

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การคำนวณค่าต่างๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

1. การคำนวณน้ำหนักโมเลกุลของน้ำมันที่ผ่านการใช้ทอดแล้ว

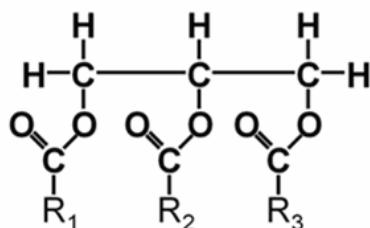
จากการวิเคราะห์ปริมาณและชนิดของกรดไขมันด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีของน้ำมันที่ผ่านการใช้ทอดแล้ว แสดงดังตารางผนวกที่ ก1

ตารางผนวกที่ ก1 ปริมาณและชนิดของกรดไขมันของน้ำมันพืชที่ผ่านการใช้ทอดแล้ว

กรดไขมัน		น้ำหนักโมเลกุล	ส่วนประกอบของกรดไขมันในน้ำมันที่ผ่านการใช้ทอดแล้ว (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)
ชื่อ	โครงสร้าง		
Lauric	12:0	200.32	0.4
Myristic	14:0	228.37	1.1
Palmitic	16:0	256.42	25.8
Palmitoleic	16:1 n-1	254.41	1
Stearic	18:0	284.48	4.7
Oleic	18:1	282.46	34.6
Linoleic	18:2	280.45	29.4
α -Linolenic	18:3 n-3	278.49	2.5
Arachidonic	20:0	304.47	0.2
cis-11-Eicosenoic	20:1 n-9	310.51	0.3

หมายเหตุ: วิธีทดสอบ Inhouse Method : T-BC-01 based on AOAC 969.33, AOAC 991.39 (2005)

จากการวิเคราะห์พบว่า น้ำมันประกอบด้วย ไตรกลีเซอไรด์ 98.99 เปอร์เซ็นต์ และกรดไขมันอิสระ 1.01 เปอร์เซ็นต์ของกรดโอเลอิก จากโครงสร้างโมเลกุลไตรกลีเซอไรด์แสดงดังภาพผนวกที่ ก1 สามารถนำมาคำนวณหาน้ำหนักโมเลกุลของน้ำมันพืชที่ผ่านการใช้ทอดแล้วจากสมการดังนี้ (สุกัญญา, 2545)



ภาพผนวกที่ ก1 โครงสร้างโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์

$$MW_{oil} = MW_{TG} + MW_{FFA}$$

$$MW_{TG} = 3(\bar{R}) + 173$$

โดยที่ $\bar{R} = \sum \left(\frac{\%FA_n}{100} \times MW_n \right)$

MW_{oil} = น้ำหนักโมเลกุลของน้ำมัน

MW_{TG} = น้ำหนักโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์

MW_{FFA} = น้ำหนักโมเลกุลของกรดไขมันอิสระ

FA_n = ปริมาณของกรดไขมัน

MW_n = น้ำหนักโมเลกุลของกรดไขมันที่ลบออกด้วยน้ำหนักโมเลกุลของ COOH
(ลบออกด้วย 45.02)

วิธีการคำนวณ:

$$\bar{R} = \sum \left(\frac{(0.4 \times 155.30) + (1.1 \times 183.35) + (25.8 \times 211.41) + \dots + (2.5 \times 233.41) + (0.2 \times 259.45) + (0.3 \times 265.50)}{100} \right)$$

$$= 229.05$$

$$MW_{TG} = 3(229.05) + 173$$

$$= 860.15$$

$$\begin{aligned}
 MW_{oil} &= MW_{TG} + MW_{FFA} \\
 &= (0.9899 \times 860.15) + (0.0101 \times 282.46) \\
 &= 854.32 \text{ กรัมต่อโมล}
 \end{aligned}$$

2. การคำนวณปริมาณน้ำมันและเมทานอลที่ใช้ตามอัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมัน

การคำนวณหาปริมาณเมทานอลและน้ำมันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา สามารถคำนวณได้ดังนี้

กำหนด:

มวลโมเลกุลของน้ำมันที่ผ่านการใช้ทอดแล้วเท่ากับ 854.32 กรัมต่อโมล
 มวลโมเลกุลของเมทานอลเท่ากับ 32.04 กรัมต่อโมล

ตัวอย่างการคำนวณ:

ถ้าต้องการเตรียมอัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมันเท่ากับ 6.05:1 โดยใช้
 ปริมาณวัตถุดิบเป็นน้ำมันที่ผ่านการใช้ทอดแล้วเท่ากับ 30 กรัม

เมทานอล 6.05 โมล มีน้ำหนัก = $6.05 \times 32.04 = 193.84$ กรัม

น้ำมันที่ผ่านการใช้ทอดแล้ว 1 โมล มีน้ำหนัก = $1 \times 854.32 = 854.32$ กรัม

ถ้าใช้น้ำมันที่ผ่านการใช้ทอดแล้วปริมาณ 854.32 กรัม จะต้องใช้ปริมาณเมทานอล
 เท่ากับ 193.84 กรัม

