

**ภาคผนวก ก**  
**(ตัวอย่างการคำนวณ)**

## 1. การหาค่าความเข้มข้นของ NaOH ในการทำ Standardization of 0.2 M NaOH

[NaOH] (mol/l)	=	$\frac{\text{Weight of Sulphamic(g)} \times 1000}{97.098 \times (\text{ml of NaOH})}$	
ข้อมูลจากการทดลองครั้งที่ 1			
น้ำหนัก Sulphamid acid	=	0.0256 g	
ปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ไตเตรท	=	1.25 ml	
[NaOH] ที่ได้	=	$\frac{0.0256 \text{ (g)} \times 1000}{97.098 \times 1.25 \text{ ml of NaOH}}$	= 0.2109 M
ข้อมูลจากการทดลองครั้งที่ 2			
น้ำหนัก Sulphamid acid	=	0.0258 g	
ปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ไตเตรท	=	1.5 ml	
[NaOH] ที่ได้	=	$\frac{0.0258 \text{ (g)} \times 1000}{97.098 \times 1.5 \text{ ml of NaOH}}$	= 0.1771 M
ข้อมูลจากการทดลองครั้งที่ 3			
น้ำหนัก Sulphamid acid	=	0.0256 g	
ปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ไตเตรท	=	1.45 ml	
[NaOH] ที่ได้	=	$\frac{0.0256 \text{ (g)} \times 1000}{97.098 \times 1.45 \text{ ml of NaOH}}$	= 0.1818 M
ค่าเฉลี่ยของ [NaOH]	=	$\frac{0.2109 + 0.1771 + 0.1818}{3}$	= 0.1899 M

## ข้อมูลดิบแสดงผลดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ผลการทำ Standardization of 0.2 M NaOH

	[NaOH] (mol/l)				
	ครั้งที่ตรวจสอบ	1	2	3	เฉลี่ย
ครั้งที่	1	0.2197	0.1975	0.2197	0.2123

2	0.1785	0.1832	0.179	0.1802
3	0.2109	0.1771	0.1818	0.1899

## 2. การหาค่ากรดไขมันอิสระ

$$\text{Free Fatty Acid as Palmitic\%} = \frac{V_{\text{NaOH}} \times [\text{NaOH}] \times 25.6}{\text{Weight of sample}}$$

### 2.1 Free Fatty Acid of ไขมันอิ่มนเสียก่อนกลั่น

จากการไตเตรทหา FFA ครั้งที่ 1

$$V_{\text{NaOH}} \text{ ที่ใช้ในการไตเตรท ไขมันอิ่มนเสียก่อนกลั่น 2.2060 g.} = 35.9 \text{ ml}$$

$$\% \text{ FFA as Palmitic} = \frac{35.9 \text{ ml} \times 0.2086 \text{ (mol/l)} \times 25.6}{2.2060 \text{ g}} = 86.9047 \%$$

จากการไตเตรทหา FFA ครั้งที่ 2

$$V_{\text{NaOH}} \text{ ที่ใช้ในการไตเตรท ไขมันอิ่มนเสียไม่กลั่น 2.1112 g.} = 34.5 \text{ ml}$$

$$\% \text{ FFA as Palmitic} = \frac{34.5 \text{ ml} \times 0.2086 \text{ (mol/l)} \times 25.6}{2.1112 \text{ g}} = 87.2658 \%$$

$$\text{ค่าเฉลี่ย \% FFA as Palmitic} = \frac{86.9047 + 87.2658}{2} = 87.0852 \%$$

### 2.2 Free Fatty Acid of ไขมันอิ่มนเสียกลั่น

จากการไตเตรทหา FFA ครั้งที่ 1

$$V_{\text{NaOH}} \text{ ที่ใช้ในการไตเตรท ไขมันอิ่มนเสียกลั่น 1.386 g.} = 29.9 \text{ ml}$$

$$\% \text{ FFA as Palmitic} = \frac{29.9 \text{ ml} \times 0.1899 \text{ (mol/l)} \times 25.6}{1.386 \text{ g}} = 104.875 \%$$

จากการไตเตรทหา FFA ครั้งที่ 2

$$V_{\text{NaOH}} \text{ ที่ใช้ในการไตเตรท ไขมันอิ่มนเสียกลั่น 1.557 g.} = 34 \text{ ml}$$

$$\% \text{ FFA as Palmitic} = \frac{34 \text{ ml} \times 0.1899 \text{ (mol/l)} \times 25.6}{1.557 \text{ g}} = 106.159 \%$$

