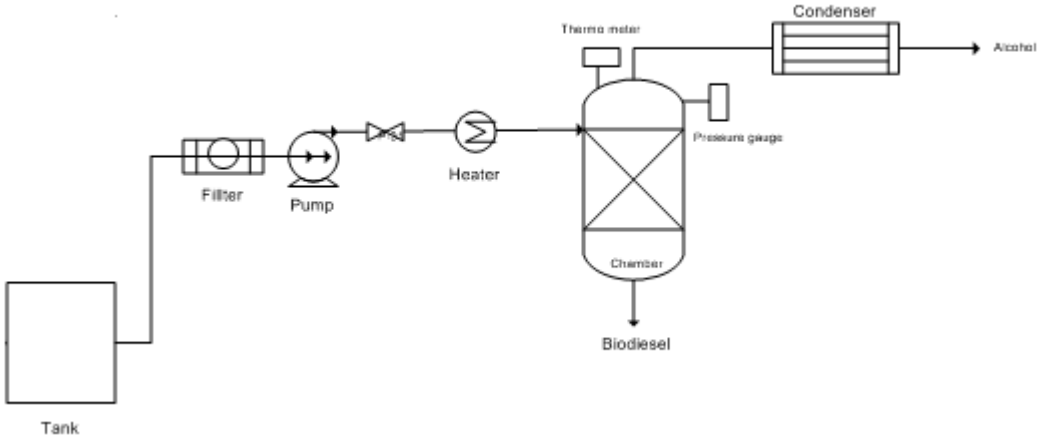
1.5 ระบบควบคุมความร้อน ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิทางออกของน้ำมันใน chamber

1.6 หัวฉีด ติดตั้งอยู่บริเวณทางออกของน้ำมันใน chamber ทำหน้าที่พ่นละอองเพิ่มพื้นที่ผิวการระเหยแก่น้ำมัน ทดลองกับหัวพ่นยาฆ่าแมลง, KB80 และ KB100 สามารถใช้ได้กับความดัน 7 บาร์ อัตราการไหล 33.3 ลิตรต่อชั่วโมง โดยมีองศาในการพ่นละออง 80 องศา

1.7 ถัง chamber ประยุกต์จากถังไนโตรเจนเหลว โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 cm

1.8 เครื่องควบแน่นติดตั้งอยู่ทางออกด้านบนของ chamber ทำหน้าที่ควบแน่นไอแอลกอฮอล์ โดยมีน้ำไหลหล่ออยู่ภายในท่อและไอระเหยไหนในภายในเครื่องควบแน่น

2. ชุดเครื่องมือในการทดลองชุดที่ 2



ประกอบด้วย

2.1 เครื่องยนต์ดีเซล 1600 cc

2.2 ตัวกรองน้ำมัน

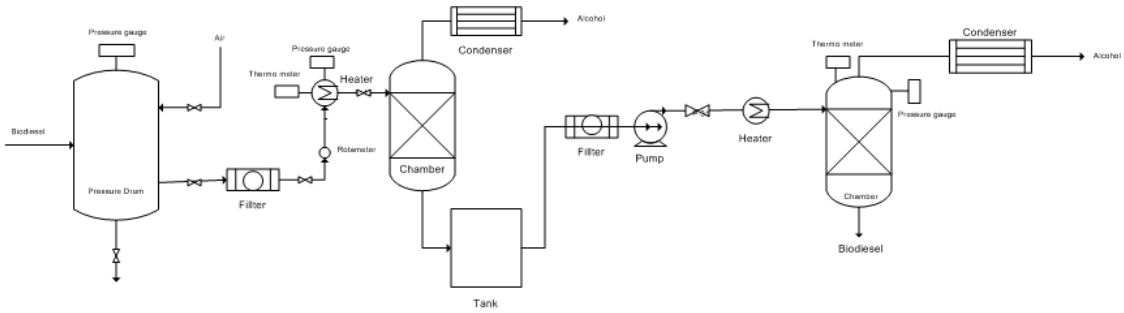
2.3 ระบบให้ความร้อน (heater) 1 กิโลวัตต์

2.4 หัวฉีด

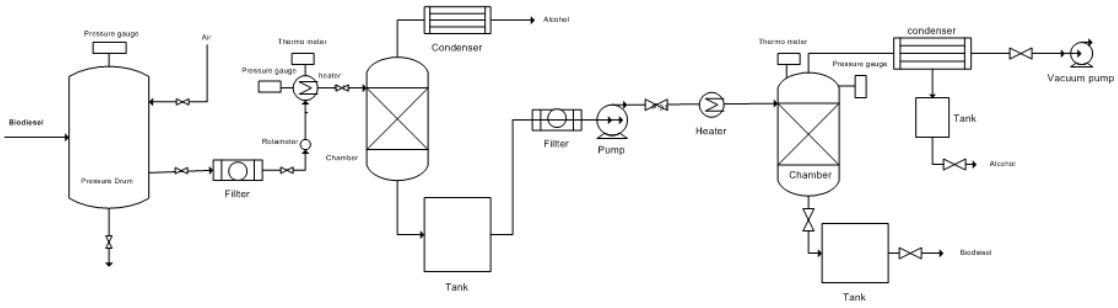
2.5 ถัง chamber

2.6 เครื่องควบแน่น (condenser)

3. ชุดเครื่องมือในการทดลองชุดที่ 3 เป็นการต่อชุหน่วยระเหยที่ 1 และหน่วยระเหยที่ 2 เข้าด้วยกัน



4. ชุดเครื่องมือในการทดลองชุดที่ 4 เป็นการต่อหน่วยระเหยที่ 1และหน่วยระเหยที่ 2 เข้าด้วยกันภายใต้การดำเนินการแบบสุญญากาศ



โดยมีการทำการติดตั้งชุดอุปกรณ์เพิ่มในชุดการทดลองที่ 2 ดังนี้

4.1 ทำการติดตั้ง Vacuum pump หลังชุด Condenser

4.2 ทำการติดตั้งถังเก็บแอลกอฮอล์ที่ Condenser

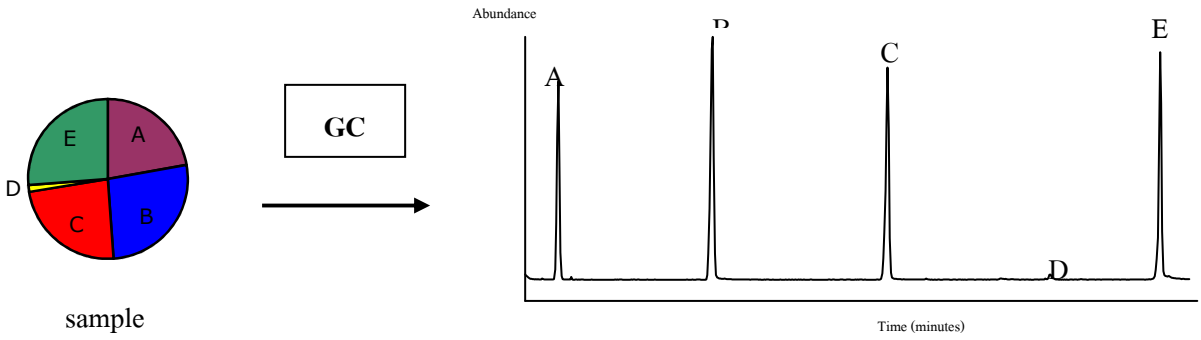
4.3 ทำการติดตั้งถังเก็บน้ำมันไบโอดีเซลบริเวณถัง Chamber

วิธีการและสภาวะที่ใช้ดำเนินการในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี มีดังนี้

ก๊าซ โครมาโตกราฟี (Gas Chromatography) เป็นเทคนิคการแยกสารเนื้อเดียวออกจากกัน โดยอาศัยหลักการที่ว่าสารแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายและถูกดูดซับต่างกัน จึงทำให้สารแต่ละชนิดแยกออกจากกันได้

1. หลักการ

ก๊าซ โครมาโตกราฟี (Gas Chromatography) เป็นเทคนิคการแยกสารเนื้อเดียวออกจากกัน โดยตัวอย่างที่จะนำเข้าสู่ระบบจะต้องสามารถระเหยกลายเป็นไอได้และมีความเสถียรเมื่อถูกความร้อน ตัวอย่างที่เป็นไอจะถูกพาด้วยก๊าซเฉื่อย (mobile phase)ไปยังคอลัมน์ (stationary phase) เพื่อทำการแยกสารออกจากกัน สารที่แยกได้จะถูกบันทึก เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป



sample

Gas Chromatogram

2. ชนิดของก๊าซ โครมาโตกราฟี

สามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิดตามชนิดของ stationary phase ดังนี้

1. Gas-Liquid : stationary phase เป็นของเหลวที่ถูดดูดซับอยู่บนของแข็ง
2. Gas-Solid : stationary phase เป็นของแข็ง มักใช้วิเคราะห์ atmospheric gases (O2, N2, Ar, CO2, H2S, CO)
3. Gas-Bonded Phase : stationary phase เป็นสารอินทรีย์ที่สร้างพันธะกับพื้นผิวของแข็ง

3. ปัจจัยที่มีผลต่อการแยกสาร

3.1 Flow rate ของ carrier gas (mobile phase)

3.2 อุณหภูมิที่สารตัวอย่างจะระเหยเป็นไอ

3.3 Polarity ของคอลัมน์

3.4 ชนิดของ detector

4. เครื่องมือ

โดยทั่วไปเครื่องก๊าซ โครมาโตกราฟี ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

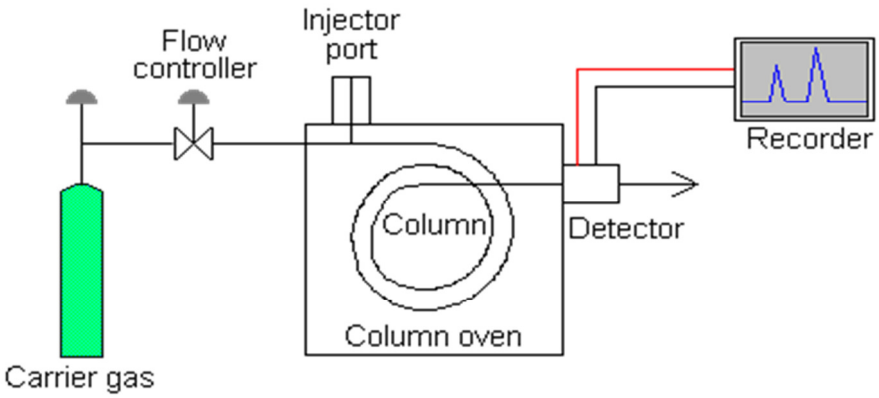
4.1 Carrier Gas (mobile phase)

4.2 Sample Injection System

4.3 Chromatographic Column

4.4 Oven

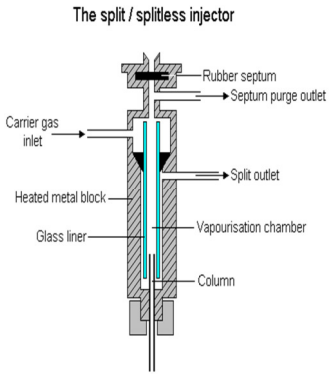
4.5 Detector และ Recorder



4.1 Carrier Gas

Carrier gas ที่ใช้เป็น mobile phase นั้นต้องเป็นก๊าซเฉื่อยไม่ทำปฏิกิริยา ได้แก่ nitrogen, helium, argon และ carbon dioxide การเลือกชนิดของก๊าซจะขึ้นอยู่กับชนิดของ detector ที่ใช้

4.2 Sample Injection System



การนำสารเข้าสู่ระบบจะใช้การฉีด

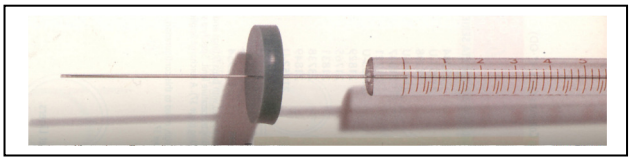
- Effects band broadening

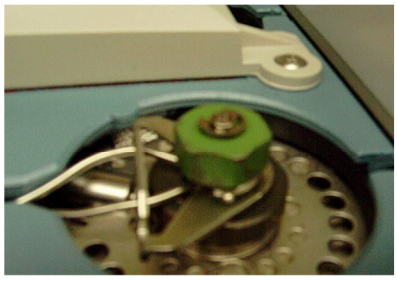
อุณหภูมิของ Injector จะสูงกว่าใน oven ประมาณ 50 °C

สารตัวอย่างจะถูกทำให้เป็นไอและส่งผ่านสู่ chamber

ปริมาณสารที่ฉีดเข้าสู่ระบบ

- Capillary columns ~ 1 µL
- Packed columns 1-20 µL

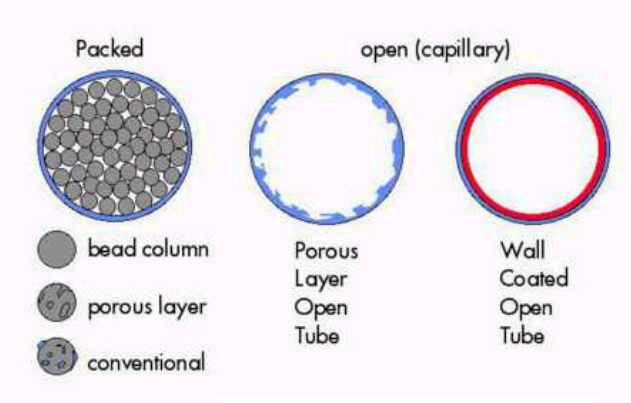


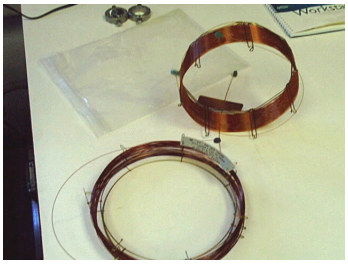


4.3 Chromatographic Column

แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

- packed column ประกอบไปด้วย solid material ที่เฉื่อย ขนาดละเอียด (โดยปกติจะใช้ diatomaceous earth) เคลือบด้วย stationary phase ความยาวของ packed column จะอยู่ประมาณ 1.5-10 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2-4 มิลลิเมตร
- capillary column เส้นผ่าศูนย์กลางภายในประมาณ 0.2 มิลลิเมตร ประกอบด้วย wall coated open tubular จะเคลือบผนังภายในด้วย liquid stationary phase และ support coated tubular เคลือบผนังภายในด้วย solid stationary phase ประสิทธิภาพของคอลัมน์สองชนิดนี้ดีกว่า packed column





ชนิดของ stationary phase

Stationary Phase	Common Name	Polarity	Common Applications
Cycloparaffin	Squalane	Non-polar	Hydrocarbons
Polydimethyl siloxane	OV-1, SE-30	Non-polar	General purpose non-polar phase; hydrocarbons; polynuclear aromatics; drugs; steroids; PCB's
Poly(phenylmethyldimethyl) siloxane (10% phenyl)	OV-3, SE-52	Slightly Polar	Fatty acid methyl esters; alkaloids; drugs; halogenated compounds
Polyethylene glycol	Carbowax	Polar	Free acids; alcohols; ethers; essential oils; glycols
Poly(phenylmethyldimethyl) siloxane (50% phenyl)	OV-17	Moderately Polar	Drugs; steriods; pesticides; glycols
Poly(dicyanoalkyldimethyl) siloxane	OV-275	Highly Polar	Polyunsaturated fatty acids; rosin acids; free acids; alcohols