ดังนั้น ถ้าใช้น้ำมันที่ผ่านการใช้ทอดแล้วปริมาณ 30 กรัม

จะใช้เมทานอลปริมาณ $= \frac{30 \times 193.84}{854.32} = 6.81$ กรัม

3. การคำนวณเปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

การคำนวณหาปริมาณเมทิลเอสเทอร์ในไบโอดีเซลโดยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี ตามมาตรฐาน EN 14103 ซึ่งใช้ Methyl Heptadecanoate เป็นสาร Internal Standard สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ

$$\%FAME = \frac{(\sum A) - A_{EI}}{A_{EI}} \times \frac{C_{EI} \times V_{EI}}{m} \times 100\%$$

โดยที่

$\%FAME$ = เปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์

$\sum A$ = พื้นที่ใต้กราฟรวมของเมทิลเอสเทอร์ตั้งแต่ C_{14} ถึง C_{24}

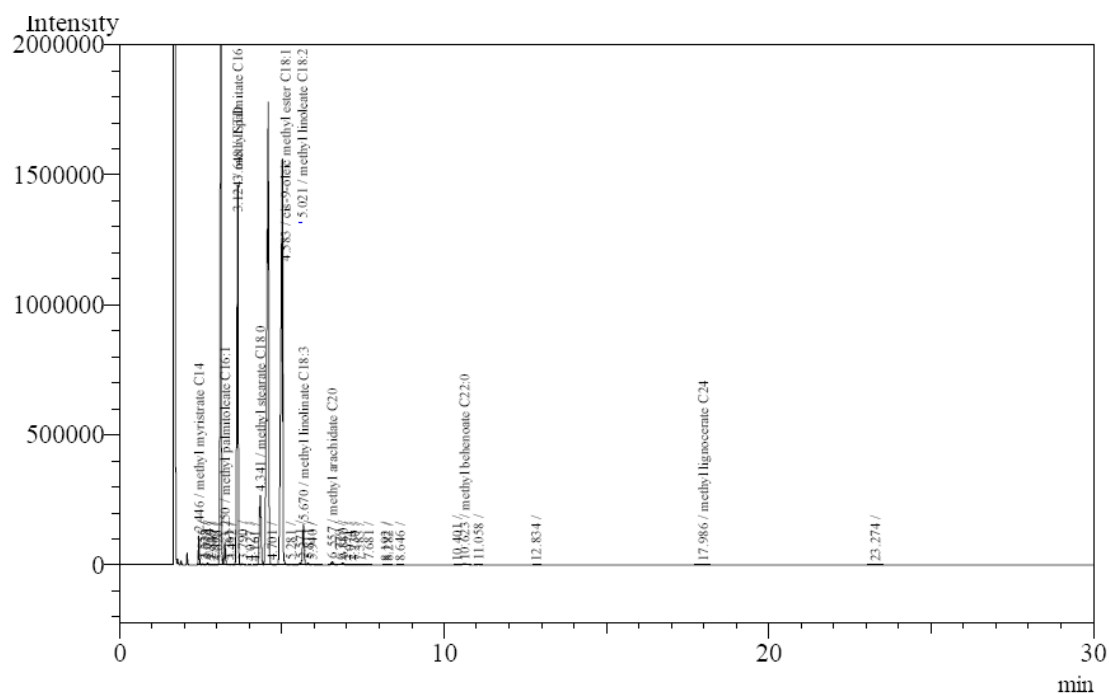
A_{EI} = พื้นที่ใต้กราฟของสารละลายมาตรฐาน Methyl Heptadecanoate ($C_{17:0}$)

C_{EI} = ความเข้มข้นของ Methyl Heptadecanoate ($C_{17:0}$) หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

V_{EI} = ปริมาตรของ Methyl Heptadecanoate ($C_{17:0}$) หน่วยเป็นไมโครลิตร

m = น้ำหนักเมทิลเอสเทอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ หน่วยเป็นมิลลิกรัม

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณเมทิลเอสเทอร์



ภาพผนวกที่ ก2 ตัวอย่างโครมาโทแกรมของตัวอย่างเมทิลเอสเทอร์

ตารางผนวกที่ ก2 ตัวอย่างค่าจากโครมาโทแกรมของตัวอย่างเมทิลเอสเทอร์

Peak#	Ret.Time	Area	Height	Name
1	2.446	212727	111644	C14
2	2.555	13768	5684	
3	2.628	4890	2422	
4	2.724	24893	8431	
5	2.829	5286	1583	
6	2.909	1747	871	
7	3.020	2142	1125	
8	3.124	5127821	2124276	C16
9	3.250	228038	89546	C16:1
10	3.361	7584	2479	