จากการไตเตรทหา FFA ครั้งที่ 3

$$V_{\text{NaOH}} \text{ ที่ใช้ในการไตเตรท ไขมันอิ่มนเสียกลั่น 1.438 g.} = 31.05 \text{ ml}$$

$$\% \text{ FFA as Palmitic} = \frac{31.05 \text{ ml} \times 0.1899 \text{ (mol/l)} \times 25.6}{1.438 \text{ g}} = 104.9706 \%$$

$$\text{ค่าเฉลี่ย \% FFA as Palmitic} = \frac{104.875 + 106.159 + 104.9706}{3} = 105.335 \%$$

ข้อมูลดิบแสดงผลดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 ผลการวิเคราะห์หาค่าเปอร์เซ็นต์ FFA as Palmitic

ครั้งที่ ครั้งที่ตรวจสอบ	%FFA as Palmitic						
	ไขมันน้ำเสียก่อนกลั่น			ไขมันน้ำเสียกลั่นแล้ว			
	1	2	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
1	86.9047	87.2658	87.0852	104.875	106.159	104.9706	105.335
2	-	-	-	102.152	101.14	102.079	101.79

### 3. การคำนวณหาปริมาณของสารที่ต้องใช้ในการทดลอง

#### 3.1 การคำนวณหาปริมาณของ Oil:Methanol

จากข้อมูลสัดส่วนเชิงโมล น้ำมันต่อเมทานอลที่นำมาอ้างอิงในงานวิจัยคือ 1:40 เปรียบเทียบได้เป็น  $(1 \times 860):(40 \times 32)$  g/g โดยที่ มวลโมเลกุลของ น้ำมันเท่ากับ 860 กรัม/โมล หรือ 1:1.5 g/g และ มวลโมเลกุลของเมทานอลเท่ากับ 32 กรัม/โมล

ถ้าใช้ น้ำมัน 40 กรัม จะใช้ เมทานอล  $1.5 \times 40 = 60$  กรัม

ถ้าใช้ ไขมันน้ำเสีย 40 g และ MeOH 60 g สามารถหาค่าสัดส่วนเชิงโมลของ ไขมันน้ำเสีย : MeOH ได้ โดย มวลโมเลกุลของ ไขมันน้ำเสีย มีค่าประมาณ 256 ( ไขมันน้ำเสีย ประกอบด้วย กรดไขมันชนิด palmitic เป็นส่วนใหญ่ ซึ่ง Mw of palmitic ประมาณ 256)

จากสัดส่วนเชิงมวล ไขมันน้ำเสีย:MeOH = 40:60 g/g

$$\text{ฉะนั้น สัดส่วนเชิงโมล ไขมันน้ำเสีย:MeOH} = \frac{40}{256} : \frac{60}{32} = 0.156:1.875 = 1:12$$

#### 3.2 การคำนวณหาปริมาณกรด ซัลฟิวริก

จากข้อมูลที่นำมาอ้างอิงในการวิจัยที่เปอร์เซ็นต์การใช้กรด  $\text{H}_2\text{SO}_4$  10 % volume by weight of oil (ในที่นี้แทนด้วย ไขมันน้ำเสีย)

ใช้ ไขมันน้ำเสีย 50 กรัม ใช้กรดซัลฟิวริก 5 มิลลิลิตร

ใช้ ไขมันน้ำเสีย 40 กรัม ใช้กรดซัลฟิวริก  $0.1 \times 40 = 4$  มิลลิลิตร

**ภาคผนวก ข.**

**วิธีการวิเคราะห์ Gas Chromatography และ Thin Layer Chromatography**

## 1. ขั้นตอนการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบโดยวิธี GC (Gas Chromatography)

- 1.1 ศึกษาวิธีการใช้เครื่อง GC
- 1.2 ทำการเจือจางโดยใช้ เมทิลเอสเทอร์ที่ได้ต่อ เฮกเซน เท่ากับ 1 : 4 ml
- 1.3 นำสารละลายที่ได้ทำการเจือจางแล้วมาบรรจุลงในขวดไวเออร์
- 1.4 ทำการเปิดเครื่อง GC ตามขั้นตอนที่ได้ศึกษามา พร้อมทั้ง Condition ต่าง ๆ
- 1.5 นำเข็มฉีดยามากลั่วด้วยเฮกเซน
- 1.6 ฉีดสารตัวอย่างปริมาณ 1 ไมโครลิตร เข้าไปในเครื่อง GC
- 1.7 รอผล
- 1.8 ปิดเครื่องตามขั้นตอนที่ได้ศึกษาไว้