4.4 Oven

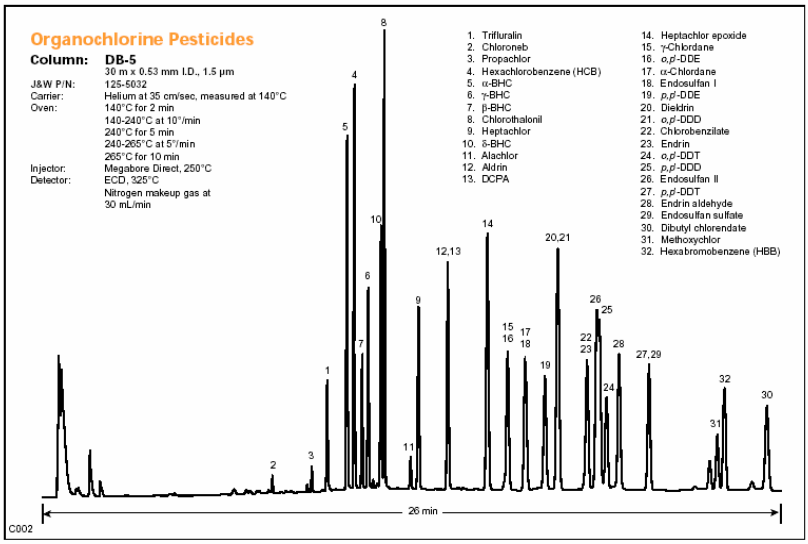
จะเป็นส่วนที่ควบคุมอุณหภูมิของคอลัมน์ เพื่อให้ได้งานที่มีความแม่นยำ การควบคุมอุณหภูมิจะต้องมีความละเอียดถึง 0.1 องศาเซลเซียส การตั้งค่าอุณหภูมินั้นจะขึ้นอยู่กับจุดเดือดของตัวอย่าง โดยปกติแล้วอุณหภูมิคอลัมน์จะถูกตั้งไว้สูงกว่าจุดเดือดของตัวอย่างขณะที่ตัวอย่างเคลื่อนที่ผ่าน stationary phase อุณหภูมิต่ำจะให้ค่า resolution ดี แต่ใช้เวลาในการวิเคราะห์เพิ่มขึ้น ถ้าสารประกอบแต่ละชนิดในตัวอย่างมีจุดเดือดใกล้เคียงกัน จะตั้งค่าอุณหภูมิเพียงค่าเดียว (isothermal) ถ้าสารประกอบแต่ละชนิดในตัวอย่างมีจุดเดือดช่วงกว้าง จะใช้ temperature program ในการแยกสาร คือ อุณหภูมิของคอลัมน์จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งการแยกเสร็จสิ้น

4.5 Detector และ Recorder

Detector ที่ใช้ในวิธี GC ขึ้นอยู่กับความจำเพาะของตัวอย่าง

- non-selective detector ใช้ได้กว้างขวาง
- selective detector จะใช้กับสารประกอบต่าง ๆ ที่คุณสมบัติทางเคมีหรือกายภาพเหมาะกับ detector นั้นๆ
- specific detector จะเหมาะกับสารประกอบตัวที่สนใจเท่านั้น

เมื่อสารถูกแยกและทำการวิเคราะห์แล้ว หน่วยประมวลผลจะแสดงผลการวิเคราะห์ออกมาในรูป gas chromatogram ซึ่งจะแสดง % abundance และ retention time และเครื่องสามารถวิเคราะห์หาความสูง peak และพื้นที่ใต้ peak เพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารได้อีกด้วย



Detector Type	Signal Generator	Signal Produced	Advantages	Disadvantages	Sensitivity (g solute/mL of carrier gas)
Thermal Conductivity	Thermal conductivity of analyte gas (usually less than that of carrier H_2 or He	Change in the electrical resistance of wire in analyte stream (measure i & R at constant applied voltage; or change in temperature when thermister used)	• Universal detector • Simplicity • Large linear dynamic range • Non-destructive • Sensitive to all compounds	• Low sensitivity • Often can't use with capillary columns	~ 10^{-8} g (10-100 ppm)
Flame Ionization	Ionization of analyte in H_2/air flame	Ion current	• Very sensitive • Large linear dynamic range (`10^7) • General purpose detector • Responds to reduced carbon in analytes	• Insensitive to H_2O, CO_2, SO_2, and NO_x • Destructive	~ 10^{-13} g
Thermionic	Ionization of analyte in H_2/air flame	Ion current	• Selective towards organic compounds containing P or N compared to C (~10^4 to 10^6 X)	• Selective towards organic compounds containing P or N compared to C (~10^4 to 10^6 X)	Similar to the FID, but for N and P
Electron Capture	Reduction in the ionization of a carrier gas (e.g. N_2) by a radioactive (ß-emitter) source, usually 63-Ni	Ion current; decreases in the presence of organic molecules which can capture electrons	• Selective towards organic compounds containing electronegative functional groups (e.g. halogens, peroxides, quinines, and nitro groups) • Non-destructive • Very sensitive	• Selective towards organic compounds containing electronegative functional groups (e.g. halogens, peroxides, quinines, and nitro groups) • Insensitive to amines, alcohols, hydrocarbons, • Small linear dynamic range (~100)	~ 10^{-15}
Mass Spectrometer	Ionization of analyte	Analyte ions; discrimination based on mass to charge ratio of analyte ions	• Universal detector • Good for complex organic mixtures • Speed • High sensitivity	• Cost • Complexity • Ease of use	~ 10^{-12}

5. การประยุกต์ใช้

5.1 การพิสูจน์เอกลักษณ์ (Identification)

วิธีพิสูจน์เอกลักษณ์ทำได้โดย นำสารมาตรฐาน (Reference compound) กับสารที่สงสัยมาตรวจวัดด้วยเครื่องมือเดียวกัน การเตรียมแบบเดียวกัน สภาพแวดล้อมเหมือนกัน ถ้าสารที่สงสัยให้ peak ที่ retention time เดียวกับสารมาตรฐาน ก็แสดงว่าสารที่สงสัยเป็นสารชนิดเดียวกับสารมาตรฐาน

5.2 การวิเคราะห์หาปริมาณ (Quantitative analysis)

โดยการวิเคราะห์พื้นที่ใต้ peak ของสารตัวอย่างเทียบกับสารมาตรฐาน

5.3 วิเคราะห์หาองค์ประกอบสาร

โดยการใช้ร่วมกับเทคนิคอื่นๆ เช่น ใช้ Mass spectrometer เป็น detector จะบอกได้ว่าสารตัวอย่างประกอบด้วยสารใดบ้าง (เปรียบเทียบสารมาตรฐานหรือ library search)

วิธีการและสภาวะที่ใช้ดำเนินการในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Karl Fisher

การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Karl Fisher เป็นการวิเคราะห์สารตัวอย่าง (ในหน่วยร้อยละโดยน้ำหนัก) โดยสารตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ต้องมีปริมาณน้ำน้อยๆ คือ น้อยกว่า 2,100 ไมโครกรัม/ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์จึงจะมีความถูกต้องและแม่นยำ

ภาพประกอบที่ 17 เครื่อง Karl Fisher coulometer ของบริษัท Mettler รุ่น DL39

<u>หลักการของเครื่อง</u>

Karl Fisher coulometer มีพื้นฐานมาจากสมการมาตรฐานของปฏิกิริยา Karl Fisher ดังนี้คือ

$$ROH + SO_2 + RN \Rightarrow (RNH).SO_3R$$

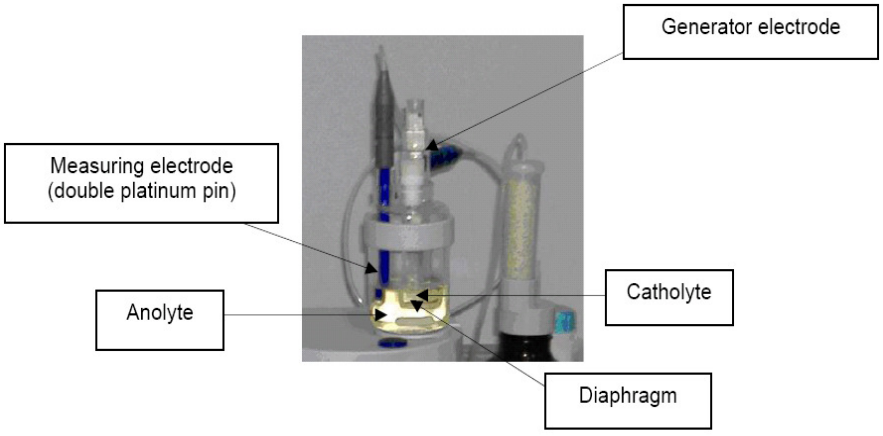
$$(RNH).SO_3R + 2RN + I_2 + H_2O \Rightarrow (RNH).SO_4R + 2(RNH)I$$

โดยที่ I_2 สามารถเกิดขึนจากแอนโนติออกซิเดชัน (anodic oxidation)

$$2I^- \Rightarrow I_2 + 2e^-$$

และ I_2 จะเกิดขึ้นที่ตัวกำเนิดขั้วไฟฟ้า (generator electrode) ซึ่งประกอบรวมอยู่ในเซลล์ถัดจากตัววัดขั้วไฟฟ้า (measuring electrode) ซึ่งประกอบด้วยเข็มแพททินัมซึ่งมีขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว สำหรับคำนวณหาจุดยุติ

เซลล์สำหรับการไทเตรท ประกอบด้วย 2 ส่วนดังนี้คือ ส่วนที่เป็นขั้วไฟฟ้าบวก (anode) และขั้วไฟฟ้าลบ (cathode) ซึ่งทั้งสองส่วนดังกล่าวจะถูกแยกออกจากกันโดยไดอะแฟรม (diaphragm) แสดงดังภาพประกอบที่



ภาพประกอบที่ 18 แสดงส่วนประกอบของเครื่อง Karl Fisher coulometer

- ส่วนขั้วไฟฟ้าบวก (anode) จะมี anolyte ซึ่งประกอบด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (sulfurdioxide) อีไมดาโซล (imidazole) และไอโอไดด์ (iodide) โดยใช้เมทานอลหรือเอทานอลเป็นตัวทำละลาย
- ส่วนขั้วไฟฟ้าลบ (cathode) จะมี catholyte ซึ่งประกอบด้วยเกลือแอมโมเนียปฏิกิริยาที่ขั้วไฟฟ้าบวก (anode reaction)

I_2 จะเกิดขึ้นที่ขั้วไฟฟ้าบวก โดยประจุลบจาก $2I^-$ จะปล่อยอิเล็กตรอนที่ขั้วไฟฟ้าบวกและเกิดเป็น I_2 ซึ่ง I_2 ที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับน้ำในสารละลายตัวอย่าง โดยอัตราการทำปฏิกิริยาระหว่าง $[H_2O] : [I_2]$ คือ 1:1

สำหรับปฏิกิริยาที่ขั้วไฟฟ้าลบ (cathode reaction)

H_2 จะถูกผลิตขึ้นที่ขั้วไฟฟ้าลบ โดย H^-จะถูกรีดิวส์ไปเป็น H_2 โดยจะต้องมีการเติมเกลือแอมโมเนียลงไปใน catholyte เพื่อเป็นตัวเหนี่ยวนำให้ผลิต H_2

2.3 วิธีการวิเคราะห์

ใช้กระบอกฉีดยา (ซึ่งผ่านการกลั้วล้างอย่างน้อย 3 ครั้งด้วยสารที่ต้องการวิเคราะห์) ดูดสารละลายที่ต้องการวิเคราะห์ประมาณ 1 กรัม และนำมาวางบนเครื่องชั่งซึ่งมีความละเอียด 4 ตำแหน่ง หลังจากนั้นจึงฉีดตัวอย่างลงไปในเซลล์สำหรับไทเตรทซึ่งอยู่ภายในเครื่อง ใส่น้ำหนักของสารตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ เครื่องก็จะคำนวณผลการวิเคราะห์ และบันทึกผล ซึ่งในแต่ละสารละลายตัวอย่างจะทำการวิเคราะห์ 3 ครั้ง โดยปริมาณสารตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ (ฉีดเข้าไปภายในเซลล์) สำหรับตัวอย่างหนึ่งๆ

วิธีการและสภาวะที่ใช้ดำเนินการในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ มีดังนี้

การวิเคราะห์ด้วยไมโครเวฟเป็นการวิเคราะห์อย่างง่ายในห้องปฏิบัติการเพื่อทำการหาเปอร์เซ็นต์ของน้ำและเปอร์เซ็นต์ของแอลกอฮอล์ ในตัวอย่างน้ำมันไบโอดีเซลในแต่ละตำแหน่งของการทดลองเพื่อใช้ในการคำนวณดุลมวลสารอย่างคร่าวๆ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. นำตัวอย่างน้ำมันไบโอดีเซลที่ต้องการหา เปอร์เซ็นต์ของน้ำและเปอร์เซ็นต์ของแอลกอฮอล์เทลงในภาชนะแผ่นแบนที่สามารถทนความร้อนได้ ในการทดลองนี้ได้ใช้จานเพาะเชื้อมาใช้เป็นภาชนะใส่น้ำมันเนื่องจากเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการระเหยของของเหลว จากนั้นนำไปชั่งหาน้ำหนักรวมของน้ำมันไบโอดีเซลตัวอย่าง ซึ่งในที่นี้มีองค์ประกอบหลักๆ 3 ส่วน คือ น้ำมันไบโอดีเซล, น้ำ และ แอลกอฮอล์
2. นำน้ำมันที่ผ่านการชั่งน้ำหนักแล้วเข้าเครื่องไมโครเวฟทำการให้ความร้อนโดยใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักของน้ำมันในภาชนะไม่เปลี่ยนแปลง

3. นำภาชนะกลับมาชั่งอีกครั้งเพื่อหาน้ำหนักของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่านการให้ความร้อนแล้ว ซึ่งในขั้นตอนนี้น้ำและแอลกอฮอล์ได้ถูกระเหยออกไป ทำให้เราทราบน้ำหนักของน้ำและแอลกอฮอล์ที่มีอยู่ในน้ำมันไบโอดีเซลตัวอย่าง
4. ในขณะเดียวกันนี้การวิเคราะห์ด้วยไมโครเวฟจะต้องใช้การวิเคราะห์ คาร์ล ฟิชเชอร์ร่วมด้วยเพราะการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคคาร์ล ฟิชเชอร์ เป็นการวิเคราะห์ สารตัวอย่างเพื่อหา เปอร์เซ็นต์ของน้ำในน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งทำให้ทราบปริมาณของน้ำในน้ำมันไบโอดีเซลตัวอย่าง จากนั้นก็สามารถคำนวณกลับเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ของแอลกอฮอล์ที่มีอยู่ในน้ำมันไบโอดีเซลตัวอย่างได้ว่ามีปริมาณเท่าไร

Ex. น้ำมันไบโอดีเซลเริ่มต้น(Bio+H_2O+MeOH) = 10.56 g

ชั่งหลังให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ(Bio) = 10.40 g

H_2O และ MeOH ที่ระเหยออกไป = 0.16 g

จากการวิเคราะห์ด้วยคาร์ล Karl Fisher มีน้ำ = 0.136%wt

มีH_2Oในน้ำมันไบโอดีเซลเริ่มต้น = $10.56 \times \frac{0.136}{100}$

= 0.0144 g

จะมีMeOH ในน้ำมันไบโอดีเซลตัวอย่าง = 0.16-0.0144

= 0.146 g

คิดเป็นร้อยละMeOHในน้ำมันไบโอดีเซล = $\frac{100 \times 0.146}{10.56}$

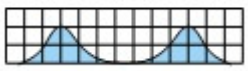
= 1.35

∴ .ในน้ำมันไบโอดีเซลตัวอย่างมี MeOH ร้อยละ1.35

ลักษณะของหัวฉีด ในการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ มีดังนี้

1. หัวฉีดยาฆ่าแมลง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 mm
2. หัวฉีดใช้สำหรับพ่นละอองสำหรับการระเหย
   2.1 รุ่น KB 80 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 65 μm
   2.2 รุ่น KB 100 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 μm

ลักษณะของละอองน้ำ



การกระจายตัวของละอองน้ำ

ขณะพ่น

ส่วนประกอบ

ค

1 ชุดเมื่อเทียบกับหัวฉีดไฮดรอลิครุ่นอื่นๆ

2. ความสามารถในการพ่นละอองน้ำดี
3. วัสดุทำจากเซรามิค

การใช้งาน

สามารถใช้กับการสเปรย์แอลกอฮอล์และสารเคมีอื่นๆ

สรุปข้อดีของ nozzle รุ่น KB80/100

การสเปรย์ออกมาในลักษณะของ กรวยกลวง (hollow cone spray)

ขนาดของละอองน้ำ ช่วง 80 – 120 ไมครอน

มีฟิลเตอร์หัวสเปรย์ผลิตจากเซรามิค ทำให้ทนต่อการกัดกร่อนเสียดสีทั้งแรงดันต่ำและสูง

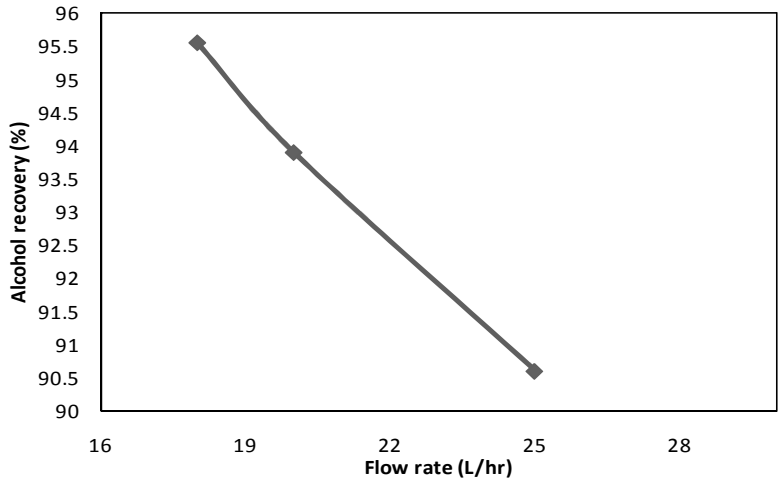
บทที่ 3

ผลการทดลอง

ผลที่ได้จากการหาสภาวะที่เหมาะสมในการเรียกคืนแอลกอฮอล์จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลในการทดลองทั้ง 4 ชุดการทดลอง โดยมีเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เริ่มต้นเท่ากันทุกการทดลอง มีดังนี้