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

Peak#	Ret.Time	Area	Height	Name
11	3.452	8732	3114	
12	3.648	4080773	1459721	ISTD
13	3.790	17894	4602	
14	4.027	1328	513	
15	4.161	3137	1023	
16	4.341	1034556	266591	C18:0
17	4.583	7223895	1776998	C18:1
18	4.701	3159	1510	
19	5.021	6209945	1558392	C18:2
20	5.281	8530	2657	
21	5.571	26796	7559	
22	5.670	537741	155141	C18:3
23	5.811	24981	6779	
24	5.940	16669	2378	
25	6.557	54086	11960	C20
26	6.779	10970	2401	
27	6.880	43084	8134	
28	7.074	5792	836	
29	7.230	1770	344	
30	7.383	4943	810	
31	7.681	6318	1394	
32	8.192	3839	783	
33	8.282	2624	541	
34	8.646	7236	1253	
35	10.401	1362	282	
36	10.623	49634	5167	C22:0

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

Peak#	Ret.Time	Area	Height	Name
37	11.058	7025	1237	
38	12.834	3450	494	
39	17.986	13648	1038	C24
40	23.274	13717	994	
Total		25056530	7632707	

จากตารางที่ ก2 สามารถคำนวณหาค่าตัวแปรต่างๆ ได้ดังนี้

$$\sum A = 24772864 \text{ (พื้นที่ใต้กราฟรวมของเมทิลเอสเทอร์ตั้งแต่ } C_{14} \text{ ถึง } C_{24})$$

$$A_{EI} = 4080773$$

$$C_{EI} = 10.271 \text{ มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร}$$

$$V_{EI} = 1 \text{ มิลลิลิตร}$$

$$m = 57 \text{ มิลลิกรัม}$$

จากสมการ

$$\%FAME = \frac{(\sum A) - A_{EI}}{A_{EI}} \times \frac{C_{EI} \times V_{EI}}{m} \times 100\%$$

ดังนั้น

$$\%FAME = \frac{(24772864) - 4080773}{4080773} \times \frac{10.271 \times 1}{57} \times 100\% = 91.36\%$$

4. การคำนวณร้อยละของผลได้ (Yield)

การคำนวณร้อยละของผลได้ตามวิธีของ Leung and Guo (2006) โดยสามารถคำนวณจากสมการดังนี้

$$\text{Yield} = \frac{\text{Weight of Product (g)}}{\text{Weight of Raw Oil (g)}} \times 100$$

ตัวอย่างการคำนวณ

น้ำหนักของน้ำมันวัตถุดิบเริ่มต้นเท่ากับ	30 กรัม
น้ำหนักของเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตได้เท่ากับ	28.32 กรัม

ดังนั้นได้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์เท่ากับ $\frac{28.32}{30} \times 100 = 94.4$ เปอร์เซ็นต์

5. ค่าความเป็นกรด

ชั่งสารตัวอย่าง 5 กรัมใส่ขวดรูปชมพู่ เติมน้ำสารละลายโพรพานอล 50 มิลลิลิตร หยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 2-3 หยด จากนั้นนำสารละลายผสมที่ได้มาไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 N สารละลายจะเปลี่ยนจากไม่มีสีไปเป็นสีชมพูที่จุดยุติ จดปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้เพื่อคำนวณหาค่าความเป็นกรดตามสมการดังนี้

$$\text{ค่าความเป็นกรด} = \frac{\text{ปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ (มิลลิลิตร)} \times 56.1 \times 0.1}{\text{น้ำหนักของน้ำมันตัวอย่างตั้งต้น หรือเมทิลเอสเทอร์ (กรัม)}}$$

ตัวอย่างคำนวณหาค่าความเป็นกรดของไบโอดีเซล

ปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้เท่ากับ	1.2 มิลลิลิตร
น้ำหนักของไบโอดีเซล	5.06 กรัม

ดังนั้น ค่าความเป็นกรดของไบโอดีเซลเท่ากับ

$$\frac{1.2 \times 56.1 \times 0.1}{5.06} = 1.33 \text{ มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัม}$$

ภาคผนวก ข

วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติของไบโอดีเซล

1. การวิเคราะห์ค่าความหนาแน่น

เปิดเครื่องวัดความหนาแน่นรุ่น Toledo DE40 จากบริษัท Mettler แสดงดังภาพผนวกที่ ข1 ทำการตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการวัด แล้วรอจนกระทั่งเครื่องขึ้นคำว่า Ready จึงเริ่มทำการวิเคราะห์หาความหนาแน่นของสารตัวอย่าง โดยฉีดสารตัวอย่างเข้ากับหลอดออสซิเลตติงของเครื่องวัดประมาณ 3-5 มิลลิลิตรด้วยหลอดฉีดยา ระวังอย่าให้มีฟองอากาศ กด Measure เครื่องจะทำการวัดค่าความหนาแน่นของสารตัวอย่าง รอจนกระทั่งวัดค่าความหนาแน่นเสร็จ ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง โดยดันหลอดฉีดยาให้สารตัวอย่างเลื่อนไปจากตำแหน่งเดิมประมาณ 10 เซนติเมตร แล้วจึงค่อยทำการวัดใหม่ นำผลที่ได้มาเฉลี่ยจะได้ค่าความหนาแน่นของสารตัวอย่าง