## 2. Thin Layer Chromatography - Flame Ionization Detection (TLC/FID)

Thin Layer Chromatography - Flame Ionization Detection (TLC/FID)เป็นการแยกของผสมในสารละลาย เช่น แยกลิปิด ก่อนที่จะใช้วิธีแยกลิปิดต่าง ๆ ออกจากกัน ต้องสกัดลิปิดออกมา ก่อน โดยใช้สารผสมของคลอโรฟอร์มและเมทานอล แล้วนำมาแยกผ่านแท่งแก้วที่เคลือบบาง ๆ ด้วยตัวดูดซับ (absorbent) เช่น ซิลิกาเจล หรืออะลูมินา (alumina) แท่งแก้วที่ถูกเคลือบแล้วจะถูกปล่อยให้แห้งแล้วอบด้วยความร้อนที่อุณหภูมิสูง และระยะเวลาที่กำหนดเรียกขบวนการนี้ว่า แอคติเวชัน (activation) เป็นการกำจัดน้ำออกจากตัวดูดซับ เพื่อเพิ่มการดูดซับของตัวดูดซับ การแยกสารด้วยวิธีอาศัยหลักที่ว่า สารแต่ละชนิดมีอัตราการเคลื่อนที่บนตัวดูดซับไม่เท่ากัน สารบางชนิดจะถูกดูดซับด้วยตัวดูดซับ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ แต่บางชนิดจะถูกพาให้เคลื่อนที่ด้วยส่วนเคลื่อนที่ การแยกทำเหมือนกันกับโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ โดยใช้ตัวทำละลายชะจากข้างล่างขึ้นไปข้างบน รากฐานการแยกเกี่ยวข้องกับการดูดซับโดยแรง Vander Waals พันธะไฮโดรเจน และการแลกเปลี่ยนประจุ นอกจากนี้ยังมีการแบ่งการละลายเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย (อาภัสสร, 2537) การตรวจหาตำแหน่งของลิปิดที่แยกออกจากกัน ใช้ hydrogen flame ionization detector

Tanaka และคณะ (1980) ศึกษาการวัดปริมาณของสารประกอบกลีเซอไรด์ เช่น 1-โมโนเอซิลกลีเซอรอล 2-โมโนกลีเซอรอล กรดไขมัน 1,2-ไดเอซิลกลีเซอรอล 1,3-ไดเอซิลกลีเซอรอล รวมทั้งไตรเอซิลกลีเซอรอลด้วย TLC/FID ซึ่งแยกสารแต่ละชนิดด้วย Chromarod S-II ที่เคลือบด้วยซิลิกาเจล สารตัวทำละลายใช้สารผสมของคลอโรฟอร์มต่ออะซิโตนต่อกรดอะซิติก (100:1:1) นำ Chromarod S-IIมาหาปริมาณสารประกอบกลีเซอไรด์โดยระบบอัตโนมัติโดย hydrogen flame ionization detector ค่าที่ได้แสดงในรูปเปอร์เซ็นต์ peak

Yamane และคณะ (1986) วัดปริมาณสารประกอบที่ได้จากปฏิกิริยาไกลซีของไขมันโดย TLC/FIDโดยใช้สารตัวทำละลายที่มีส่วนผสมของเบนซีนต่อคลอโรฟอร์มต่อกรด อะซิ

ดิก (70:30:2) ภายใต้สภาวะที่มีแก๊สไฮโดรเจน 0.7 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร, อัตราการไหลของแก๊สเท่ากับ 2,000 มิลลิลิตรต่อนาที เวลาในการสแกนเท่ากับ 30 วินาทีต่อสแกน โดยระบบอัตโนมัติโดย hydrogen flame ionization detector ค่าที่ได้แสดงในรูปเปอร์เซ็นต์ peak พบว่าสารแยกสารประกอบพวกไตรเอซิลกลีเซอรอล กรดไขมันและกลีเซอรอลออกจากกันได้จากกันได้ อย่างสมบูรณ์

**ภาคผนวก ก.**

**วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของน้ำมัน**



## 1. การวิเคราะห์จุดขุ่น (ASTM-D2500)

### วิธีการวิเคราะห์

- 1.1 เขย่าตัวอย่างและเทใส่หลอดแก้วทดสอบเท่ากับขีดบอกระดับ (45 มิลลิลิตร)
- 1.2 ปิดฝาด้วยจุกค็อกพร้อมกับใส่เทอร์โมมิเตอร์โดยให้ตำแหน่งช่วง capillary ของเทอร์โมมิเตอร์ต่ำกว่าผิวหน้าของตัวอย่าง (ภาพประกอบที่ 43)
- 1.3 อุณหภูมิตัวอย่างให้ได้อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส แล้วปล่อยให้อุณหภูมิลดลงถึงอุณหภูมิห้อง ให้ความสำคัญการลดลงของอุณหภูมิตัวอย่างดังนี้

เมื่ออุณหภูมิตัวอย่างได้	ย้ายหลอดแก้วสู่อ่างแอลกอฮอล์
27	0
9	-18
-6	-33
-24	-51
-42	-69