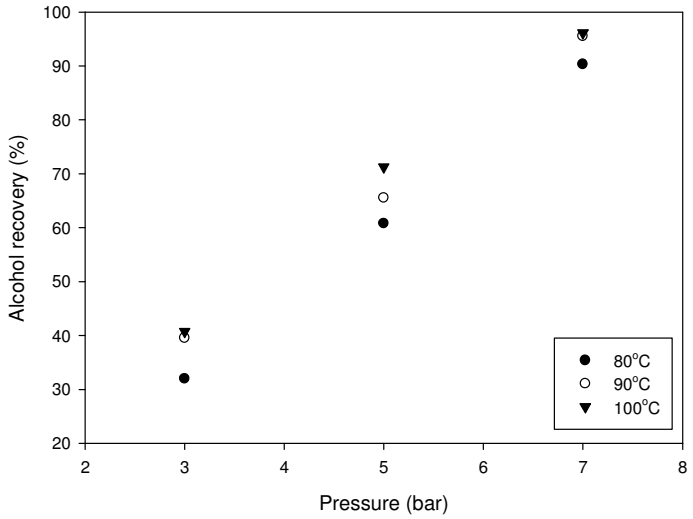
3.1 การทดลองชุดที่ 1

1. ดำเนินการทดลอง โดยการใช้ไบโอดีเซลชนิดเมทิล-เอทิลเอสเตอร์ซึ่งมีแอลกอฮอล์เริ่มต้น 5.34% โดยน้ำหนัก โดยแบ่งการทดลองตามสภาวะอัตราการไหลออกเป็น 18 , 20 และ 25 ลิตรต่อชั่วโมง อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส หัวฉีด KB80 การวัด % recovery ใช้การคำนวณจากปริมาณแอลกอฮอล์ที่ควบแน่นได้เทียบกับปริมาณแอลกอฮอล์ที่เข้าตามทฤษฎี พบว่าเมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้น ร้อยละผลได้ของแอลกอฮอล์จะลดลง โดยอัตราการไหล 18 ลิตรต่อชั่วโมงเป็นสภาวะที่ดีที่สุดในการแยกคืนแอลกอฮอล์จากน้ำมันไบโอดีเซล ดังภาพประกอบ



ภาพประกอบที่ 19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหล
และร้อยละผลได้ของแอลกอฮอล์ที่แยกคืนได้

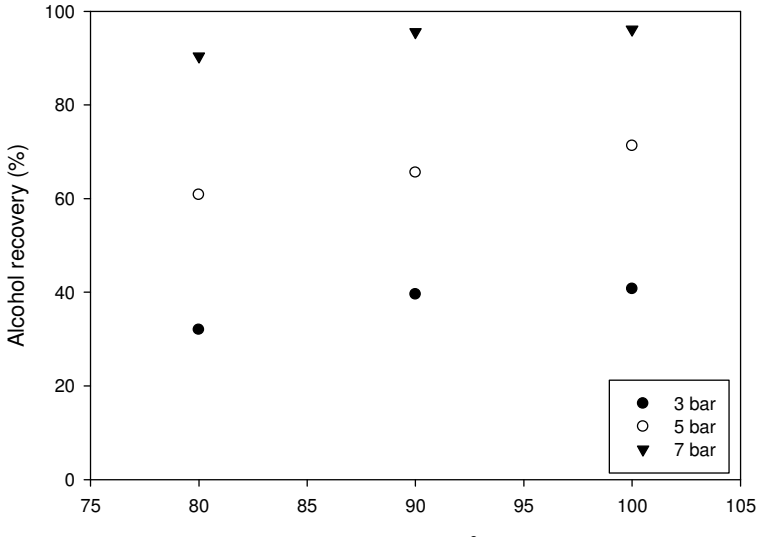
2. ดำเนินการทดลองโดยแบ่งการทดลองตามสภาวะความดันออกเป็น 3,5 และ 7 บาร์ โดยใช้อัตราการไหล 18 ลิตรต่อชั่วโมงเป็นตัวดำเนินการทดลอง อุณหภูมิ 80, 90 และ 100 องศาเซลเซียส ใช้หัวฉีด KB80 พบว่า เมื่อความดันเพิ่มขึ้นปริมาณแอลกอฮอล์ที่แยกคืนได้ก็จะมีปริมาณเพิ่มขึ้น จึงสรุปได้ว่า ที่สภาวะความดัน 7 บาร์ เป็นค่าความดันที่ดีที่สุด ในการแยกคืนแอลกอฮอล์จากน้ำมันไบโอดีเซล ดังภาพประกอบ



ภาพประกอบที่ 20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดัน
และร้อยละผลได้ของแอลกอฮอล์ที่แยกคืนได้

ซึ่งพบว่าความดันจะแปรผกผันกับขนาดอนุภาค ของของเหลวที่ไหลผ่านหัวฉีด ความดันสูงจึงเป็นตัวทำให้ละอองของน้ำมันไบโอดีเซลมีขนาดเล็กลง จึงทำให้มีพื้นที่ผิวสูงขึ้น แอลกอฮอล์จึงสามารถเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊สได้ดีขึ้น

3. ดำเนินการทดลองโดยแบ่งการทดลองตามสภาวะอุณหภูมิ 80, 90 และ 100 องศาเซลเซียส ความดัน 3, 5 และ 7 บาร์ ตามลำดับ หัวฉีด KB80 พบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณของแอลกอฮอล์ที่แยกคืนได้จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณแอลกอฮอล์ที่แยกคืนได้มากที่สุด แต่จะมีผลต่อลักษณะทางกายภาพของน้ำมันไบโอดีเซลเนื่องจากจะทำให้น้ำมันไบโอดีเซลมีสีดำ ดังนั้น อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จึงเป็นสภาวะอุณหภูมิที่ดีที่สุดที่ไม่ทำให้ลักษณะทางกายภาพของน้ำมันไบโอดีเซลเปลี่ยนไป



ภาพประกอบที่ 21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับร้อยละผลได้ของแอลกอฮอล์ที่แยกคืนได้

ภาพประกอบที่ 22 แสดงลักษณะทางกายภาพของน้ำมันไบโอดีเซลที่ยังไม่ผ่านการทดลอง

ภาพประกอบที่ 23 แสดงการเปรียบเทียบน้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่านกระบวนการระเหยแบบ flash ที่อุณหภูมิ 80 ^{o}C, 90 ^{o}C และ 100 ^{o}C (จากซ้ายไปขวา)

4. จากการแบ่งการทดลองตามลักษณะหัวฉีด หัวฉีดยาฆ่าแมลง, หัวฉีดรุ่น KB80 ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 65 μm และหัวฉีดรุ่น KB100 ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางของหยดละออง 90 μm พบว่าหัวฉีดรุ่น KB80 สามารถพ่นละอองแล้วแยกคืนแอลกอฮอล์จากน้ำมันไบโอดีเซลได้ดีที่สุด

การทดลองเพื่อหาสมรรถนะของหัวฉีด ได้ทำการทดลองภายใต้สภาวะดังนี้ คือ ความดัน 7 บาร์ อัตราการไหล 18 ลิตรต่อชั่วโมง อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ผลการวัด % recovery ใช้การคำนวณจากปริมาณแอลกอฮอล์ที่ควบแน่นได้เทียบกับปริมาณแอลกอฮอล์ที่เข้าตามทฤษฎี แสดงดังตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 1 แสดงร้อยละผลได้ของปริมาณแอลกอฮอล์ของหัวฉีดแต่ละชนิด

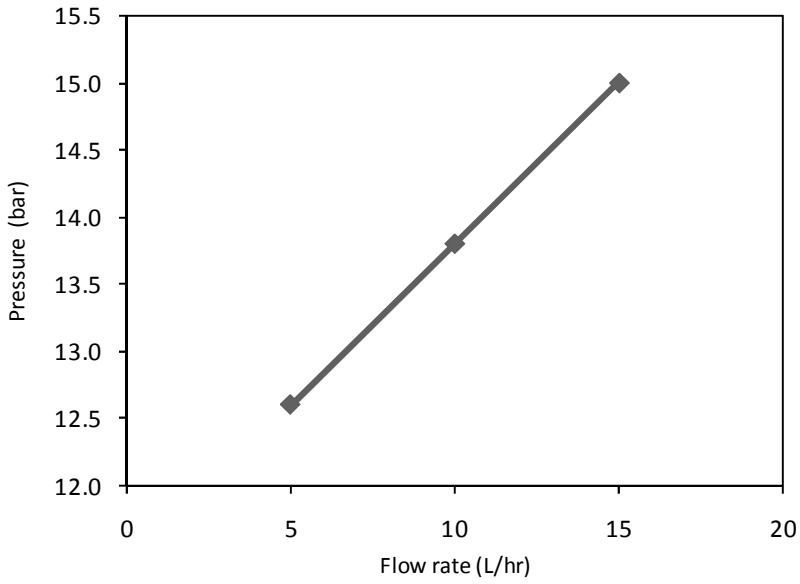
ชนิด/รุ่นของหัวฉีด	**ร้อยละผลได้ของปริมาณแอลกอฮอล์**
หัวพ่นยาฆ่าแมลง	89.71
KB100	92.16
KB80	95.54

อย่างไรก็ตามได้ทำการยืนยันปริมาณแอลกอฮอล์ที่เหลืออยู่จากผลการทดลองที่ดีที่สุด ด้วยการวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ โดยใช้เทคนิค Gas Chromatography กลับพบว่ายังมีปริมาณแอลกอฮอล์เหลืออยู่

จะสามารถแยกคืนแอลกอฮอล์ได้ 4.22% จากแอลกอฮอล์ที่มีอยู่ในน้ำมันไบโอดีเซล 5.34% คิดเป็นร้อยละ 79.03 การวัด % recovery โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ด้วย Microwave

3.2 การทดลองชุดที่ 2

ในการทดลองชุดที่ 2 นี้ อัตราการไหลซึ่งสัมพันธ์กับความดันได้ค่ากราฟ



ภาพประกอบที่ 24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราการไหลจากการทดลอง

จากการดำเนินการทดลองในสภาวะความดัน 15 บาร์ ซึ่งมีค่าอัตราการไหลใกล้เคียงกับชุดการระเหยที่1 (ชุดอุปกรณ์ได้ออกแบบเพื่อการใช้งานซึ่งทนความดันได้ไม่เกิน 20 บาร์), โดยมีอัตราการไหล 15 ลิตรต่อชั่วโมง, อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส และหัวฉีดรุ่น KB เบอร์ 80 พบว่าในสภาวะดังกล่าวสามารถแยกคืนแอลกอฮอล์จากน้ำมันไบโอดีเซลได้ 4.38 % จากแอลกอฮอล์ที่มีอยู่ในน้ำมันไบโอดีเซล 5.34% คิดเป็นร้อยละ 82.82 การวัด % recovery โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ด้วย Microwave

3.3 การทดลองชุดที่ 3

จากการทดลองในชุดการทดลองที่ 1 และชุดการทดลองที่ 2 ทำให้ทราบสภาวะที่ดีที่สุดของหน่วยระเหยแต่ละส่วน ซึ่งในการทดลองที่ 3 จะทำการต่อหน่วยระเหย 2 ชุดเข้าด้วยกัน เพื่อที่จะทำการทดลองแบบต่อเนื่อง โดยคาดว่าจะมีประสิทธิภาพการแยกคืนแอลกอฮอล์ในน้ำมันไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น โดยทำการป้อนน้ำมันไบโอดีเซลลงในถังอัดความดันในหน่วยระเหยที่ 1 20 ลิตรโดยมีทำการวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำมันไบโอดีเซลเริ่มต้น ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์น้ำมันไบโอดีเซลตัวอย่างด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี และวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ จากการวิเคราะห์จะได้ปริมาณแอลกอฮอล์ที่มีอยู่ในน้ำมันไบโอดีเซลเริ่มต้น 5.34% โดยน้ำหนักของน้ำมันไบโอดีเซล(จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ) และ 4.61%โดยน้ำหนักของน้ำมันไบโอดีเซล(จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค แก๊สโครมาโตกราฟี) โดยใช้แรงดันจากอากาศ เป็นตัวให้ความดันแก่ระบบโดยใช้ความดัน 7 บาร์ ซึ่งน้ำมันไบโอดีเซลจะไหลจากถังอัดความดันผ่านไปยัง fillter เพื่อทำการกรองสิ่งปนเปื้อนที่อยู่ในน้ำมันไบโอดีเซล แล้วไหลต่อไปยัง heater ที่ให้ความร้อนแก่น้ำมันไบโอดีเซล ขนาด 1กิโลวัตต์ โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส โดยมีโรตามิเตอร์เป็นตัวควบคุมอัตราการไหลอยู่ที่ 18 ลิตรต่อชั่วโมง น้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่าน heater ก็จะมีอุณหภูมิสูงจากเริ่มต้น 28 องศาเซลเซียส เป็น 90 องศาเซลเซียส จากนั้นก็จะส่งต่อไปยังถัง Chamber เพื่อทำการแยกน้ำมันไบโอดีเซลกับแอลกอฮอล์ออกจากกัน โดยผ่านหัวฉีดรุ่น KB80 ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 65 ไมโครเมตร ซึ่งจะแยกแอลกอฮอล์เป็นสถานะแก๊ส และน้ำมันไบโอดีเซลเป็นสถานะของเหลว โดยน้ำมันไบโอดีเซลที่มีสถานะเป็นของเหลวจะไหลลงสู่ก้นถังเข้าสู่ถังเก็บเพื่อรอที่จะดำเนินการระเหยต่อในหน่วยระเหยที่ 2 ส่วนเฟสที่เป็นแก๊ส คือ แอลกอฮอล์ จะเคลื่อนไหลผ่าน condenser เพื่อทำการควบแน่นให้เป็นของเหลวโดยภายใน condenser ซึ่งมีน้ำหล่อเย็นอุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส โดยมีอัตราการไหล 720 ลิตรต่อชั่วโมง ผลที่ได้ในการทดลองนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆคือ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี และผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ โดยในแต่ละส่วนของผลการการวิเคราะห์ก็จะแบ่งย่อยเป็นผลจากทฤษฎีและผลจากการทดลอง ในหน่วยระเหยที่ 1สามารถแยกคืนแอลกอฮอล์จากน้ำมันไบโอดีเซลเริ่มต้นได้จากการระเหยแบบ flash 898.67 มิลลิลิตร หรือ 0.72 กิโลกรัม ผลตามทฤษฎีคิดเป็นร้อยละ 90.67 และผลจากการทดลองคิดเป็นร้อยละ 83.31จากแอลกอฮอล์เริ่มต้น (จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค แก๊สโครมาโตกราฟี) และผลตามทฤษฎีคิดเป็นร้อยละ 78.27 และผลจากการทดลองคิดเป็นร้อยละ 79.92 จากแอลกอฮอล์เริ่มต้น (จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ไมโครเวฟ)

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละผลได้ที่ได้จากทฤษฎีและร้อยละผลได้ที่ได้จากการทดลองในแต่ละเทคนิคของการวิเคราะห์เมื่อน้ำมันไบโอดีเซลผ่านหน่วยระเหยที่ 1

ร้อยละแอลกอฮอล์ (GC)		**ร้อยละแอลกอฮอล์ (Microwave)**	
คำนวณ	ทดลอง	คำนวณ	ทดลอง
90.67	83.31	78.27	79.92