ภาพผนวกที่ ข1 เครื่องวัดความหนาแน่นรุ่น Toledo DE40 จากบริษัท Mettler

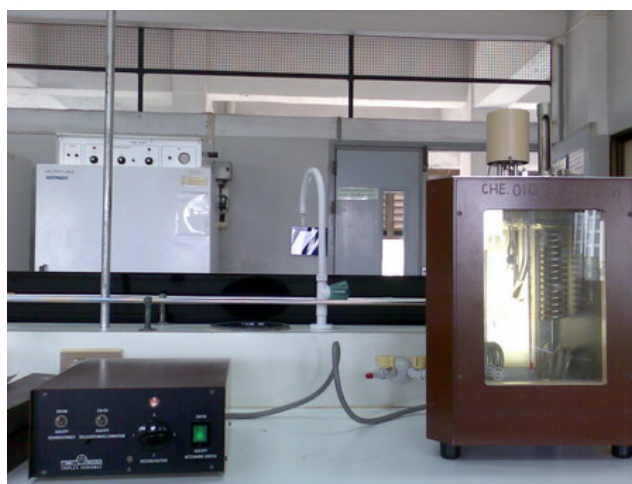
หลังจากทำการทดลองเสร็จแล้ว ให้ดูดสารตัวอย่างกลับเข้าหลอดฉีดยาให้หมด แล้วจึงทำการล้างโดยใช้ตัวทำละลาย เช่น เมทานอล เอทานอล หรืออะซิโตน ฉีดเข้าไปในเครื่องวัดทางหลอดออสซิเลตติง ทำการล้างจนสะอาด กดค้างที่ค้ำสั่ง Purge เครื่องจะเป่าลมผ่านหลอดออสซิเลตติงจนแห้ง แล้วจึงกดที่ค้ำสั่ง Calibrate เครื่องจะทำการ Calibrate ด้วยอากาศ ซึ่งเครื่องจะบอกว่า Calibrate ผ่านหรือไม่ ถ้าไม่ผ่านให้ทำการล้างด้วยตัวทำละลายใหม่ สุดท้ายกดค้างที่ค้ำสั่ง Purge อีกครั้ง เพื่อทำการเป่าลมจนแห้ง จึงค่อยปิดเครื่อง

2. การวิเคราะห์ค่าความหนืด

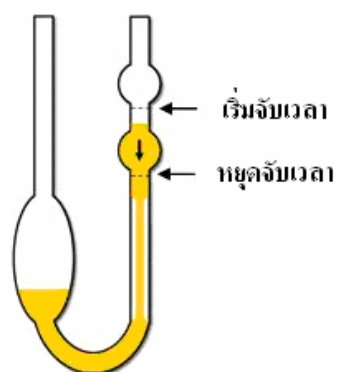
เปิดเครื่อง Constant – Temperature Bath แสดงดังภาพผนวกที่ ข2 ทำการปรับอุณหภูมิเป็น 40 องศาเซลเซียส เทสารตัวอย่างประมาณ 20 มิลลิลิตร ลงในหลอดวัดความหนืด (Viscometer) ที่ทราบค่าคงที่ของหลอด แล้วจึงนำไปใส่ในเครื่อง Constant – Temperature Bath รอจนกระทั่งอุณหภูมิคงที่เป็นเวลาประมาณ 30 นาที ใช้ลูกยางทำการดูดสารตัวอย่างจากหลอดวัดความหนืดให้ขึ้นมาอยู่เหนือขีดบนของหลอด ทำการจับเวลาเมื่อสารตัวอย่างไหลลงมาจากขีดบนจนถึงขีดล่างของหลอดวัดความหนืด แสดงดังภาพผนวกที่ ข3 บันทึกเวลาที่ใช้ ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง นำเวลาที่ได้มาเฉลี่ยเพื่อหาค่าความหนืดจากสมการ

$$\mu_k = Ct$$

โดย μ_k = ค่าความหนืด หน่วยเป็น เซนติสโตกส์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส
 C = ค่าความหนืดต่อเวลาของหลอดวัดความหนืด ซึ่งในการทดลองนี้ใช้หลอดวัดความหนืดที่มีค่า C ที่ 40 องศาเซลเซียสเท่ากับ 0.01463 เซนติสโตกส์ต่อวินาที
 t = เวลาที่สารตัวอย่างใช้ในการไหลลงมาจากขีดบนจนถึงขีดล่างของหลอดวัดความหนืด หน่วยเป็น วินาที



ภาพผนวกที่ ข2 เครื่อง Constant – Temperature Bath



ภาพผนวกที่ ข3 วิสโคมิเตอร์สำหรับวัดหาความหนืด

3. การวิเคราะห์ค่าจุดวาบไฟ (Flash Point)