หมายเหตุ : การปรับอุณหภูมิอ่างแอลกอฮอล์ ใช้น้ำแข็งแห้งใส่ทางฝาเปิดอ่าง เปิดมอเตอร์ขับใบกวนให้ระดับอุณหภูมิในอ่างสม่ำเสมอ

- 1.4 ทุกๆ อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส ที่ลดลง ให้ยกหลอดแก้วขึ้นจากอ่างทดสอบในแนวตั้ง สังเกตความขุ่น (การก่อดัวของไข) จากด้านบนของหลอดแก้ว ถ้ายังไม่เต็มพื้นที่ก้นหลอด ให้ก้นหลอดแก้วลงอ่างเหมือนเดิม (ขั้นตอนนี้ไม่เกิน 3 วินาที)

- 1.5 ถ้าพบว่าจุดขุ่นเต็มพื้นที่ก้นหลอดแล้ว ให้บันทึกอุณหภูมินั้นไว้และรายงานผลเป็นจุดขุ่น

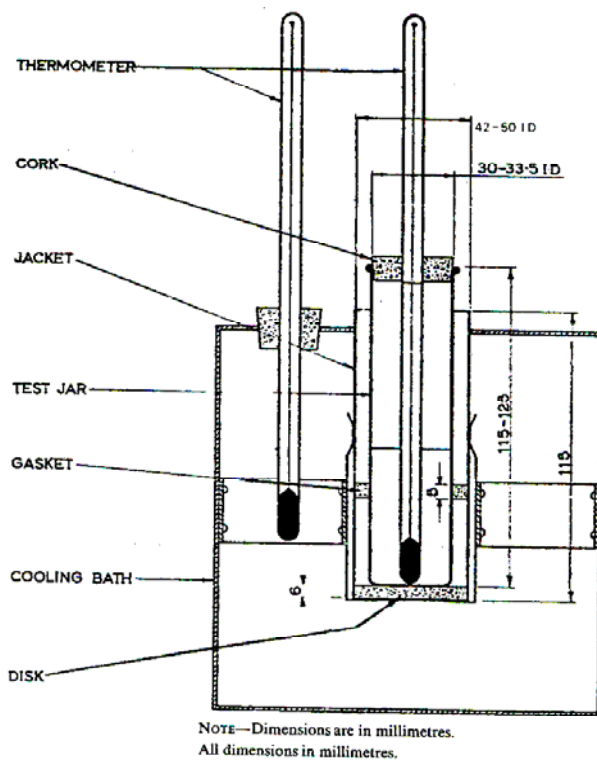
## 2. การวิเคราะห์หาจุดไหลเท (Pour point : ASTM-D97)

### วิธีการวิเคราะห์

1. เขย่าตัวอย่างและเทใส่หลอดแก้วทดสอบเท่ากับขีดบอกระดับ (45 มิลลิลิตร)
2. ปิดฝาด้วยจุกค็อกพร้อมกับใส่เทอร์โมมิเตอร์โดยให้ตำแหน่งช่วง capillary ของเทอร์โมมิเตอร์ต่ำกว่าผิวหน้าของตัวอย่าง (ภาพประกอบที่ 44)
3. อุณหภูมิให้ได้อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส แล้วปล่อยให้อุณหภูมิลดลงถึงอุณหภูมิห้อง
4. ให้ความสำคัญการลดลงของอุณหภูมิตัวอย่างดังนี้

เมื่ออุณหภูมิตัวอย่างได้(°ซ)	ย้ายหลอดแก้วสู่อ่างแอลกอฮอล์
27	0
9	-18
-6	-33
-24	-51
-42	-69

หมายเหตุ : การปรับอุณหภูมิอ่างแอลกอฮอล์ ใช้น้ำแข็งแห้งใส่ทางฝาเปิดอ่าง เปิดมอเตอร์จับใบ  
กวนให้ระดับอุณหภูมิในอ่างสม่ำเสมอ