จากนั้นน้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่านการระเหยในหน่วยที่ 1 ซึ่งอยู่ในถังเก็บก็จะถูกส่งต่อไปยังหน่วยระเหยที่ 2 โดยมีปั๊มเครื่องยนต์ดีเซล ขนาด 1600 ซีซี เป็นตัวให้ความดันแก่ระบบ ซึ่งในหน่วยระเหยนี้จะใช้ความดัน 15 บาร์ ปั๊มจะดูดน้ำมันไบโอดีเซลจากถังเก็บหน่วยระเหยที่ 1 ผ่าน fillter อีกครั้งเพื่อทำการกรองสิ่งปนเปื้อนจากนั้นก็ส่งต่อไปยัง heater ขนาด 1กิโลวัตต์ เพื่อให้ความร้อนแก่น้ำมันไบโอดีเซลจนกระทั่งอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส โดยมีอัตราการไหล 15 ลิตรต่อชั่วโมง แล้วส่งต่อไปยังถัง chamber อีกครั้งเพื่อทำการระเหยซ้ำ โดยภายในถัง chamber ประกอบด้วยหัวฉีด รุ่น KB80 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 65 ไมโครเมตร เช่นเดียวกับหน่วยระเหยที่ 1 เมื่อน้ำมันไบโอดีเซลไหลผ่านหัวฉีดก็จะแยกออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่เป็นของเหลวได้แก่ น้ำมันไปโอดีเซล และ ส่วนที่เป็นแก๊ส ได้แก่ แอลกอฮอล์ ซึ่งส่วนที่เป็นแก๊สก็จะไหลเข้าสู่ condenser เพื่อทำการควบแน่นเป็นของเหลว ในการทดลองหน่วยระเหยที่ 2 สามารถแยกคืนแอลกอฮอล์ได้ 74.33 มิลลิลิตร หรือ 0.059 กิโลกรัม จากแอลกอฮอล์ที่เหลือจากหน่วยระเหยที่ 1 ผลตามทฤษฎีคิดเป็นร้อยละ 80.37 และผลจากการทดลองคิดเป็นร้อยละ 40.19 จากแอลกอฮอล์ที่เหลือจากหน่วยระเหยที่ 1 (จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค แก๊สโครมาโตกราฟี) และผลตามทฤษฎีคิดเป็นร้อยละ 29.80 และผลจากการทดลองคิดเป็นร้อยละ 14.42 จากแอลกอฮอล์ที่เหลือจากหน่วยระเหยที่ 1 (จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ไมโครเวฟ)

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละผลได้ที่ได้จากทฤษฎีและร้อยละผลได้ที่ได้จากการทดลองในแต่ละเทคนิคของการวิเคราะห์เมื่อน้ำมันไบโอดีเซลผ่านหน่วยระเหยที่ 2

ร้อยละแอลกอฮอล์ (GC)		**ร้อยละแอลกอฮอล์ (Microwave)**	
คำนวณ	ทดลอง	คำนวณ	ทดลอง
80.37	40.19	29.8	14.42

ในการทดลองที่ 3 ทำการคำนวณจากแอลกอฮอล์ ทั้งหมดที่แยกคืนได้ในหน่วยระเหยที่ 1 และหน่วยระเหยที่ 2 รวมกัน ผลตามทฤษฎีคิดเป็นร้อยละ 98.17 และผลจากการทดลองคิดเป็นร้อยละ 90.02 จากแอลกอฮอล์ทั้งหมดในระบบ (จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค แก๊สโครมาโตกราฟี) และผลตามทฤษฎีคิดเป็นร้อยละ 84.75 และผลจากการทดลองคิดเป็นร้อยละ 82.82 จากแอลกอฮอล์ทั้งหมดในระบบ (จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ไมโครเวฟ)

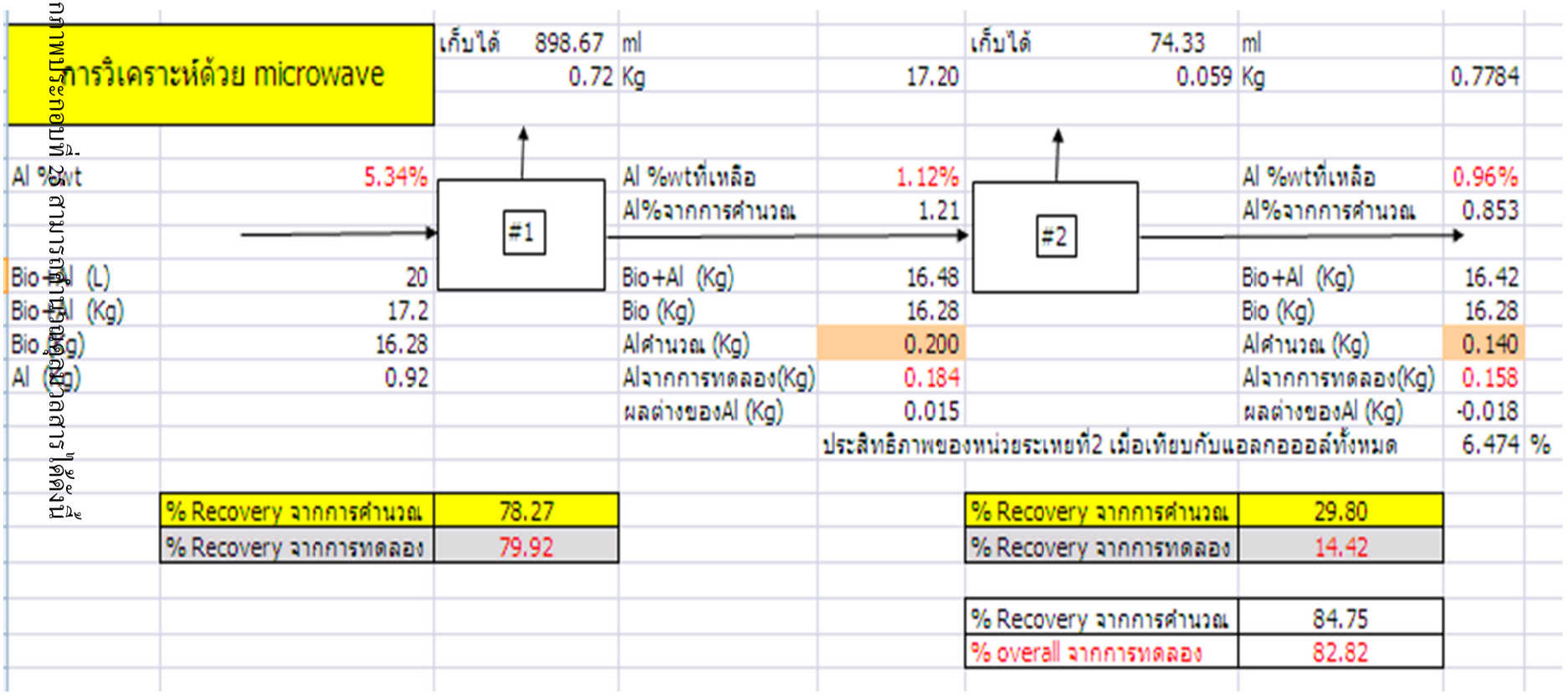
ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละผลได้ที่ได้จากทฤษฎีและร้อยละผลได้ที่ได้จากการทดลองในแต่ละเทคนิคของการวิเคราะห์จากแอลกอฮอล์ทั้งหมดในระบบ

ร้อยละแอลกอฮอล์ (GC)		**ร้อยละแอลกอฮอล์ (Microwave)**	
คำนวณ	ทดลอง	คำนวณ	ทดลอง
98.17	90.02	84.75	82.82

จากตารางแสดงค่าร้อยละผลได้ที่ได้จากทฤษฎีและร้อยละผลได้ที่ได้จากการทดลองในแต่ละเทคนิคของการวิเคราะห์จากแอลกอฮอล์ทั้งหมดในระบบ ทำให้เห็นความแตกต่างของผลการทดลองจากการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธี ซึ่งอาจเกิดจากความคลาดเคลื่อนของวิธีการในการวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ เริ่มต้นที่แตกต่างกันอันเนื่องมาจากความแม่นยำของการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี ที่มีองค์ประกอบของแอลกอฮอล์ในปริมาณมากอาจจะทำให้เกิดความแม่นยำน้อยกว่าการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ แต่อย่างไรก็ตามก็สามารถทำให้เราพอที่จะทราบแนวโน้มในการทดลองว่าในการออกแบบชุดอุปกรณ์ เพียงแค่ 1 หน่วยการระเหย จะเหมาะสมกว่าการทำแบบต่อเนื่อง 2 หน่วยระเหย โดยคำนึงถึงหลักทางด้านเศรษฐศาสตร์

ตารางที่ 5 แสดงร้อยละของแอลกอฮอล์ที่มีอยู่ในน้ำมันไบโอดีเซลจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีและการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ ในแต่ละตำแหน่งการดำเนินการ

ตำแหน่งของไบโอดีเซล	**ร้อยละแอลกอฮอล์ (Microwave)**	**ร้อยละแอลกอฮอล์ (GC)**
ก่อนเข้าหน่วยระเหยที่ 1	5.34	4.61
หลังหน่วยระเหยที่ 1	1.12	0.80
หลังหน่วยระเหยที่ 2	0.96	0.48



ภาพประกอบที่ 25 แสดงการคำนวณดุลมวลสารจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ

ในการทดลองนำน้ำมันไบโอดีเซลตัวอย่างที่ได้ในแต่ละตำแหน่งจากการทดลองไปทำการวิเคราะห์ผลด้วยเทคนิคไมโครเวฟ ซึ่งได้ผลดังตาราง

ตารางที่ 6 แสดงร้อยละของแอลกอฮอล์ที่มีอยู่ในน้ำมันไบโอดีเซลจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ ในแต่ละตำแหน่งการดำเนินการ

ตำแหน่งของไบโอดีเซล	**ร้อยละแอลกอฮอล์ (Microwave)**
ก่อนเข้าหน่วยระเหยที่ 1	5.34
หลังหน่วยระเหยที่ 1	1.12
หลังหน่วยระเหยที่ 2	0.96

เริ่มต้นการทดลองใช้น้ำมันไบโอดีเซล	20	L
ความหนาแน่นน้ำมันไบโอดีเซล	0.86	kg/L
จะได้น้ำมันไบโอดีเซล	$20 \times 0.86 = 17.2$	kg
ผลจากการวิเคราะห์มีแอลกอฮอล์บริเวณทางเข้า	$5.34\%bywt$	
$\therefore$ จะมีแอลกอฮอล์ในน้ำมันไบโอดีเลเริ่มต้น	$17.2 \times \frac{5.34}{100} = 0.92$	kg
ดังนั้นจึงมีน้ำมันไบโอดีเซล	$17.2 - 0.92 = 16.28$	kg
พิจารณาหน่วยระเหยที่ 1		
ในการทดลองสามารถเก็บแอลกอฮอล์ที่ผ่านการควบแน่นได้	898.6	kg
ความหนาแน่นของแอลกอฮอล์	0.8	kg/L
$\therefore$ จะได้แอลกอฮอล์จากหน่วยระเหยที่1	$898.67 \times \frac{0.8}{1000} = 0.72$	kg
ดังนั้นในทางทฤษฎีเมื่อผ่านหน่วยระเหยที่1จะเหลือแอลกอฮอล์	$0.92 - 0.72 = 0.2$	kg
และมีน้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่านหน่วยระเหยที่1	16.28	kg
$\therefore$.เมื่อผ่านหน่วยระเหยที่1ในทางทฤษฎีจะมีแอลกอฮอล์เหลืออยู่	$\frac{0.2}{(16.28+0.2)} \times 100$	
	$= 1.21\%bywt$	
แต่ในการทดลองจริงซึ่งได้ทำการวิเคราะห์หาแอลกอฮอล์ที่เหลือด้วยเทคนิคไมโครเวฟ จะได้แอลกอฮอล์	$1.12\%bywt$	

∴ เมื่อคำนวณด้วยอัตราส่วนของน้ำมันไบโอดีเซลต่อแอลกอฮอล์ ในการทดลองจริงก็จะเหลือแอลกอฮอล์ที่ผ่านหน่วยระเหยที่1 $\frac{16.28}{Me} = \frac{98.88}{1.12}$

$16.28 \times \frac{1.12}{98.88} = 0.184$ kg

∴ เมื่อคิดเป็นร้อยละการแยกคืนแอลกอฮอล์ที่ได้ตามทฤษฎี $\frac{(0.92-0.2)}{0.92} \times 100 = 78.27\%$

∴ เมื่อคิดเป็นร้อยละการแยกคืนแอลกอฮอล์ที่ได้จากการทดลอง $\frac{(0.92-0.184)}{0.92} \times 100 = 79.92\%$

พิจารณาหน่วยระเหยที่ 2

ในการทดลองสามารถเก็บแอลกอฮอล์ที่ผ่านการควบแน่นได้	74.33	kg
ความหนาแน่นของแอลกอฮอล์	0.8	kg/L
∴ จะได้แอลกอฮอล์จากหน่วยระเหยที่ 2	$74.33 \times \frac{0.8}{1000} = 0.059$	kg
ดังนั้นในทางทฤษฎีเมื่อผ่านหน่วยระเหยที่ 2 จะเหลือแอลกอฮอล์	$0.2 - 0.059 = 0.14$	kg
และมีน้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่านหน่วยระเหยที่ 1	16.28	kg
∴ .เมื่อผ่านหน่วยระเหยที่1ในทางทฤษฎีจะมีแอลกอฮอล์เหลืออยู่	$\frac{0.14}{(16.28+0.14)} \times 100$	
	$= 0.853\%bywt$	
แต่ในการทดลองจริงซึ่งได้ทำการวิเคราะห์หาแอลกอฮอล์ที่เหลือด้วยเทคนิคไมโครเวฟจะได้แอลกอฮอล์	$0.96\%bywt$	

∴ เมื่อคำนวณด้วยอัตราส่วนของน้ำมันไบโอดีเซลต่อแอลกอฮอล์ ในการทดลองจริงก็จะเหลือแอลกอฮอล์ที่ผ่านหน่วยระเหยที่ 2 $\frac{16.28}{Me} = \frac{99.04}{0.96}$

$16.28 \times \frac{0.96}{99.04} = 0.158$ kg

∴ เมื่อคิดเป็นร้อยละการแยกคืนแอลกอฮอล์ที่ได้ตามทฤษฎี $\frac{(0.2-0.14)}{0.2} \times 100 = 29.8\%$

∴ เมื่อคิดเป็นร้อยละการแยกคืนแอลกอฮอล์ที่ได้จากกาทดลอง $\frac{(0.184-0.154)}{0.184} \times 100 = 14.42\%$

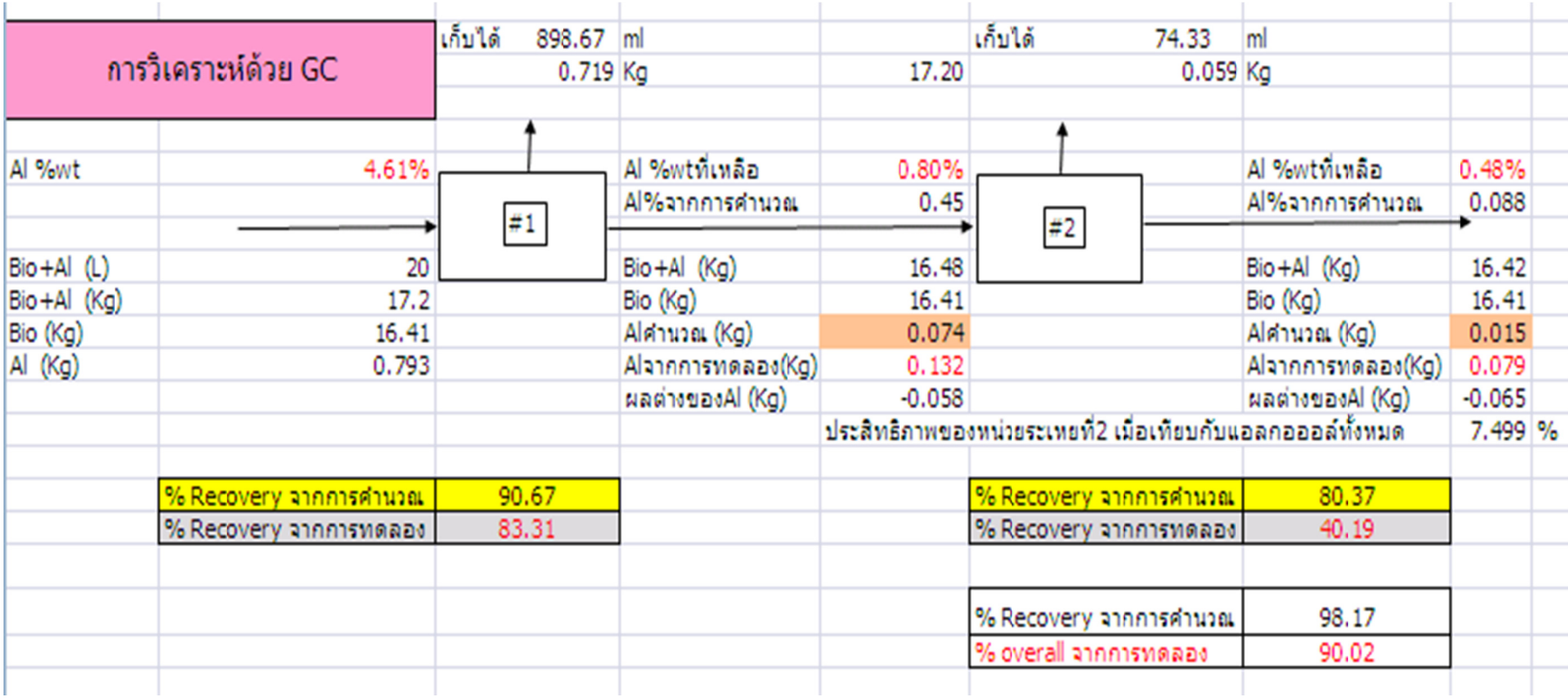
จากการทดลองหาประสิทธิภาพของหน่วยระเหยที่ 2