เทสารตัวอย่างประมาณ 50 มิลลิลิตรลงในถ้วยโลหะของเครื่อง Pensky-Martens Closed Flash Tester แสดงดังภาพผนวกที่ ข4 แล้วค่อยๆเพิ่มความร้อนให้กับสารตัวอย่าง พร้อมกับจุดไฟ ในช่วงที่อุณหภูมิสูงขึ้นแต่ละช่วง ถ้าเห็นไฟวาบขึ้นเป็นครั้งแรก อุณหภูมิที่ได้คือจุดวาบไฟ



ภาพผนวกที่ ข4 เครื่อง Pensky-Martens Closed Flash Tester

4. การวิเคราะห์จุดหมอกควัน (Cloud Point)

ประกอบเครื่องมือดังภาพผนวกที่ ข5 เทสารตัวอย่างลงใน Test Jar ให้ได้ระดับที่ขีดไว้บน Test Jar ปิดด้วยจุกไม้ที่มีเทอร์โมมิเตอร์เสียบอยู่สูงกว่าก้น Test Jar ประมาณ 3-5 มิลลิเมตร สวม Gasket รอบ Test Jar เพื่อป้องกันการกระแทก นำ Test Jar วางลงใน Jacket แล้วจึงนำไปไว้ในอ่างที่มีน้ำแข็งกับเกลือผสมอยู่ คอยสังเกตบริเวณก้น Test Jar เมื่อเกิดจุดหมอกขึ้นที่ก้นของ Test Jar ให้อ่านอุณหภูมิขณะนั้น แล้วจึงค่อยนำ Test Jar ออกมาจากอ่าง สังเกตจนกระทั่งหมอกหายไป จดค่าอุณหภูมิที่หมอกหายไป นำค่าที่อ่านได้ทั้งสองมาเฉลี่ย อุณหภูมิที่ได้คือจุดหมอกควัน

5. การวิเคราะห์จุดไหลเท (Pour Point)

ประกอบเครื่องมือดังภาพผนวกที่ ข5 เทสารตัวอย่างลงใน Test Jar ให้ได้ระดับที่ขีดไว้บน Test Jar ปิดด้วยจุกไม้ที่มีเทอร์โมมิเตอร์เสียบอยู่สูงกว่าก้น Test Jar ประมาณ 3-5 มิลลิเมตร สวม Gasket รอบ Test Jar เพื่อป้องกันการกระแทก นำ Test Jar ไปวางลงใน Jacket แล้วจึงนำไปไว้ในอ่างที่มีน้ำแข็งกับเกลือผสมอยู่ และเมื่ออุณหภูมิลดลง จนสารตัวอย่างเริ่มแข็ง ค่อยๆเอียง Test Jar เป็นมุมประมาณ 45 องศา เป็นเวลา 3 วินาที อุณหภูมิแรกที่ทำให้สารตัวอย่างไม่มีการไหลตามแรงโน้มถ่วงของโลกคือจุดไหลเท



ภาพผนวกที่ ข5 เครื่องมือวิเคราะห์จุดหมอกควันและจุดไหลเท

ภาคผนวก ค

ข้อมูลของการวิเคราะห์ทางสถิติ

1. ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ปรับค่าแล้ว

ค่า $R^2(\text{adj})$ เป็นค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ปรับค่าแล้ว ใช้ประกอบการพิจารณาเมื่อข้อมูลมีจำนวนน้อยกว่า 30 ตัวอย่าง ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการนี้