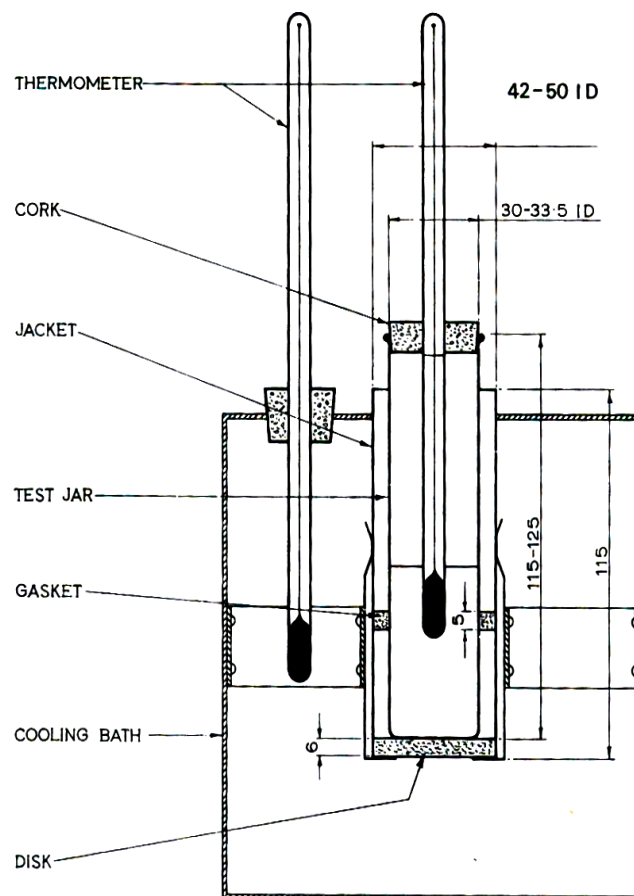


ภาพประกอบที่ 43 อุปกรณ์ วิเคราะห์จุดขุ่น

5. เมื่ออุณหภูมิของตัวอย่างได้ 9 องศาเซลเซียส เหนือจุดไหลเท (คาดการณ์) ให้ยกหลอดแก้วขึ้นจากอ่างทดสอบ เอียงหลอดแก้ว ถ้าตัวอย่างยังไหลได้ให้คืนหลอดแก้วลงสู่อ่างเหมือนเดิม (ขั้นตอนนี้ไม่เกิน 3 วินาที)

6. กระทำซ้ำเหมือนข้อ 5 ทุกๆ อุณหภูมิที่ลดลง 3 องศาเซลเซียส จนกระทั่งพบว่า ตัวอย่างเป็นไขแข็งตัว (100%) ให้เอียงหลอดแก้วในแนวระนาบต่อเนื่อง 5 วินาที ถ้าตัวอย่างไม่มีการไหลตัว ให้หยุดการทดสอบ

7. การรายงานผลให้เอาอุณหภูมิสุดท้ายที่ตัวอย่างเป็นไขแข็งตัวเป็นอุณหภูมิจุดไหลเท



ภาพประกอบที่ 44 อุปกรณ์วิเคราะห์จุดไหลเท

### 3. การวิเคราะห์หาความหนืด (Viscosity: ASTM-D445)

#### วิธีวิเคราะห์

1. เติมตัวอย่างน้ำมันลงไป ใน viscometer (ภาพประกอบที่ 45)
2. ใช้จุกยางอุดตัวอย่างน้ำมันที่ตำแหน่งหลอดเล็กๆ จนผิวของน้ำมันที่อุดขึ้นมาอยู่เหนือขีดบน (ขีด E ดังรูป) จากนั้นปล่อยของไหลให้ไหลลงไปโดยดึงจุกยางออก

3. เริ่มจับเวลาเมื่อของไหลภายใต้แรงโน้มถ่วงผ่านขีดบน E และหยุดจับเวลาจนกระทั่งของไหลผ่านล่าง F ในเครื่องวัดความหนืดที่ 40 องศาเซลเซียส
4. คำนวณหาค่า Kinematics viscosity ได้จากสูตร

$$v = Ct$$

โดยที่  $v$  = Kinematics viscosity

$C$  = ค่าคงที่จากการทำมาตรฐานของเครื่อง (cSt/s) ดังตารางที่ 26

$t$  = เวลาที่ใช้ในการไหล (s)

ตารางที่ 26 ค่าคงที่การคำนวณความหนืด

Size No.	Approximate Constant, cSt/s	Kinematic Viscosity Range, cSt	Inside Diameter of Tube R, mm ( $\pm 2$ percent)	Inside Diameter of Tubes N, E, and P, mm	Bulb Volume, ml ( $\pm 5$ percent)	
					D	C
25	0.002	0.5 <sup>a</sup> to 2	0.30	2.6 to 3.0	3.1	1.6
50	0.004	0.8 to 4	0.44	2.6 to 3.0	3.1	3.1
75	0.008	1.6 to 8	0.54	2.6 to 3.2	3.1	3.1
100	0.015	3 to 15	0.63	2.8 to 3.6	3.1	3.1
150	0.035	7 to 35	0.78	2.8 to 3.6	3.1	3.1
200	0.1	20 to 100	1.01	2.8 to 3.6	3.1	3.1
300	0.25	50 to 250	1.27	2.8 to 3.6	3.1	3.1
350	0.5	100 to 500	1.52	3.0 to 3.8	3.1	3.1
400	1.2	240 to 1 200	1.92	3.0 to 3.8	3.1	3.1
450	2.5	500 to 2 500	2.35	3.5 to 4.2	3.1	3.1
500	8	1 600 to 8 000	3.20	3.7 to 4.2	3.1	3.1
600	20	4 000 to 20 000	4.20	4.4 to 5.0	4.3	3.1