เมื่อคิดเทียบกับแอลกอฮอล์ทั้งหมดในระบบ $\frac{0.059}{0.92} \times 100 = 6.474\%$

พิจารณาทั้งระบบ

∴ ร้อยละการแยกคืนแอลกอฮอล์ทั้งระบบตามทฤษฎี $\frac{0.92-0.14}{0.92}\times 100 = 84.75$

∴ ร้อยละการแยกคืนแอลกอฮอล์ทั้งระบบจากการทดลอง $\frac{0.92-0.158}{0.92}\times 100 = 82.82$



ภาพประกอบที่ 26 แสดงการคำนวณดุลมวลสารจากค่าการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี

จากภาพประกอบที่ 26 สามารถคำนวณดุลมวลสารได้ดังนี้

ในการทดลองนำน้ำมันไบโอดีเซลตัวอย่างที่ได้ในแต่ละตำแหน่งจากการทดลองไปทำการวิเคราะห์ผลด้วยเทคนิคไมโครเวฟ ซึ่งได้ผลดังตาราง

ตารางที่ 7 แสดงร้อยละของแอลกอฮอล์ที่มีอยู่ในน้ำมันไบโอดีเซลจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี ในแต่ละตำแหน่งการดำเนินการ

ตำแหน่งของไบโอดีเซล	**ร้อยละแอลกอฮอล์ (GC)**
ก่อนเข้าหน่วยระเหยที่ 1	4.61
หลังหน่วยระเหยที่ 1	0.80
หลังหน่วยระเหยที่ 2	0.48

เริ่มต้นการทดลองใช้น้ำมันไบโอดีเซล	20	L
ความหนาแน่นน้ำมันไบโอดีเซล	0.86	kg/L
จะได้น้ำมันไบโอดีเซล	$20 \times 0.86 = 17.2$	kg
ผลจากการวิเคราะห์มีแอลกอฮอล์บริเวณทางเข้า	$4.61\%bywt$	
$\therefore$ จะมีแอลกอฮอล์ในน้ำมันไบโอดีเลเริ่มต้น	$17.2 \times \frac{4.61}{100} = 0.793$	kg
ดังนั้นจึงมีน้ำมันไบโอดีเซล	$17.2 - 0.793 = 16.41$	kg
พิจารณาหน่วยระเหยที่1		
ในการทดลองสามารถเก็บแอลกอฮอล์ที่ผ่านการควบแน่นได้	898.6	kg
ความหนาแน่นของแอลกอฮอล์	0.8	kg/L
$\therefore$ จะได้แอลกอฮอล์จากหน่วยระเหยที่1	$898.67 \times \frac{0.8}{1000} = 0.72$	kg
ดังนั้นในทางทฤษฎีเมื่อผ่านหน่วยระเหยที่1จะเหลือแอลกอฮอล์	$0.794 - 0.72 = 0.074$	kg
และมีน้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่านหน่วยระเหยที่1	16.28	kg
$\therefore$ เมื่อผ่านหน่วยระเหยที่1ในทางทฤษฎีจะมีแอลกอฮอล์เหลืออยู่	$\frac{0.074}{(16.28 + 0.074)} \times 100$	

$= 0.45\%bywt$

แต่ในการทดลองจริงซึ่งได้ทำการวิเคราะห์หาแอลกอฮอล์ที่เหลือด้วยเทคนิคไมโครเวฟ

จะได้แอลกอฮอล์ $0.8\%bywt$

$\therefore$ เมื่อคำนวณด้วยอัตราส่วนของน้ำมันไบโอดีเซลต่อแอลกอฮอล์ ในการทดลองจริงก็จะเหลือ

แอลกอฮอล์ที่ผ่านหน่วยระเหยที่1 $\frac{16.41}{Me} = \frac{99.02}{0.8}$

$$16.41 \times \frac{0.8}{99.02} = 0.132 \text{ kg}$$

$\therefore$ เมื่อคิดเป็นร้อยละการแยกคืนแอลกอฮอล์ที่ได้ตามทฤษฎี $\frac{(0.793 - 0.074)}{0.793} \times 100 = 90.67\%$

$\therefore$ เมื่อคิดเป็นร้อยละการแยกคืนแอลกอฮอล์ที่ได้จากการทดลอง $\frac{(0.793 - 0.132)}{0.793} \times 100 = 83.31\%$

พิจารณาหน่วยระเหยที่ 2

ในการทดลองสามารถเก็บแอลกอฮอล์ที่ผ่านการควบแน่นได้ 74.33 kg

ความหนาแน่นของแอลกอฮอล์ 0.8 kg/L

$\therefore$ จะได้แอลกอฮอล์จากหน่วยระเหยที่2 $74.33 \times \frac{0.8}{1000} = 0.059$ kg

ดังนั้นในทางทฤษฎีเมื่อผ่านหน่วยระเหยที่2 จะเหลือแอลกอฮอล์ $0.074 - 0.059 = 0.015$ kg

และมีน้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่านหน่วยระเหยที่1 16.28 kg

$\therefore$.เมื่อผ่านหน่วยระเหยที่1ในทางทฤษฎีจะมีแอลกอฮอล์เหลืออยู่ $\frac{0.015}{(16.28 + 0.015)} \times 100$

$= 0.088\%bywt$

แต่ในการทดลองจริงซึ่งได้ทำการวิเคราะห์หาแอลกอฮอล์ที่เหลือด้วยเทคนิคไมโครเวฟ

จะได้แอลกอฮอล์ $0.48\%bywt$

$\therefore$ เมื่อคำนวณด้วยอัตราส่วนของน้ำมันไบโอดีเซลต่อแอลกอฮอล์ ในการทดลองจริงก็จะเหลือ

แอลกอฮอล์ที่ผ่านหน่วยระเหยที่2 $\frac{16.41}{Me} = \frac{99.52}{0.48}$

$$16.41 \times \frac{0.48}{99.52} = 0.079 \text{ kg}$$

$\therefore$ เมื่อคิดเป็นร้อยละการแยกคืนแอลกอฮอล์ที่ได้ตามทฤษฎี $\frac{(0.074 - 0.015)}{0.074} \times 100 = 80.37\%$

$\therefore$ เมื่อคิดเป็นร้อยละการแยกคืนแอลกอฮอล์ที่ได้จากการทดลอง $\frac{(0.132 - 0.079)}{0.132} \times 100 = 40.19\%$

จากการทดลองหาประสิทธิภาพของหน่วยระเหยที่2

เมื่อคิดเทียบกับแอลกอฮอล์ทั้งหมดในระบบ $\frac{0.015}{0.793}\times 100 = 7.499\%$

พิจารณาทั้งระบบ

$\therefore$ ร้อยละการแยกคืนแอลกอฮอล์ทั้งระบบตามทฤษฎี $\frac{0.793-0.015}{0.793}\times 100 = 98.17$

$\therefore$ ร้อยละการแยกคืนแอลกอฮอล์ทั้งระบบจากการทดลอง $\frac{0.793-0.079}{0.793}\times 100 = 90.02$

3.4 การทดลองชุดที่ 4

จากการทดลองที่ 3 ในการนำหน่วยระเหยที่ 1 และหน่วยระเหยที่ 2 ต่อเข้าด้วยกัน และดำเนินการทดลองแบบต่อเนื่อง สรุปผลได้ว่าสามารถแยกคืนแอลกอฮอล์จากน้ำมันไบโอดีเซล โดยผ่านกระบวนการระเหยในหน่วยระเหยที่ 1 และหน่วยระเหยที่ 2 จากการทดลองพบว่าสามารถแยกคืนแอลกอฮอล์ได้ร้อยละ 90.02 (จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี) และร้อยละ 82.82 (จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ) ทำให้เกิดสมมติฐานขึ้นว่า เราสามารถแยกคืนแอลกอฮอล์ให้ได้ปริมาณเพิ่มขึ้นอีกหรือไม่ ในการทดลองที่ 4 นี้จึงได้คิดการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม โดยดำเนินกระบวนการภายใต้ความดันสุญญากาศ ซึ่งแตกต่างไปจากการทดลองที่ 3 ในการทดลองได้นำหน่วยระเหยที่ 1 และหน่วยระเหยที่ 2 ต่อเข้าด้วยกันเหมือนการทดลองที่ 3 โดยทำการป้อนน้ำมันไบโอดีเซลที่หน่วยระเหยที่ 1 โดยใส่น้ำมันไบโอดีเซล 20 ลิตร หรือ ประมาณ 17.2 กิโลกรัม ลงในถังอัดความดัน โดยมีแรงดันอากาศเป็นตัวให้ความดันแก่ระบบโดยใช้ความดัน 7 บาร์ ทำให้น้ำมันไหลผ่านไปยัง filter และส่งต่อไปยัง heater เพื่อให้ความร้อนแก่น้ำมันด้วยอัตราการไหล 15 ลิตรต่อชั่วโมง โดย heater ให้ความร้อนแก่น้ำมันไบโอดีเซลจาก 28 องศาเซลเซียส เป็น 90 องศาเซลเซียส จากนั้นส่งต่อไปยังถัง chamber เพื่อทำการระเหยแยกน้ำมันไบโอดีเซลและแอลกอฮอล์ออกจากกัน โดยผ่านหัวฉีดรุ่น KB80 ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 65 ไมโครเมตร โดยแอลกอฮอล์จะเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส ส่วนน้ำมันไบโอดีเซลจะเป็นของเหลวตกสู่ด้านล่างของถัง chamber เข้าสู่ภาชนะถังเก็บ โดยแอลกอฮอล์ที่กลายเป็นแก๊สจะผ่านไปยัง condenser เพื่อทำการควบแน่นให้กลายเป็นของเหลว ซึ่งในการทดลองนี้ สามารถแยกคืนแอลกอฮอล์จากน้ำมันไบโอดีเซลในหน่วยระเหยที่ 1 ปริมาตร 913 มิลลิลิตร หรือ 0.73 กิโลกรัม ซึ่งร้อยละของแอลกอฮอล์ในแต่ละตำแหน่งของการทดลองจะได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ ดังตาราง

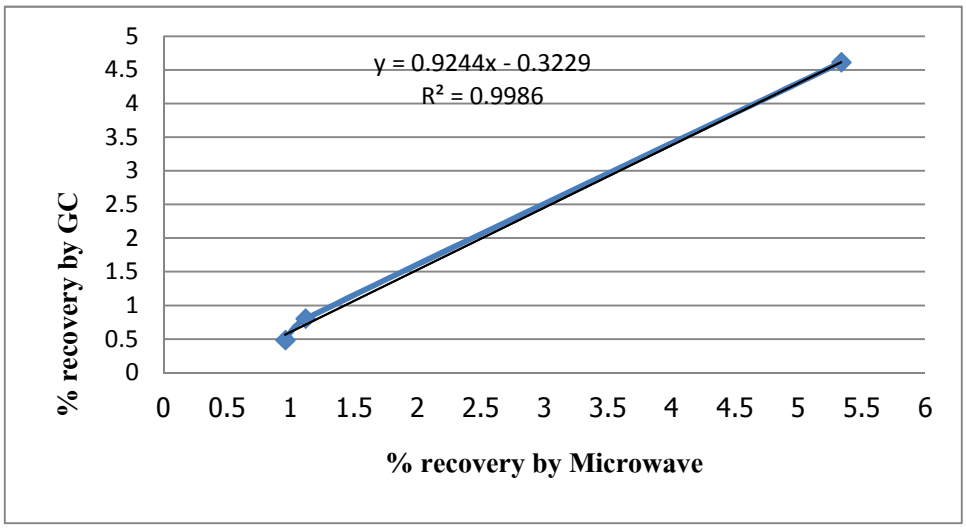
ตารางที่ 8 แสดงร้อยละของแอลกอฮอล์ที่มีอยู่ในน้ำมันไบโอดีเซลจากกาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ ในแต่ละตำแหน่งการดำเนินการ

ตำแหน่งของไบโอดีเซล	**ร้อยละแอลกอฮอล์ (Microwave)**
ก่อนเข้าหน่วยระเหยที่ 1	5.34
หลังหน่วยระเหยที่ 1	1.115
หลังหน่วยระเหยที่ 2	0.96

ซึ่งปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มต้นในน้ำมันไบโอดีเซลทางเข้าหน่วยระเหยที่ 1 คิดเป็น 5.34% ของน้ำหนักไบโอดีเซล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.92กิโลกรัม โดยทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ เมื่อคิดเป็นร้อยละการแยกคืนในหน่วยระเหยที่ 1 จะได้ ร้อยละ 80.01 ของแอลกอฮอล์ทั้งหมดบริเวณทางเข้าหน่วยระเหยที่ 1จากการทำการทดลอง ในขณะเดียวกัน เมื่อคิดเป็นร้อยละการแยกคืนแอลกอฮอล์ในหน่วยระเหยที่ 1 ตามทฤษฎี จะได้ร้อยละ 79.52 ของแอลกอฮอล์ทั้งหมดบริเวณทางเข้าหน่วยระเหยที่ 1 หลังจากนั้นน้ำมันไบโอดีเซลที่อยู่ในภาชนะถังเก็บซึ่งผ่านหน่วยระเหยที่ 1 มาแล้วจะถูกนำมาระเหยซ้ำอีกครั้งในหน่วยระเหยที่ 2 ซึ่งมีปั๊มเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 1600 ซีซี เป็นตัวให้ความดันแก่ระบบโดยใช้ความดันในหน่วยระเหยนี้ที่ 15 บาร์น้ำมันก็จะถูกปั๊มดูดและส่งต่อไปยัง heater เพื่อให้ความร้อนจนน้ำมันมีอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส แล้วถูกส่งต่อไปยังถัง chamber เพื่อทำการระเหยโดยผ่านหัวฉีดรุ่น KB80 ขนาดเส้นผ่นศูนย์กลาง 65 ไมโครเมตร ซึ่งทำให้น้ำมันไบโอดีเซลและแอลกอฮอล์ที่ยังหลงเหลืออยู่บางส่วนแยกออกจากกัน โดยหน่วยระเหยที่ 2 นี้ภายในถัง chamber จะมีสภาวะเป็นสุญญากาศ ความดัน 400 มิลลิเมตรปรอท เนื่องจากหน่วยระเหยที่ 2 ได้ทำการติด vacuum pump ตรงบริเวณทางออก condenser เพื่อต้องการดูดแอลกอฮอล์ที่มีสถานะเป็นแก๊ส ซึ่งมีปริมาณน้อยให้ผ่าน condenser ให้เกิดการควบแน่นได้มากที่สุด โดยแอลกอฮอล์ที่ผ่าน condenser จะตกลงสู่ถังเก็บ และน้ำมันไบโอดีเซลก็จะตกลงสู่ด้านล่างของถัง chamber และเข้าสู้ภาชนะถังเก็บเช่นเดียวกัน ในการทดลองนี้สามารถแยกคืนแอลกอฮอล์จากน้ำมันไบโอดีเซลจากหน่วยระเหยที่ 2 98 มิลลิลิตร หรือ 0.078 กิโลกรัม โดยทำการวิเคราะห์ด้วย

เทคนิคไมโครเวฟ เมื่อคิดเป็นร้อยละการแยกคืนในหน่วยระเหยที่ 2 จะได้ ร้อยละ 14.04 ของแอลกอฮอล์ที่เหลือจากหน่วยระเหยที่ 1จากการทำการทดลอง ในขณะเดียวกัน เมื่อคิดเป็นร้อยละการแยกคืนแอลกอฮอล์หน่วยระเหยที่ 2 ตามทฤษฎี จะได้ร้อยละ 41.68 ของแอลกอฮอล์ที่เหลือจากหน่วยระเหยที่ 1