$$R_{adj}^2 = 1 - \frac{n-1}{n-k-1} \times (1 - R^2)$$

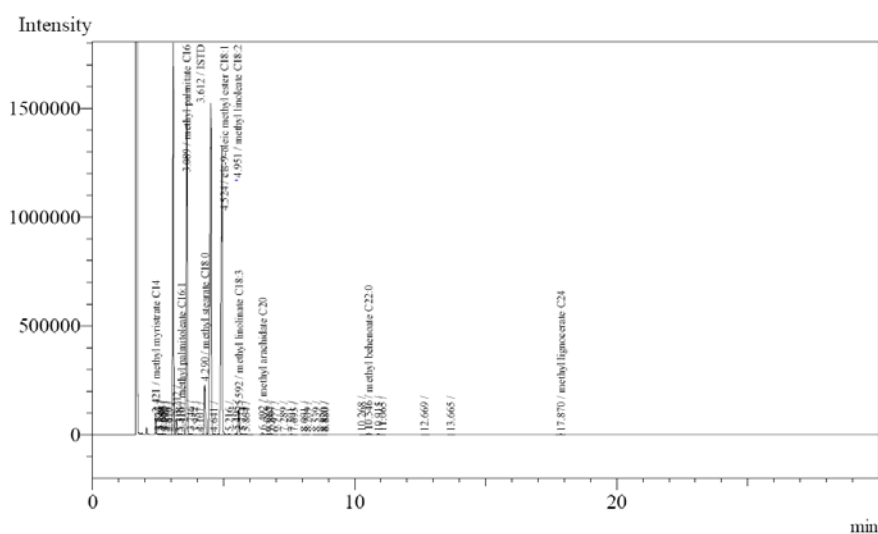
โดยที่ n = จำนวนการทดลอง

k = จำนวนสัมประสิทธิ์ในแบบจำลอง

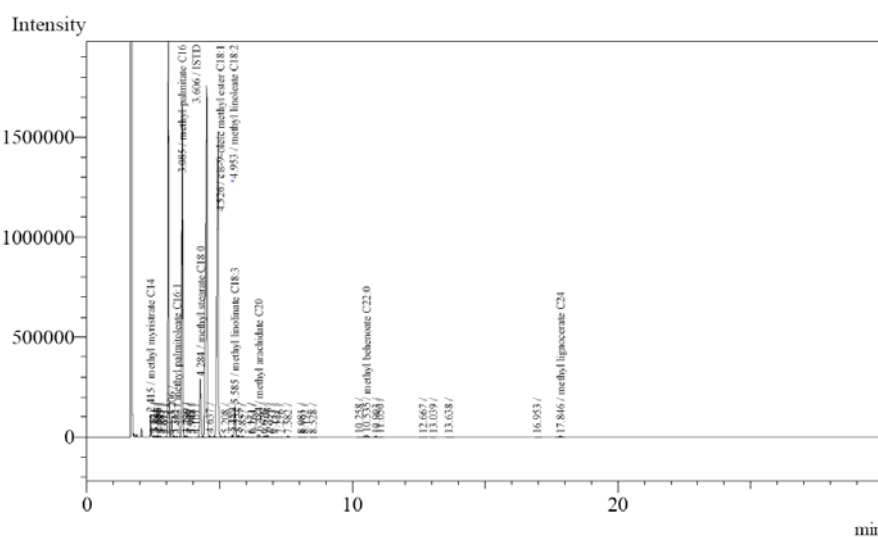
R^2 = ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ

ภาคผนวก ง

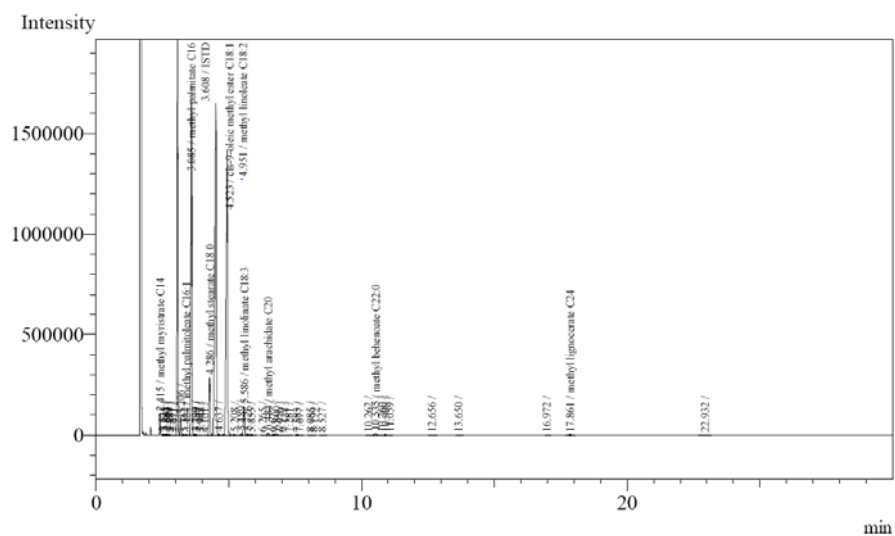
โครมาโทแกรมของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี



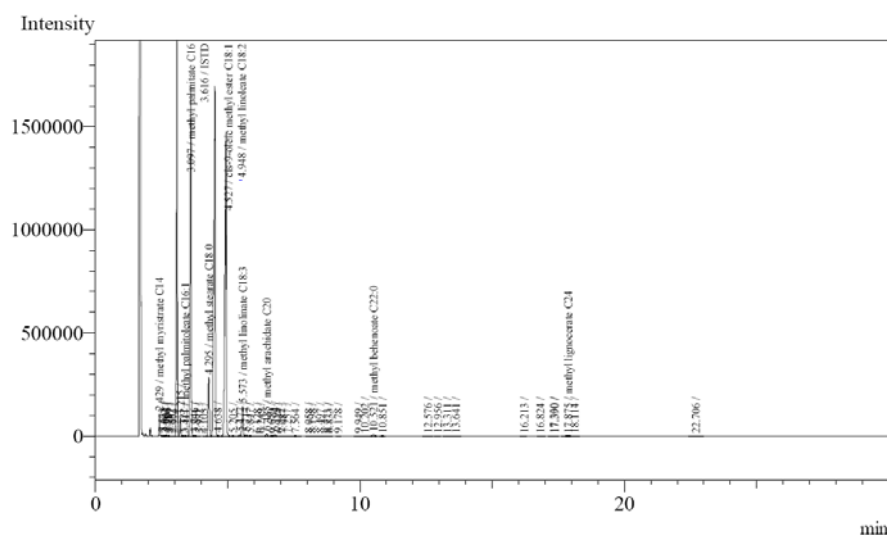
ภาพผนวกที่ 37 โครมาโทแกรมของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบ 2 ขั้นตอน สภาวะในขั้นตอนที่ 2 ที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมันที่ผ่านการใช้ทอดแล้วเท่ากับ 9.09:1 ปริมาณโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของน้ำมัน อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 50 องศาเซลเซียส และเวลาในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 30 นาที