#### 4. การวิเคราะห์เมทิลเอสเทอร์

##### สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

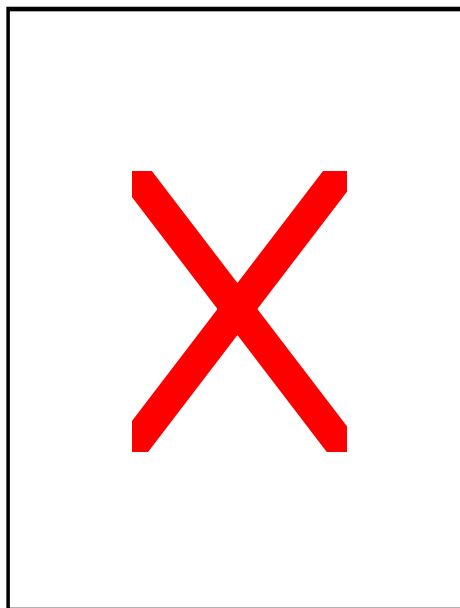
1. สารละลายผสมของ เฮกเซน:ไดเอทิลอีเทอร์:กรดฟอร์มิก ในอัตราส่วน 50:20:0.3 (ปริมาตรต่อปริมาตรต่อปริมาตร)
2. สารละลายผสมของ เฮกเซน:เบนซีน ในอัตราส่วน 1:1 (ปริมาตรต่อปริมาตร)

##### วิธีวิเคราะห์

1. ดูดตัวอย่างละลายเมทิลเอสเทอร์ 150 มิลลิกรัม ละลายด้วยคลอโรฟอร์ม 0.3 มิลลิลิตร
2. เตรียม quartz rods (silica gel padre coated Chromarod S-III) นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไป blank scan ด้วย TLC/FID analyzer ภายใต

สภาวะ 30 วินาทีต่อสแกน อัตราการไหลของแก๊สไฮโดรเจน 160 มิลลิลิตรต่อนาที และ อัตราการไหลของอากาศ 2000 มิลลิลิตรต่อนาที

3. หยดสารละลายจากข้อ (1) ลงไปประมาณ 1 ไมโครลิตร นำ quartz rods ไปแช่ในสารละลายซึ่งประกอบด้วย เฮกเซน:ไดเอทิลอีเทอร์:กรดฟอร์มิก ในอัตราส่วน 50:20:0.3 (ปริมาตรต่อปริมาตรต่อปริมาตร) จนกระทั่งสารละลายเคลื่อนที่สูงประมาณ 8 เซนติเมตร หลังจากนั้นนำไปแช่ในสารละลายซึ่งประกอบด้วย เฮกเซน:เบนซีน ในอัตราส่วน 1:1 (ปริมาตรต่อปริมาตร) จนกระทั่งสารละลายเคลื่อนที่สูงประมาณ 10 เซนติเมตร



ภาพประกอบที่ 45 เครื่องวัดความหนืด

4. นำ quartz rods ไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำมาสแกนภายใต้ สภาวะเดียวกันกับ blank scan
5. อ่านผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม ChromStar light โดยผลการทดลองแสดงในรูปแบบ เปรอ์เซ็นต์ของพื้นที่

##### 5. วิธีทดสอบการกลั่นตามมาตรฐานการกลั่นผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม

มีวิธีการทดสอบดังนี้

1. กำหนดกลุ่ม (group) ของสารตัวอย่างที่ต้องการทดสอบตามคุณสมบัติเฉพาะซึ่งแสดงในตารางที่ 27 โดยขั้นตอนของการทดสอบจะขึ้นอยู่กับกลุ่มที่ได้กำหนดไว้