จากการทดลองในชุดการทดลองที่ 4 หาร้อยละการแยกคืนแอลกอฮอล์ จากน้ำมันไบโอดีเซลทั้งหมดโดยใช้การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ คิดเป็นร้อยละ 88.06 ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการทฤษฎี และคิดเป็นร้อยละ 82.82 เป็นค่าที่ได้จากการทดลอง ในการทดลองที่ 4 นี้ผู้ทำการทดลองไม่ได้ใช้การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีเนื่องจากการวิเคราะห์ตัวอย่างมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงและผลที่ได้อาจจะเกิดความคลาดเคลื่อนเพราะในน้ำมันไบโอดีเซลเริ่มต้นมีปริมาณแอลกอฮอล์ค่อนข้างสูง จึงได้ประยุกต์วิธีการคำนวณโดยใช้วิธีการทำ calibration curve ระหว่างค่าการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีกับค่าการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ ของการทดลองที่ 3 แสดงดังภาพ



ภาพประกอบที่ 27 แสดง calibration curve ของความสัมพันธ์ระหว่างค่าการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีกับค่าการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ

จากการทำ calibration curve จึงสามารถหาแนวโน้มค่าการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีอย่างคราวๆได้ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 9 แสดงร้อยละแอลกอฮอล์ที่เหลือจากการระเหยในแต่ละตำแหน่งด้วยการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีที่ได้จากการทำ calibration curve ในการทดลองที่ 3

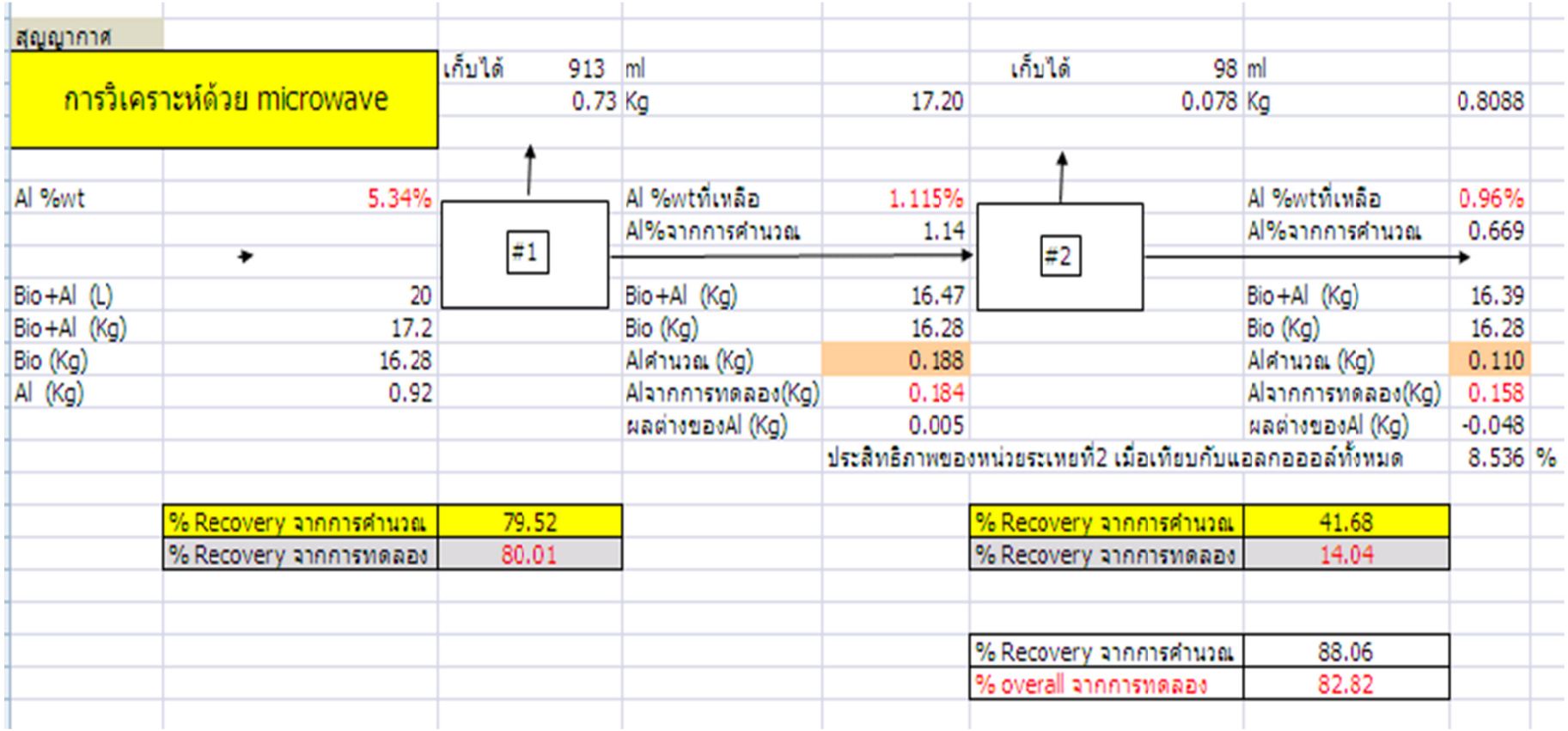
ตำแหน่งของไบโอดีเซล	**ร้อยละแอลกอฮอล์ (Microwave)**	**ร้อยละแอลกอฮอล์**
ก่อนเข้าหน่วยระเหยที่ 1	5.34	4.61
หลังหน่วยระเหยที่ 1	1.115	0.71
หลังหน่วยระเหยที่ 2	0.96	0.56

จากนั้นก็ได้ทำการคำนวณหาร้อยละการแยกคืนแอลกอฮอล์ในแต่ละตำแหน่งของการทดลองเพื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าทางทฤษฎีกับค่าที่ได้จากการทำการทดลอง ดังตาราง

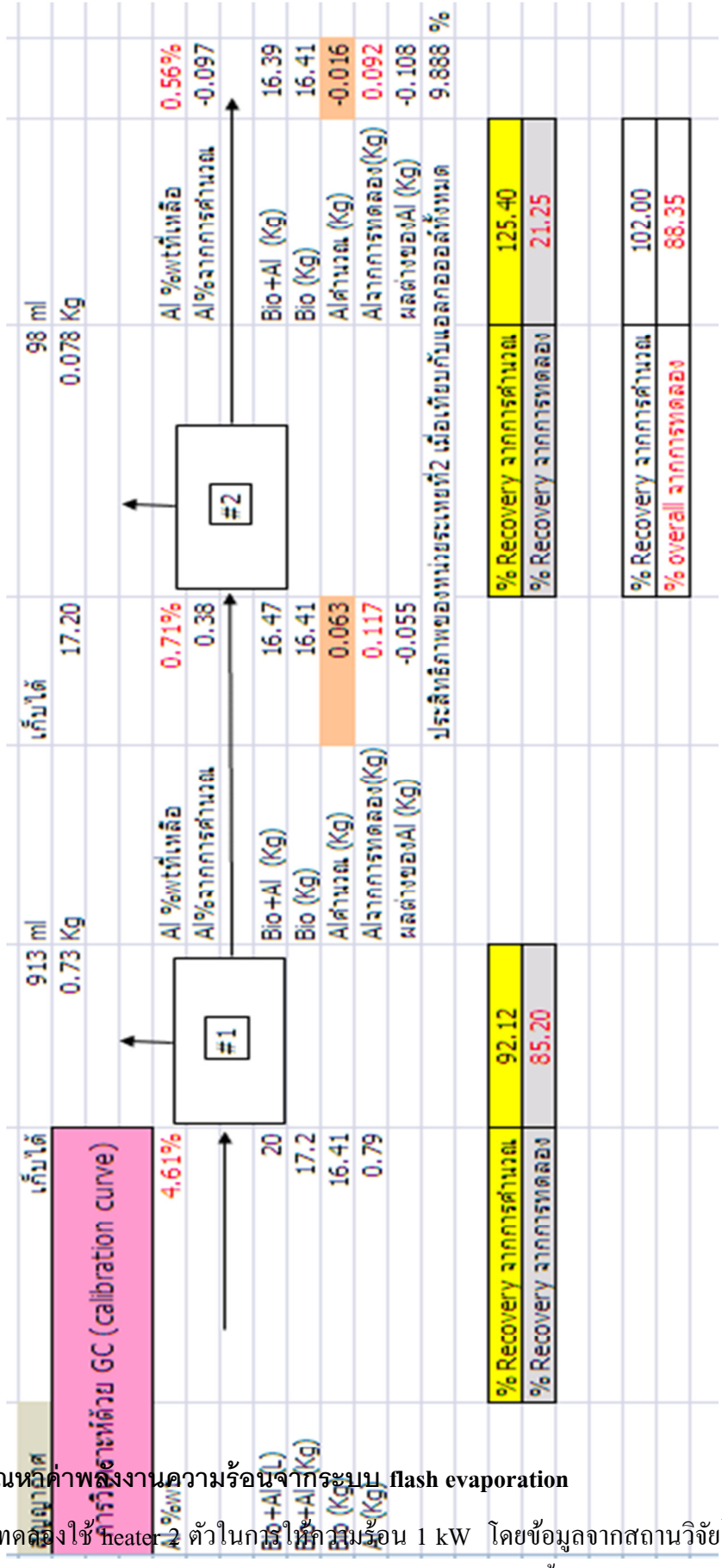
ตารางที่ 10 แสดงร้อยละการแยกคืนแอลกอฮอล์ในแต่ละตำแหน่งโดยใช้การผลวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีและการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ

ตำแหน่งของไบโอดีเซล	**ร้อยละแอลกอฮอล์ (GC)**		**ร้อยละแอลกอฮอล์ (Microwave)**	
	คำนวณ	ทดลอง	คำนวณ	ทดลอง
หลังหน่วยระเหยที่ 1	92.12	85.32	79.52	80.01
หลังหน่วยระเหยที่ 2	125.4	21.25	41.68	14.04
รวมทั้งระบบ	102	88.44	88.06	82.82

การทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่า ผลจากการทดลองไม่มีความแตกต่างกับการทดลองที่ 3 เนื่องมาจากน้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่านหน่วยระเหยที่ 1 แล้วจะถูกแยกคืนแอลกอฮอล์ได้มากพอแล้ว จึงเป็นการยากที่จะแยกคืนแอลกอฮอล์ในหน่วยระเหยที่ 2 ซ้ำ



ภาพประกอบที่ 28 แสดงการคำนวณดุลมวลสาร โดยการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ



ภาพที่ 29 แสดงการคำนวณคุณวุฒิสารจากการทำ calabration curve ระหว่างค่าการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีกับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ

การคำนวณหาค่าพลังงานความร้อนจากระบบ flash evaporation

ในการทดลองใช้ heater 2 ตัวในการให้ความร้อน 1 kW โดยข้อมูลจากสถานวิจัยไบโอดีเซล น้ำมันไบโอดีเซลมีเมทานอลและเอทานอลผสมอยู่ในปริมาณ 5.34%โดยน้ำหนัก

ดังนั้นน้ำมันไบโอดีเซลที่ใช้ทำการทดลอง 20 ลิตร คิดเป็นน้ำหนักเท่ากับ 20 x 0.86 = 17.2 kg

มีแอลกอฮอล์(เมทานอลและเอทานอล) เท่ากับ 0.0534 x 17.2 = 0.92 kg

ปริมาตรแอลกอฮอล์ 0.92/0.8x1000 = 1150 ml

ตารางแสดงค่าต่างๆของน้ำมันไบโอดีเซลที่ใช้ในการคำนวณ

Cp methanol	2.55	KJ/Kg.K
Cp biodiesel	2	KJ/Kg.K
Hv methanol	841	KJ/Kg
T1 (ทางเข้า#1)	28	^{o}C
T2 (ทางออก#1)	90	^{o}C
T3 (ทางเข้า#2)	65	^{o}C
T4 (ทางออก#2)	90	^{o}C

น้ำมันตั้งต้น (L)	**Methanol(kg)**	**Bio (kg)**	**Methanol recovery#1 (kg)**	**Methanol recovery#2 (kg)**
20	**0.91848**	**16.28152**	**0.72**	**0.059**

สมการที่ใช้ในการคำนวณ

$$q = [\dot{m} C \Delta T]_{biodiesel} + [\dot{m} C \Delta T]_{methanol} + \dot{m} Hv_{methanol}$$

หาพลังงานความร้อนที่ใช้ในหน่วยระเหยที่ 1 = [16.28152*2*(90-28)]+[0.91848*2.55*(90-28)]+[0.72*841]

= 2818.75 KJ

หรือ = 0.783 Kw

∴ ในหน่วยระเหยที่1 ใช้พลังงานความร้อนทั้งหมด 0.783 Kw

หาพลังงานความร้อนที่ใช้ในหน่วยระเหยที่ = [16.28152*2*(90-28)]+[0.91848*2.55*(90-28)]+[0.059*841]

= 922.25 KJ

หรือ = 0.256 Kw

∴ ในหน่วยระเหยที่2 ใช้พลังงานความร้อนทั้งหมด 0.256 Kw

∴ ในระบบนี้ต้องใช้พลังงานความร้อนทั้งหมดที่ใช้ในการระเหย 1.039 Kw

ในการทำการแยกคืนแอลกอฮอล์ ในแต่ละครั้งใช้เวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที

∴ จะใช้พลังงานความร้อนในแต่ละการทดลอง เท่ากับ 1.039 x 1.5 = 1.5585 Kwh

คำนวณค่าไฟฟ้า

จากการทดลองได้ทำการวัดพลังงานไฟฟ้าจาก heater ที่หน่วยระเหยที่ 1 และหน่วยระเหยที่ 2 เป็นเวลา1 ชั่วโมง 30 นาที ได้ค่า 1.12 Kwh และ 0.76 Kwh ตามลำดับ

∴ ค่าไฟฟ้าที่ได้จาก heater ทั้งหมดจะมีค่า 1.88 Kwh

ในการดำเนินการจะใช้ pump เป็นตัวป้อนน้ำเข้าสู่ condenser เพื่อใช้ในการควบแน่น ซึ่งใช้กำลัง 0.37 Kw

∴ เมื่อใช้เวลาดำเนินการ 1 ชั่วโมง 30 นาที pump จะใช้พลังงาน 0.37x1.5= 0.555 Kwh

∴ พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในการดำเนินการ เท่ากับ 1.88 + 0.555 = 2.435 Kwh

กำหนดราคาค่าไฟฟ้า เท่ากับ 3 บาท/หน่วย

ค่าไฟฟ้า = จำนวนหน่วย x ราคาค่าไฟต่อหน่วย

= 2.435 x 3

= 7.305 บาท

∴ การแยกคืนแอลกอฮอล์ในหนึ่งการทดลองซึ่งใช้เวลา 1.5 ชั่วโมง จะต้องจ่ายค่าไฟฟ้า = 7.305 บาท

คำนวณค่าใช้จ่ายเมื่อเลือกใช้น้ำมันเตาในการดำเนินการ

พลังงานความร้อนที่ใช้ในกระบวนการระเหยทั้งหมด 1.88 Kwh

น้ำมันเตา 1 ลิตร สามารถให้ความร้อนได้ 11.041 Kwh

∴ .ในระบบให้ความร้อนถ้าให้ความร้อนด้วยน้ำมันเตาจะต้องใช้น้ำมันเตา 1.88/11.041 = 0.1 ลิตร

น้ำมันเตา 1 ลิตร ราคา 16 บาท

∴ จะต้องจ่ายเงินค่าน้ำมันเตาราคา 16 x 0.17 = 2.72 บาท

ค่าไฟฟ้าที่ได้จาก pump เท่ากับ 0.555 x 3 = 1.665 บาท

∴ รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการทดลองด้วยน้ำมันเตา เท่ากับ 2.72+1.665 = 4.389 บาท