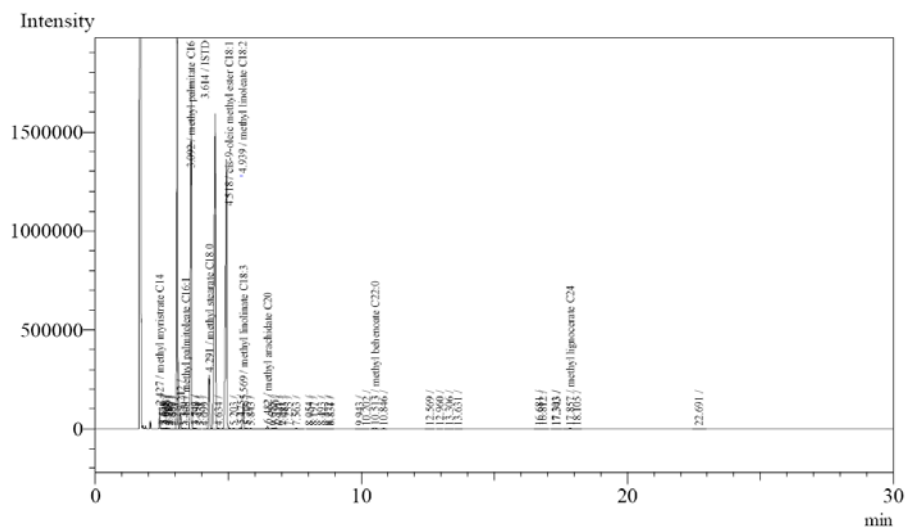
ภาพผนวกที่ 38 โครมาโทแกรมของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบ 2 ขั้นตอน สภาวะในขั้นตอนที่ 2 ที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมันที่ผ่านการใช้ทอดแล้วเท่ากับ 9.09:1 ปริมาณโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของน้ำมัน อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 50 องศาเซลเซียส และเวลาในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 30 นาที



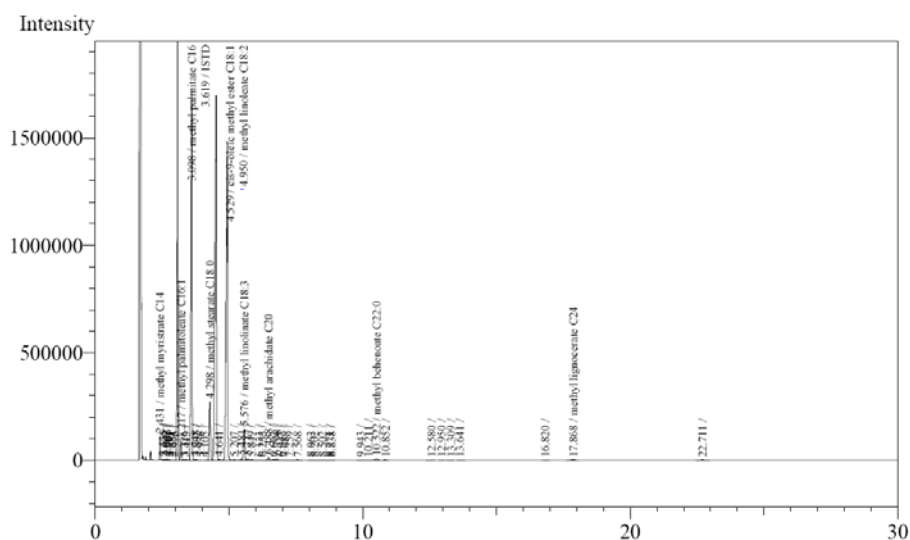
ภาพผนวกที่ 15 โครมาโทแกรมของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบ 2 ขั้นตอน สภาวะในขั้นตอนที่ 2 ที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมัน ที่ผ่านการใช้ทอดแล้วเท่ากับ 9.09:1 ปริมาณโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของน้ำมัน อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 50 องศาเซลเซียส และเวลาในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 30 นาที