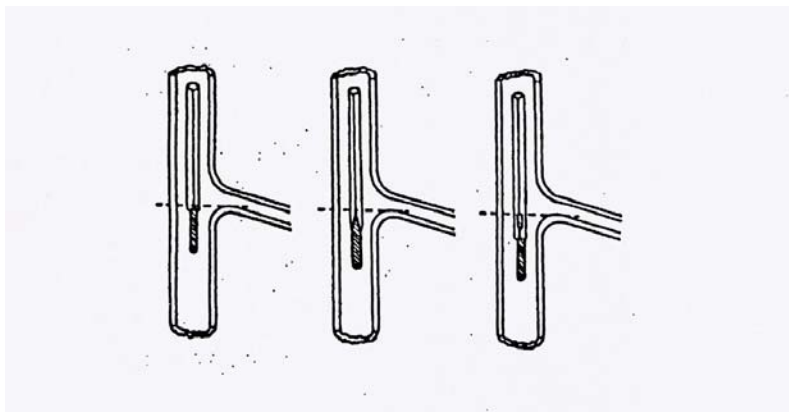
2. ทำการเก็บสารตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ เตรียมอุปกรณ์การทดสอบ และควบคุมสถานะในระหว่างขั้นตอนการทดสอบตามค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 28
3. เติมน้ำทำความเย็นในอ่างทำความเย็น โดยให้ระดับของเหลวในอ่างทำความเย็นอยู่เหนือจุดสูงสุดของท่อควบแน่น บางครั้งอาจจำเป็นต้องทำให้มีการไหลหมุนเวียน หรือมีการกวนสารทำความเย็นเพื่อให้อุณหภูมิในอ่างนี้คงตัว
4. ควบคุมให้กระบอกตวงมีอุณหภูมิคงที่ 13-18 องศาเซลเซียส โดยการจุ่มกระบอกตวงลงในอ่างควบคุมอุณหภูมิ และให้ระดับของเหลวในอ่างอยู่สูงกว่าหรือเท่ากับระดับปริมาตร 100 มิลลิลิตร
5. ตวงสารตัวอย่างปริมาตร 100 มิลลิลิตร โดยใช้กระบอกตวง ทำการเทสารตัวอย่างใส่ขวดกลั่นจนหมด ในระหว่างการเทสารจะต้องระวังไม่ให้ของเหลวไหลผ่านไปยังท่อนำไอ (vapor tube) ออกมาภายนอกโดยการวางขวดกลั่นในแนวเอียงและปลายท่อนำไอขึ้นด้านบน เติมน้ำกระเบื้อง ลงในขวดกลั่นเพื่อช่วยให้มีการกระจายความร้อนที่ก้นขวดกลั่นอย่างสม่ำเสมอ

#### ตารางที่ 27 คุณสมบัติของ $Y \oplus - (S)$ สารตัวอย่าง

	กลุ่ม 0	กลุ่ม 1	กลุ่ม 2	กลุ่ม 3	กลุ่ม 4
<u>ชนิดของสาร</u>	แก๊สธรรมชาติ				
ความดันไอ, kPa ที่ 37.8°C		> 65.5	< 65.5	< 65.5	< 65.5
จุดเดือดเริ่มต้น, °C				< 100	> 100
จุดเดือดสุดท้าย, °C	< 250		< 250	> 250	> 250

ตารางที่ 28 ข้อมูลการควบคุมการทดสอบ

การเก็บสารตัวอย่าง		
-	อุณหภูมิของขวดตัวอย่าง	0 – 10 องศาเซลเซียส
-	อุณหภูมิของการเก็บสารตัวอย่าง	0 – 10 องศาเซลเซียส
การเตรียมอุปกรณ์		
-	ขนาดขวดกลั่น	125 มิลลิลิตร
-	ASTM เทอร์โมมิเตอร์	7C
-	แผ่นยัดขวดกลั่น	B
-	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางช่วงยัด	38 มิลลิลิตร
-	อุณหภูมิขณะเริ่มทดสอบ	
	ขวดกลั่นและเทอร์โมมิเตอร์	13 – 18 องศาเซลเซียส
	กระบอกตวง	13 – 18 องศาเซลเซียส
สถานะในระหว่างขั้นตอนการทดสอบ		
-	อุณหภูมิของอ่างทำความเย็น	0 – 1 องศาเซลเซียส
-	อุณหภูมิของอ่างรอบกระบอกตวง	13 – 18 องศาเซลเซียส
-	ช่วงเวลาการให้ความร้อนตั้งแต่เริ่มให้ความร้อนจนถึงจุดเดือดเริ่มต้น	5 – 10 นาที
-	เวลาดังแต่จุดเดือดเริ่มต้นจนได้ส่วนกลั่นร้อยละ 5	60 – 75 วินาที
-	อัตราการควบแน่นตั้งแต่มีส่วนกลั่นร้อยละ 5 จนมีน้ำมันเหลือค้างในขวดกลั่น 5 มิลลิลิตร	4 – 5 มิลลิลิตร/นาที
-	ช่วงเวลาจากที่มีน้ำมันเหลือค้างในขวดกลั่น 5 มิลลิลิตรจนถึงจุดสุดท้าย	3 – 5 นาที