ในการทดลองนี้สามารถแยกคืนแอลกอฮอล์จากน้ำมันไบโอดีเซลได้ 0.7784 ลิตร

ราคาเมทานอลที่ได้ราคาลิตรละ 17.5 บาท

∴ จากเมทานอลที่แยกคืนได้คิดเป็นเงิน 0.7784 x 17.5 = 13.622 บาท

คำนวณทางเศษรฐศาสตร์

กรณีที่ 1 เลือกใช้ไฟฟ้าในการดำเนินกระบวนการ

ราคาเมทานอลที่แยกคืนได้ – ค่าไฟฟ้า = 13.622 – 7.305

∴ จะช่วยลดค่าใช้จ่ายเป็นเงิน = 6.317 บาท

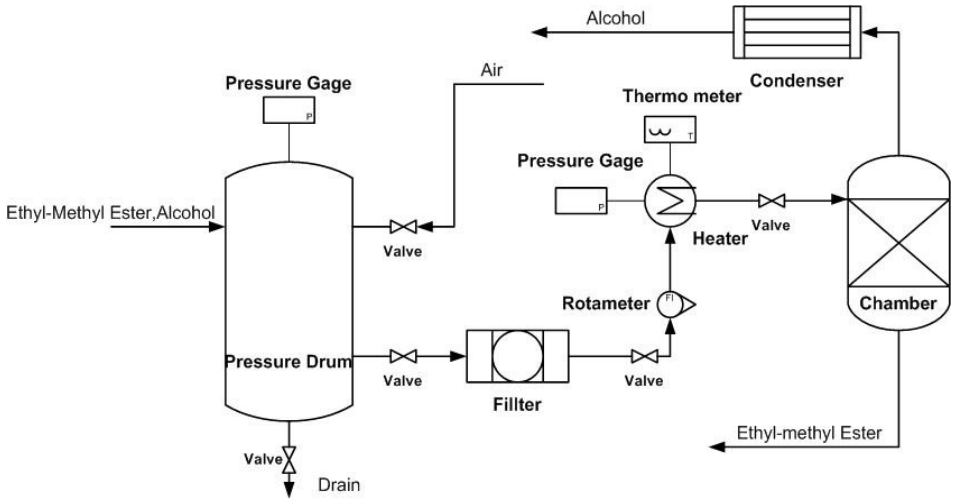
กรณีที่ 2 เลือกใช้น้ำมันเตาในการดำเนินกระบวนการ

ราคาเมทานอลที่แยกคืนได้ – ค่าไฟฟ้า = 13.622 – 4.389

∴ จะช่วยลดค่าใช้จ่ายเป็นเงิน = 9.233 บาท

บทที่ 4

บทวิจารณ์



ภาพประกอบที่ 30 กระบวนการ Flash Evaporation ในการทดลอง
ของยศินทร์ ยางทอง และฐิติพงษ์ รักษ์วงศ์

4.1 ผลของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพในการแยกคืนแอลอออล์ด้วยวิธีการระเหยแบบ flash

จากผลการทดลองที่ได้ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองของยศินทร์ ยางทอง และฐิติพงษ์ รักษ์วงศ์ (2551) ที่ได้ศึกษาการแยกคืนแอลกอฮอล์จากน้ำมันไบโอดีเซล และปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการแยกคืนแอลกอฮอล์โดยวิธีการระเหยแบบ Flash (Flash evaporation) พบว่าในการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2 เป็นการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในกระบวนการระเหยแบบ flash ซึ่งพบว่าเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้การระเหยแบบ flash จะสามารถแยกแอลกอฮอล์ได้เพิ่มขึ้น แต่ในการทดลองในครั้งนี้พบว่าที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส คุณลักษณะสีของน้ำมันไบดอดีเซลจะมีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ซึ่งไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล

4.2 ผลของความดันและอัตราการไหล ต่อประสิทธิภาพในการแยกคืนแอลกอฮอล์ด้วยวิธีการระเหยแบบ flash

จากการทดลองเมื่อทำการเพิ่มความดันสูงขึ้นก็จะมีแนวโน้มที่จะทำให้สามารถแยกคืนแอลกอฮอล์ ด้วยวิธีการระเหยแบบ flash ได้เพิ่มขึ้น แต่ในทางกลับกันเมื่อเพิ่มอัตราการไหลให้สูงขึ้นก็จะมีผลทำประสิทธิภาพให้การแยกคืนแอลกอฮอล์ด้วยวิธีการระเหยแบบ flash ลดลง

4.3 ผลของลักษณะหัวฉีด ต่อประสิทธิภาพในการแยกคืนแอลกอฮอล์ด้วยวิธีการระเหยแบบ flash

จากการทดลองศึกษาการใช้หัวฉัดที่แตกต่างกันในการแยกคืนแอลกอฮอล์ด้วยวิธีการระเหยแบบ flash โดยใช้หัวฉีดรุ่น KB80 ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางของหยดละอองน้ำมัน 65 ไมโครเมตร หัวฉีดรุ่น KB100 ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางของหยดละอองน้ำมัน 90 ไมโครเมตร และหัวฉีดยาฆ่าแมลง ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางของหยดละอองน้ำมัน 0.4 มิลลิเมตร ผลปรากฏว่า หัวฉีดรุ่น KB80 จะทำให้ได้ร้อยละของแอลกอฮอล์ที่ได้จากการแยกคืนด้วยวิธีการระเหยแบบ flash ได้ดีที่สุด เพราะหัวฉีดรุ่น KB80 มีเส้นผ่านศูนย์กลางของหยดละอองน้ำมันเล็กที่สุด จึงทำให้พื้นที่ผิวของหยดละอองน้ำมันมากที่สุด ดังนั้นทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดี จึงทำให้แอลกอฮอล์ระเหยเป็นแก๊ส แล้วสามารถควบแน่นออกมาได้ในปริมาณมากที่สุดจากการทดลอง

4.4 ผลจากการศึกษากระบวนการแยกคืนแอลกอฮอล์จากน้ำมันไบโอดีเซลด้วยวิธีการระเหยแบบ flash แบบต่อเนื่อง

จากการทดลองโดยให้หน่วยระเหยที่ 1 ต่อเข้ากับหน่วยระเหยที่ 2 โดยให้ถัง flash ในหน่วยระเหยที่ 2 อยู่ในสภาวะบรรยากาศ ซึ่งมีความแตกต่างกันน้อยมากเมื่อดำเนินการระเหยแบบ flash แบบต่อเนื่องโดยให้หน่วยระเหยที่ 1 ต่อเข้ากับหน่วยระเหยที่ 2 โดยให้ถัง flash ในหน่วยระเหยที่ 2อยู่ในสภาวะสุญญากาศ จากการทดลองผลปรากฏว่า ในชุดการทดลองที่ 3 ในหน่วยระเหยที่ 1 ให้ประสิทธิภาพในการแยกแอลกอฮอล์ ร้อยละ 79.92 และจากการเพิ่มหน่วยระเหยที่ 2 ในการทดลองที่ 3 ให้ประสิทธิภาพในการแยกคืนเพิ่มขึ้นอีก ร้อยละ 6.474 และหน่วยระเหยที่2 ในการทดลองที่ 4 ในหน่วยระเหยที่ 1 ให้ประสิทธิภาพในการแยกแอลกอฮอล์ ร้อยละ 80.01 และหน่วยระเหยที่ 2 ให้ประสิทธิภาพในการแยกคืนเพิ่มขึ้นอีก ร้อยละ 8.536 และเมื่อพิจารณาถึงความคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์แล้ว พบว่าการแยกแอลกอฮอล์ด้วยวิธีการระเหยแบบ flash แบบหน่วยระเหยเดียว มีความคุ้มทุนกว่าแบบ 2 หน่วยระเหย

ตารางที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบสภาวะที่เหมาะสมในการแยกคืนแอลกอฮอล์จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลชนิดเมทิล-เอทิลเอสเตอร์ของยศินทร์ ยางทอง และฐิติพงษ์ รักษ์วงศ์(2551) กับการทดลองในครั้งนี้

สภาวะ	A	B	
รูปแบบกระบวนการ	แบบกะ	แบบต่อเนื่อง	
	(Batch Process)	(Continuous Process)	
		ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่2
อัตราการไหล (ลิตร/ชั่วโมง)	18	18	15
ความดัน (บาร์)	7	7	15
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	90	90	90
ลักษณะหัวฉีด	หัวพ่นยาฆ่าแมลง	KB80	KB80

เมื่อ A = การทดลองของ ยศินทร์ ยางทอง และฐิติพงษ์ รักษ์วงศ์ (2551)
B = การทดลองในครั้งนี้

ผลการวิจัยพบว่าสามารถแยกคืนแอลกอฮอล์ จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ด้วยวิธีการระเหยแบบ flash ได้ และได้สภาวะที่เหมาะสมในการระเหยแบบ flash คือหน่วยระเหยที่ 1 ใช้อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ความดัน 7 บาร์ อัตราการไหล 18 ลิตรต่อชั่วโมง และใช้หัวฉีดรุ่น KB80 และหน่วยระเหยที่ 2 ใช้อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ความดัน 15 บาร์ อัตราการไหล 15 ลิตรต่อชั่วโมง และใช้หัวฉีดรุ่น KB80 ซึ่งพบว่า ให้ประสิทธิภาพในการแยกคืนแอลกอฮอล์จากการกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ด้วยวิธีการระเหยแบบ flash สูงถึง ร้อยละ 82.82 ของแอลกอฮอล์เริ่มต้นในน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งน้อยกว่าประสิทธิภาพงานวิจัยของ ยศินทร์ ยางทอง และฐิติพงษ์ รักษ์วงศ์ (2551) แต่ค่าที่ได้จากการวัดวิเคราะห์ประสิทธิภาพแม่นยำมากกว่า เพราะการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ มีความน่าเชื่อถือกว่าการวัดวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีซึ่งใช้ในการวัดวิเคราะห์ในงานวิจัยของ ยศินทร์ ยางทอง และฐิติพงษ์ รักษ์วงศ์

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าสภาวะที่เหมาะสมในการแยกคืนแอลกอฮอล์ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

ชุดการทดลองที่ 1 พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการแยกคืนแอลกอฮอล์จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลในหน่วยระเหยที่ 1 สภาวะที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิ 90 องสาเซลเซียส ความดัน 7 บาร์ อัตราการไหล 18 ลิตรต่อชั่วโมง และใช้หัวฉีดรุ่น KB80

ชุดการทดลองที่ 2 พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการแยกคืนแอลกอฮอล์จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลในหน่วยระเหยที่ 2 สภาวะที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิ 90 องสาเซลเซียส ความดัน 15 บาร์ อัตราการไหล 15 ลิตรต่อชั่วโมง และใช้หัวฉีดรุ่น KB80

ชุดการทดลองที่ 3 สามารถยกคืนแอลกอฮอล์จากกระบวนการผลิตนน้ำมันไบโอดีเซล โดยต่อหน่วยระเหยที่ 1 และหน่วยระเหยที่ 2 เข้าด้วยกันโดยภายในถังหน่วยระเหยที่ 2 มีสภาวะบรรยากาศ พบว่าสามารถแยกคืนแอลกอฮอล์ด้วยวิธีการ flash ร้อยละ 82.82 จากแอลกอฮอลีเริ่มต้น

ชุดการทดลองที่ 4 สามารถแยกคืนแอลกอฮอล์จากกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลโดยต่อหน่วยระเหยที่ 1 และหน่วยระเหยที่ 2 เข้าด้วยกันโดยภายในถังหน่วยระเหยที่ 2 เข้าด้วยกันโดยภายในถังหน่วยระเหยที่ 2 มีสภาวะสุญญากาศ โดยหน่วยระเหยที่ 1 ดำเนินการที่อุณหภูมิ 90 องสาเซลเซียส ความดัน 7 บาร์ อัตราการไหล 18 ลิตรต่อชั่วโมง และใช้หัวฉีดรุ่น KB80 และหน่วยระเหยที่ 2 ดำเนินการที่อุณหภูมิ 90 องสาเซลเซียส ความดัน 15 บาร์ อัตราการไหล 15 ลิตรต่อชั่วโมง และใช้หัวฉีดรุ่น KB80 พบว่าสามารถแยกคืนแอลกอฮอล์จากกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลด้วยวิธีการ flash ร้อยละ 82.82 จากแอลกอฮอล์เริ่มต้น

ข้อเสนอแนะ

จากข้อมูลการทดลองสามารถประเมินถึงความเป็นไปได้ของการพัฒนากระบวนการทดลองดังกล่าวไปใช้งานจริงในระดับอุตสาหกรรม โดยสามารถสรุปได้ว่าตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการแยกคืนแอลกอฮอล์ในกระบวนการดังกล่าว คือ การรักษาสภาวะต่างๆอันได้แก่ อัตราการไหลของน้ำมัน ความดันที่ใช้ในการระเหย อุณหภูมิที่ทางออก และหัวฉัด ในกระบวนการให้คงที่ตลอดช่วงเวลาในการดำเนินกระบวนการ และเนื่องจากว่าความดันและหัวฉีดเป็นอีกตัวแปรที่มีความสำคัญต่อการแยกคืนแอลกอฮอล์ด้วยวิธีการระเหยแบบ flash ดังนั้นผู้ที่สนใจที่จะศึกษาเรื่องนี้ ควรทำการทดสอบระบบที่ความดันสูงๆ หรือปรับเปลี่ยนหัวฉีดให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางของหยดละอองน้ำมันน้อยๆ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพมากขึ้น

บรรณานุกรม

กระทรวงพลังงาน. 2550. ศักยภาพของไบโอดีเซลในประเทศไทย. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. [Available online: 3 มีนาคม 2555]. www.dede.co.th

คณะกรรมการการพลังงาน สภาผู้แทนราษฎร. 2545. พลังงานทดแทนเอทานอลและไบโอดีเซล

สิริวุทธิ์ เสียมภักดี. 2009. นวัตกรรมพลังงานทดแทน เอทานอลจากอ้อยและมันสำปะหลัง

ประกาศิต คุณพระศิลา. 2550. การผลิตไบโอดีเซลจากถั่วเหลืองโดยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเค-ชัน. มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ชนิดาภา พันธไชย. 2547. การสกัดแอนทราควิโนนจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วโดยแอทานอลเมทานอลและไอโซโพรพานอล. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

วิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี. 2531. โครงการฐานข้อมูลด้านการผลิต และการซื้อขายผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2010. การผลิตไบโอดีเซล. [Available online: 3 มกราคม 2555]. www.biodiesel.eng.psu.ac.th/whatis.php

ชาคริต ทองอุไร, สัณห์ชัย กลิ่นพิกุล, จรัญ บุญกาญจน์ และพิมพรรณ เกียรติซิมกุล. 2544. การผลิตไบโอดีเซลจากผลปาล์มน้ำมัน. มหาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

สถานบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. พลังงานทดแทน [Available online: 11 มกราคม 2555]. www.erdi.or.th

สำนักนโยบายและแผนยุทยธศาสตร์ สำนักปลัดกระทรวงพลังงาน กระทรวงพลังงาน. [Available online: 21 ธันวาคม 2554]. www.energy.go.th

ชาคริต ทองอุไร. 2543. หลักปฏิบัติการเฉพาะหน่วย2. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

ยศินทร์ ยางทอง และฐิติพงษ์ รักวงศ์. 2008. การแยกคืนแอลกอฮอล์จากนน้ำมันไบโอดีเซลชนิดเมทิล-เอทิลเอสเตอร์ และปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการแยกคืนแอลกอฮอร์โดยวิธีการระเหยแบบ Flash. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

Kungsanant, S. Kitiyanan, B. Rirksomboon, T. Osuwan, S. Scamehorn, J.F. 2008. Toluene removal from nonionic surfactant coacervate phase solution by vacuum stripping.Separation and Purification Technology. Vol.63, pp.370-378

El-Fiqi, A.K., Ali, N.H., El-Dessouky, H.T., Fath, H.S, El-Hefni, M.A.,2007. Flash evaporation in superheated water liquid jet, Desalination, Vol.206, pp.311-321

Issariyekul, T. Kulkarni, M.G. Dalai, A.K. Bakhshi, N.N. 2007. Production of biodiesel from waste fryer grease using mixed methanol/ethanol system, Fuel Processing Technology. Vol.88. pp.429-436

Kulkarni, M.G. Dalai, A.K. Bakhshi, N.N. 2007. Transesterification of canola oil in mixed mrthanol/ethanol system and use of esters as lubricity additive. Bioresource Technology. Vol. 98, pp.2027-2033

Ma, F. M.A. Hanna 1999. Biodiesel production: A review. Bioresource Technology 70. pp.1

Van Gerpen, J. Shanks, B. Pruszko, R. Clements, D. Knothe, G. 2004. “Biodiesel Production Technology”. Subcontractor Report. NREL/SR-510-36244.

Dantas, T.N. Silva, A.C. Neto, A.D. 2001. “New Microemulsion System Using Diesel and Vegetable Oils”. Fuel 80. pp.75.