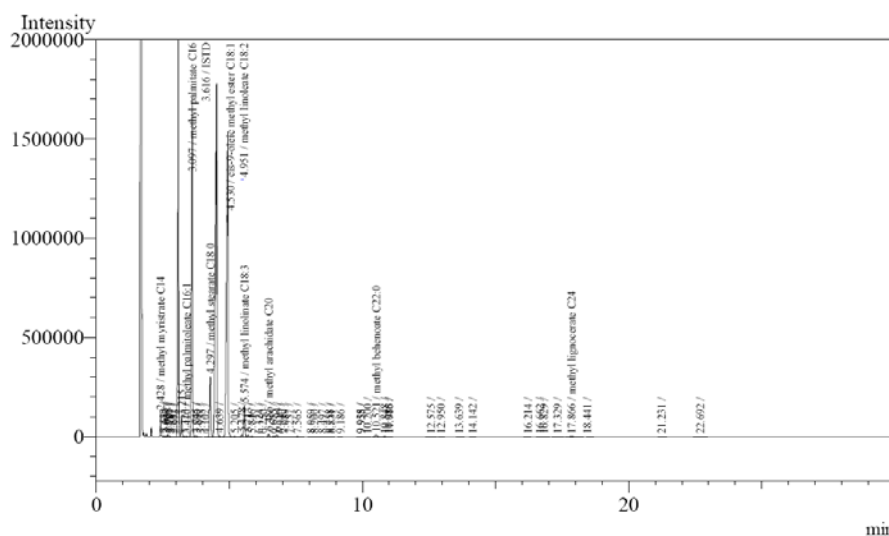
ภาพผนวกที่ 16 โครมาโทแกรมของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบ 2 ขั้นตอน สภาวะในขั้นตอนที่ 1 ที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมัน ที่ผ่านการใช้ทอดแล้วเท่ากับ 6.05:1 ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกเท่ากับ 0.68 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักน้ำมัน อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 51 องศาเซลเซียส และเวลาในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 60 นาที



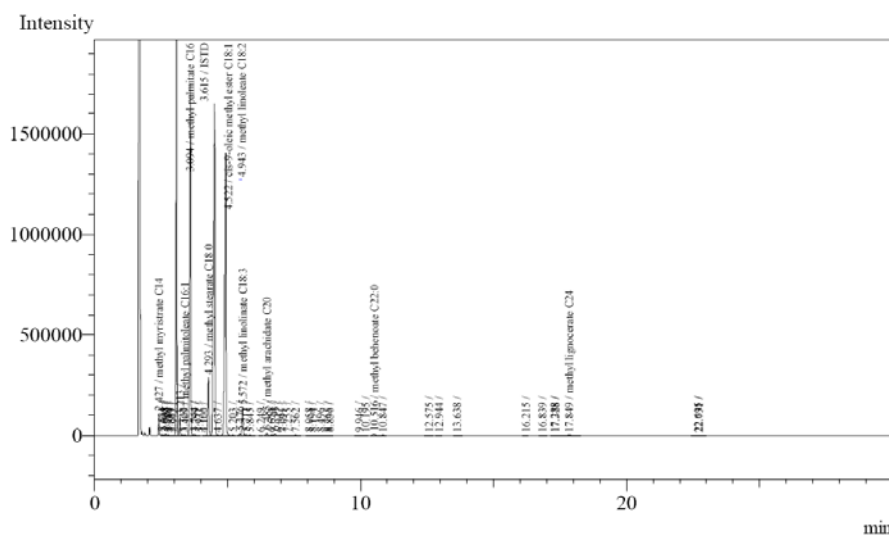
ภาพผนวกที่ 19 โครมาโทแกรมของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบ 2 ขั้นตอน สภาวะในขั้นตอนที่ 1 ที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมัน ที่ผ่านการใช้ทอดแล้วเท่ากับ 6.05:1 ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกเท่ากับ 0.68 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักน้ำมัน อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 51 องศาเซลเซียส และ เวลาในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 60 นาที



ภาพผนวกที่ 20 โครมาโทแกรมของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบ 2 ขั้นตอน สภาวะในขั้นตอนที่ 1 ที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมัน ที่ผ่านการใช้ทอดแล้วเท่ากับ 6.05:1 ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกเท่ากับ 0.68 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักน้ำมัน อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 51 องศาเซลเซียส และ เวลาในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 60 นาที



ภาพผนวกที่ 29 โครมาโทแกรมของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบ 2 ขั้นตอน สภาวะในขั้นตอนที่ 1 ที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมัน ที่ผ่านการใช้ทอดแล้วเท่ากับ 6.05:1 ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกเท่ากับ 0.68 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักน้ำมัน อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 51 องศาเซลเซียส และ เวลาในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 60 นาที



ภาพผนวกที่ 30 โครมาโทแกรมของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบ 2 ขั้นตอน สภาวะในขั้นตอนที่ 1 ที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างเมทานอลต่อน้ำมัน ที่ผ่านการใช้ทอดแล้วเท่ากับ 6.05:1 ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกเท่ากับ 0.68 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักน้ำมัน อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 51 องศาเซลเซียส และ เวลาในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 60 นาที

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวจุฑาเกศ เทียนเมธางกูร
วัน เดือน ปี ที่เกิด	15 กรกฎาคม 2526
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	ระดับอุดมศึกษา วศ.บ. (วิศวกรรมศาสตร์) ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา (พ.ศ. 2549)
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนจากโครงการบัณฑิตวิทยาลัยและวิจัยด้านวิศวกรรม เคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์