Chemical Engineering. 2004. “Biodiesel Production Using a Heterogeneous Catalyst” p.1.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2010. การระเหย. [Available online: 21 ธันวาคม 2554]. http://th.wikipedia.org

วิชาการปาล์มน้ำมัน. [Available online: 29 มกราคม 2555]. http://it.doa.go.th/palm/linkTechnical/biodesel.html

ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์ Chemical Data Bank. เอกสารข้อมูลความปลอดภัยเคมีภัณฑ์. [Available online: 29 มกราคม 2555]. http://msds.pcd.go.th

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2010. การระเหย. [Available online: 11 ธันวาคม2554]. http://en.wikipedia.org

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2010. Ethanol fuel in Brazil [Available online: 11 ธันวาคม 2554]. http://en.wikipedia.org

ภูวดี วิชาการดอทคอม. 2008. ผลิตเอทานอลเพื่อแก๊สโซฮอล์. [Available online: 15 ธันวาคม 2554]. http://www.vcharkarn.com/varticle/38199

กระทรวงพลังงาน. ไบโอดีเซล. [Available online: 5 มกราคม 2555]. www.thaienergydata.in.th

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. ไบโอดีเซลพลังงานทางเลือกใหม่. [Available online: 25 มกราคม 2555]. http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=172

ชาคริต ทองอุไร. เมทิล-เอทิลเอสเตอร์. [Available online: 12 มกราคม 2555]. http://share.psu.ac.th/blog/eng-biodiesel/8573

ไบโอดีเซล. [Available online: 31 มกราคม 2555]. http://kmcenter.rid.go.th/kcome/Bio_diesel.pdf

วิชาการดอทคอม. เทคโนโลยีและการพัฒนาการผลิตไบโอดีเซล [Available online: 12 มกราคม 2555]. http://www.vcharkarn.com/varticle/37458

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลเบื้องต้นของสารเคมี

เอทานอล

ข้อมูลทั่วไป

เอทานอล(Ethanol) หรือ (Ethyl alcohol) เป็นสารอินทรีย์ เกิดจากการหมักพืช เพื่อเปลี่ยนแป้งจากพืชเป็นน้ำตาลแล้วเปลี่ยนจากน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์

ชื่อเคมี IUPAC: Ethanol

ชื่อพ้องอื่นๆ Anhydrol; Alcohol; Methylcarbinol; Denatured alcohol; Ethyl hydrate; Ethyl hydroxide; Algrain; Cologne spirit; Fermentation alcohol; Grain alcohol; Jaysol; Jaysol s; Molasses alcohol; Potato alcohol; Spirit; Spirits of wine; Tecsol; Alcohol dehydrated; Ethanol 200 proof; Cologne spirits (alcohol); Sd alcohol 23-hydrogen; Synasol; Ethanol absolute

สูตรโมเลกุล C_2-H_6-O

สูตรโครงสร้าง

รหัส IMO

การใช้ประโยชน์ (Uses)

ใช้ในการผลิตเครื่องดื่ม , ใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง , แก๊สโซลีน , ใช้ในการผลิตยา , เป็นตัวทำละลาย , ใช้เป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน , ใช้ในการผลิตเครื่องสำอาง

ค่ามาตรฐานและความเป็นพิษ (Standard and Toxicity)

LD_{50} (มก./กก.) : 7076 (หนู)

LC_{50} (มก./ม^3) : > 10,000 / - ชั่วโมง (ปลา)

IDLH(ppm) : 3300

PEL-TWA(ppm) : 1000

TLV-TWA(ppm) : 1000

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี (Physical and Chemical Properties)

สถานะ : ของเหลว

สี : ใส ไม่มีสี

นน.โมเลกุล : 46.07

จุดเดือด(^{0}ซ.) : 78

จุดหลอมเหลว/จุดเยือกแข็ง(^{0}ซ.) : -114

ความถ่วงจำเพาะ(น้ำ=1) : 0.789

ความหนาแน่นไอ(อากาศ=1) : 1.6

ความหนืด(mPa.sec) : 1.41

ความคงตัวและการเกิดปฏิกิริยา (Stability and Reaction)

ความคงตัว : สารนี้ปกติจะเสถียร

สารที่เข้ากันไม่ได้ : สารออกซิไดซ์อย่างแรง โพแทสเซียมไดออกไซด์ โบรมีน เพนตะฟลูออไรด์ เปอร์ออกไซด์ กรด กรดคลอไรด์ กรดแอนไฮไดรส์ โลหะอัลคาไลน์ แอมโมเนีย แพทตินั่ม โซเดียม อะเซทิลคลอไรด์

สภาวะที่ควรหลีกเลี่ยง: ประกายไฟ เปลวไฟ แหล่งความร้อน หรือแหล่งอื่นๆ ที่สามารถทำให้เกิดการจุดติดไฟได้

เมทานอล

ข้อมูลทั่วไป

เมทานอล หรือเมทิลแอลกอฮอล์ เป็นผลิตภัณฑ์ ได้จากการสังเคราะห์ระหว่างคาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรเจนภายใต้อุณหภูมิและความดันสูง หรือได้จากกระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์ ซึ่งเมทานอลจะระเหยออกสู่อากาศภายนอก แล้วสลายตัวได้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำหากเราเผาเมทานอลกับอากาศ จะได้คาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ ซึ่งเปลวไฟที่ได้จากการเผาเกือบจะมองไม่เห็นเลย จึงควรระมัดระวังหากมีการใช้ เมทานอลเป็นเชื้อเพลิง มักนิยมใช้เป็นตัวทำละลายในอุตสาหกรรม เช่น สีทาไม้และน้ำมันเคลือบเงา หมึกพิมพ์ เป็นต้น แต่ในปัจจุบันมีผู้ผลิตบางรายฝ่าฝืนข้อห้ามของทางราชการที่ไม่ให้ใช้เมทานอลเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เพื่อการบริโภค และการสัมผัสโดยตรงกับร่างกาย โดยมีการนำเมทานอลไปใช้ในการทำผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป เช่น ผ้าเย็น สเปรย์ฉีดผม แอลกอฮอล์แข็ง สำหรับอุ่นอาหาร เพื่อลดต้นทุนในการผลิต เมื่อร่างกายรับเอา เมทานอลเข้าไป จะออกฤทธิ์ทำลายเนื้อเยื่อของร่างกาย โดยเฉพาะในส่วนของจอตา (Retina) ทำให้ตาบอด นอกจากนี้ผู้ที่ทำงานสัมผัสกับผลิตภัณฑ์ที่มี เมทานอลเป็นตัวทำละลาย เช่น สีทาไม้ หากได้รับการสูดดมไอของเมทานอลนานๆ อย่างต่อเนื่อง อาจเป็นสาเหตุหนึ่งของเส้นเลือดอุดตันในสมอง และเยื่อหุ้มปอดอักเสบได้

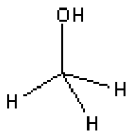
ชื่อเคมี IUPAC: Methanol

ชื่อเคมีทั่วไป Methyl alcohol

ชื่อพ้องอื่นๆ Wood alcohol; Carbinol; Methylol; Wood; Columbian spirits; Colonial spirit; Columbian spirit; Methyl hydroxide; Monohydroxymethane; Pyroxylic spirit; Wood naphtha; Wood spirit; Methyl Alcohol (Methanol);

สูตรโมเลกุล CH_4O

สูตรโครงสร้าง



รหัส IMO

สารนี้ใช้เป็นตัวทำละลาย (SOLVENT)

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี (Physical and Chemical Properties)

สถานะ : ของเหลว

สี : ใสไม่มีสี

น้ำหนักโมเลกุล : 32

จุดเดือด(^{0}ซ.) : 64.6

จุดหลอมเหลว/จุดเยือกแข็ง(^{0}ซ.) : -97.8

ความถ่วงจำเพาะ(น้ำ=1) : 0.79

ความหนาแน่นไอ(อากาศ=1) : 1.1

ความดันไอ(มม.ปรอท) : 96

ความสามารถในการละลายน้ำที่(กรัม/100 มล.) : ละลายน้ำได้ที่ 20 ^{0}ซ.

ความคงตัวและการเกิดปฏิกิริยา (Stability and Reaction)

ความคงตัวทางเคมี : สารนี้มีความเสถียร

สารที่เข้ากันไม่ได้ : สารออกซิไดซ์อย่างแรง โลหะอัลคาไลท์ กรดซัลฟูริกและกรดไนตริกเข้มข้น แอลดีไฮด์ และแอซัลคลอไรด์

สภาวะที่ควรหลีกเลี่ยง : ความร้อน ประกายไฟ และแหล่งจุดติดไฟอื่นๆ

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Impacts)

สารนี้สามารถเกิดการย่อยสลายทางชีวภาพได้ง่าย

สารนี้คาดว่าจะไม่ก่อให้เกิดการสะสมทางชีวภาพ

เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ เป็นพิษต่อปลา และแพลงค์ตอนเมื่อรั่วไหลลงสู่แหล่งน้ำ จะก่อให้เกิดสารผสมที่มีพิษ ไม่สามารถเจือจางได้ และอาจเกิดการผสมกับอากาศเหนือผิวน้ำให้ไอของสารที่ระเบิดได้ ไม่ส่งผลอันตรายต่อระบบบำบัดน้ำทิ้ง หากมีการใช้และจัดการสารเคมีอย่างเหมาะสม

การเก็บและวิเคราะห์ (Sampling and Analytical)

NMAM NO. : 2000, 3800

วิธีการเก็บตัวอย่าง : หลอดเก็บตัวอย่าง

วิธีการวิเคราะห์ : แก๊สโครมาโตกราฟฟี

ภาคผนวก ข

ผลการทดลอง

ข-1 ศึกษาพารามิเตอร์ในการดำเนินการที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการแยกคืนแอลกอฮอล์

ตารางที่ ข-1.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับร้อยละผลได้ของของเหลวที่สามารถแยกคืนได้ภายใต้อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ความดัน 7 บาร์ และใช้หัวฉีดรุ่น KB80

อัตราการไหล (L/hr)	ร้อยละผลได้
18	95.54
20	93.89
25	90.6

ตารางที่ ข-1.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอุณหภูมิกับร้อยละผลได้ของของเหลวที่สามารถแยกคืนได้ภายใต้อัตราการไหล 18 ลิตรต่อชั่วโมง และใช้หัวฉีดรุ่น KB80

ความดัน (bar)	**อุณหภูมิ (^{o}C)**	**ปริมาณของเหลวที่ควบแน่นได้ (ml)**	**ร้อยละผลได้จากการควบแน่น**
3	80	367.77	31.98
3	90	454.83	39.55
3	100	468.28	40.72
5	80	699.20	60.8
5	90	753.71	65.54
5	100	819.49	71.26
7	80	1038.80	90.33
7	90	1098.71	95.54
7	100	1105.38	96.12

ตารางที่ ข-1.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของหัวฉีดกับร้อยละผลได้ของของเหลวที่สามารถแยกคืนได้ภายใต้อัตราการไหล 18 ลิตรต่อชั่วโมง อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส และใช้ความดัน 7 บาร์

ชนิด/รุ่นของหัวฉีด	**ร้อยละผลได้ของปริมาณแอลกอฮอล์**
หัวพ่นยาฆ่าแมลง	89.71
KB100	92.16
KB80	95.54

ข-2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการแยกคืนแอลกอฮอล์ในหน่วยระเหยที่ 2

ตารางที่ ข-2.1 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความดัน โดยดำเนินการภายใต้อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส และใช้หัวฉีดรุ่น KB80

อัตราการไหล(L/hr)	ความดัน(bar)
5	12.6
10	13.7
15	15

ข-3 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการแยกคืนแอลกอฮอล์เมื่อใช้หน่วยระเหยที่ 1 และหน่วยระเหยที่ 2

ตารางที่ ข-3.1 แสดงผลการดำเนินการทดลองแบบต่อเนื่องโดยใช้หัวฉีดรุ่น KB100 ดำเนินการที่สภาวะอุณหภูมิ 90องศาเซลเซียส ความดัน 7 บาร์ และอัตราการไหล 18 ลิตรต่อชั่วโมง ในหน่วยระเหยที่ 1 และดำเนินการที่สภาวะอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ความดัน 15 บาร์ และอัตราการไหล 15 ลิตรต่อชั่วโมง ในหน่วยระเหยที่ 2

การทดลองครั้งที่	ตำแหน่ง	Bio+H_2O+Al(g)	BiO(g)	H_2O+MeOH(g)	%wtH_2O	%wtMeOHที่เหลือ	MeOH ที่เก็บได้(ml)	MeOHที่เก็บได้ (ml)	% MeOH ที่เก็บได้
1	KB100#1	12.78	12.577	0.203	0.128	1.46	796	858	74.609
	KB100#2	10.29	10.152	0.138	0.134	1.21	62		
2	KB100#1	11.65	11.475	0.175	0.125	1.38	815	879	76.435
	KB100#2	11.18	11.040	0.140	0.126	1.13	64		
3	KB100#1	12.11	11.928	0.182	0.131	1.37	823	881	76.609
	KB100#2	12.06	11.912	0.149	0.122	1.11	58		

ตารางที่ ข-3.2 แสดงผลการดำเนินการทดลองแบบต่อเนื่องโดยใช้หัวฉีดรุ่น KB80 ดำเนินการที่สภาวะอุณหภูมิ 90องศาเซลเซียส ความดัน 7 บาร์ และอัตราการไหล 18 ลิตรต่อชั่วโมง ในหน่วยระเหยที่1 และดำเนินการที่สภาวะอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ความดันหัวฉีด 15 บาร์ และมีอัตราการไหล 15 ลิตรต่อชั่วโมง ในหน่วยระเหยที่ 2 โดยภายในถังมีสภาวะความดันบรรยากาศ

การทดลองครั้งที่	**ตำแหน่ง**	**Bio+H_2O+Al(g)**	**BiO(g)**	**H_2O+MeOH(g)**	**%wtH_2O**	**%wtMeOH ที่เหลือ**	**MeOH ที่เก็บได้ (ml)**	**MeOHที่เก็บได้ (ml)**	**% MeOH ที่เก็บได้**
1	KB80#1	10.21	10.077	0.133	0.151	1.15	895	965	83.91
	KB80#2	10.63	10.507	0.123	0.147	0.96	70		
2	KB80#1	10.88	10.743	0.137	0.173	1.09	912	984	85.57
	KB80#2	11.84	11.710	0.131	0.163	0.94	72		
3	KB80#1	11.19	11.048	0.142	0.146	1.12	889	970	84.35
	KB80#2	11.07	10.948	0.122	0.142	0.98	81		

ตารางที่ ข-3.3 แสดงผลการดำเนินการทดลองแบบต่อเนื่องโดยใช้หัวฉีดรุ่น KB80 ดำเนินการที่สภาวะอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ความดัน 7 บาร์ และอัตราการไหล 18 ลิตรต่อชั่วโมง ในหน่วยระเหยที่ 1 และดำเนินการที่สภาวะอุณหภูมิ 90องศาเซลเซียส ความดันหัวฉีด 15 บาร์ และมีอัตราการไหล 15 ลิตรต่อชั่วโมง ในหน่วยระเหยที่ 2 โดยภายในถังมีสภาวะความดันสูญญากาศ

การทดลองครั้งที่	**ตำแหน่ง**	**Bio+H_2O+Al(g)**	**BiO(g)**	**H_2O+MeOH(g)**	**%wtH_2O**	**%wtMeOH ที่เหลือ**	**MeOH ที่เก็บได้ (ml)**	**MeOHที่เก็บได้ (ml)**	**% MeOH ที่เก็บได้**
1	KB80#1	11.08	10.936	0.144	0.168	1.13	908	1009	87.74
	KB80#2	10.87	10.747	0.123	0.164	0.97	101		
2	KB80#1	10.56	10.427	0.133	0.159	1.1	918	1013	88.09
	KB80#2	10.96	10.839	0.121	0.154	0.95	95		

ข-4 ผลการทดสอบและเทคนิคที่ใช้ในการทดสอบ

ตารางที่ ข-4.1 แสดงผลการทดสอบตัวอย่างในแต่ละตำแหน่งของกระบวนการทดลองที่ได้จากจากวัดวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Microwave และเทคนิค Gas chromatography

ตำแหน่งของไบโอดีเซล	**Microwave(%)**	**GC(%)**
ก่อนเข้าหน่วยระเหยที่ 1	5.34	4.61
หลังหน่วยระเหยที่ 1	1.12	0.80
หลังหน่วยระเหยที่ 2	0.96	0.48

ตารางที่ ข-4.2 แสดงผลการทดสอบตัวอย่างในแต่ละตำแหน่งของกระบวนการทดลองที่ได้จากจากวัดวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Microwave และเทคนิค Calibration curve

ตำแหน่งของไบโอดีเซล	**Microwave(%)**	Calibration curve
ก่อนเข้าหน่วยระเหยที่ 1	5.34	4.61
หลังหน่วยระเหยที่ 1	1.115	0.71
หลังหน่วยระเหยที่ 2	0.96	0.56

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายวศิน กลัดทอง

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5210120040

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (เคมี)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2551

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

ทุนสาขาความเป็นเลิศ (DOE) ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

Kladtong, W., Tongurai, C., and Chongkhong, S. 2011. RECOVERY OF ALCOHOL FROM MIXED METHANOL-ETHANOL SYSTEM OF BIODIESEL PRODUCTION. Proceeding of the Internation Conference on Alternative Energy in Developing Countries an Emerging Economies (2011 AEDCEE), May 25-28, 2011, Songkhla, Thailand.