ภาพประกอบที่ 46 แสดงตำแหน่งของเทอร์โมมิเตอร์ในขวดกลั่น

6. ยึดเทอร์โมมิเตอร์เข้ากับปากของขวดกลั่นด้วยจุกยางให้แน่น โดยให้ตำแหน่งของเทอร์โมมิเตอร์อยู่ที่กึ่งกลางของคอขวด และให้จุดสูงสุดของกระเปาะอยู่ที่ระดับขอบล่างของจุดต่อระหว่างท่อหน้าไอและขวดกลั่น ดังแสดงในภาพประกอบที่ 46
7. ยึดท่อหน้าไอของขวดกลั่นกับท่อควบแน่นโดยใช้จุกยาง ปรับให้ขวดกลั่นอยู่ในแนวตั้ง และให้ท่อหน้าไออื่นเข้าไปในท่อควบแน่นเป็นระยะ 25 ถึง 50 มิลลิเมตร (1 ถึง 2 นิ้ว) ยกและปรับแผ่นยึดขวดกลั่นเพื่อรองรับส่วนล่างของขวดกลั่น
8. วางกระบอกตวงที่ใช้ดวงสารป้อนในตอนต้นลงในอ่างควบคุมอุณหภูมิโดยไม่ต้องทำให้กระบอกตวงแห้ง แล้วนำกระบอกตวงนี้ไปวางสวมเข้าที่ปลายล่างของท่อควบแน่นให้ปลายล่างของท่อควบแน่นอยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางกระบอกตวง และให้ระยะช่วงปลายท่อขึ้นลงไปนในกระบอกตวงประมาณ 25 มิลลิเมตร (1 นิ้ว) โดยที่ปลายท่อต้องอยู่ไม่ต่ำกว่าระดับปริมาตร 100 มิลลิลิตร วางตัวรองรับส่วนกลั่นมุมเอียง (receiver deflector) เข้าที่ขอบของกระบอกตวงปิดปากกระบอกตวงให้สนิทด้วยกระดาษซับหรือวัสดุที่มีลักษณะเช่นเดียวกัน
9. ให้ความร้อนแก่ขวดกลั่น โดยควบคุมช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มต้นของการให้ความร้อนจนถึงจุดเดือดเริ่มต้นเป็น 5 – 10 นาที สังเกตและบันทึกผลอุณหภูมิจุดเริ่มต้น (initial boiling point)
10. เวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนจากอุณหภูมิจุดเดือดเริ่มต้นจนได้ส่วนกลั่นออกมาร้อยละ 5 เท่ากับ 60 – 75 วินาที
11. ให้ความร้อนอย่างต่อเนื่อง โดยควบคุมให้อัตราการควบแน่นจากปริมาตรส่วนกลั่นร้อยละ 5 จนถึงมีปริมาตรของส่วนที่เหลือค้างอยู่ในขวดกลั่นเท่ากับ 5 มิลลิลิตร เป็น 4 ถึง 5 มิลลิลิตร



12. ในระหว่างการกลั่นที่อุณหภูมิจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสุดท้าย ทำการสังเกตและบันทึก ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการคำนวณ และการรายงานผลการตรวจสอบตามหัวข้อที่ต้องการ ข้อมูลจากการสังเกตได้แก่ ค่าอุณหภูมิที่อ่านได้ตามร้อยละของส่วนกลั่นที่กำหนดไว้ หรือค่าร้อยละของส่วนกลั่นที่อ่านได้ตามค่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้หรือบันทึกค่าทั้งสองแบบในการบันทึกปริมาตรในกระบอกตวงจะต้องบันทึกอย่างละเอียดจนถึง 0.5 หรือ 0.1 มิลลิลิตร และค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จะต้องละเอียดถึง 0.1 หรือ 0.1 องศาเซลเซียส ซึ่งจะอยู่กับความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้วัด
13. เมื่อมีของเหลวเหลือค้างอยู่ในขวดกลั่นประมาณ 5 มิลลิลิตร ปรับการให้ความร้อนจนของเหลวในขวดกลั่นหมดหรือถึงจุดสุดท้ายของการกลั่น โดยใช้เวลา 3 ถึง 5 นาที
14. สังเกตและบันทึกอุณหภูมิจุดสุดท้าย (end point) หรือจุดแห้ง (dry point) หรือทั้งสองค่าตามความต้องการ และหยุดการให้ความร้อน
15. หลังจากหยุดการให้ความร้อนและรอจนขวดกลั่นเย็นจึงเทปริมาตรที่เหลือในขวดกลั่นลงในกระบอกตวงขนาด 5 มิลลิลิตร จนสังเกตเห็นว่าปริมาตรของเหลวในกระบอกตวงไม่เพิ่มขึ้นอีก อ่านปริมาตรและบันทึก
16. บวกปริมาตรของส่วนกลั่นและส่วนเหลือค้าง จะได้เป็นร้อยละการได้กลับคืนทั้งหมด นำค่านี้อ่านกลับกับ 100 จะได้เป็นร้อยละการสูญเสีย

**ภาคผนวก ง**

**ผล TLC แสดงองค์ประกอบใน เมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตได้จากกระบวนการ**

Sample Identifier:

Data Processing Parameters

Injected on: 07/07/48

Injected at: 15:35

Slice Width (ms): 75

Noise ( $\mu\text{V/s}$ ): undefined

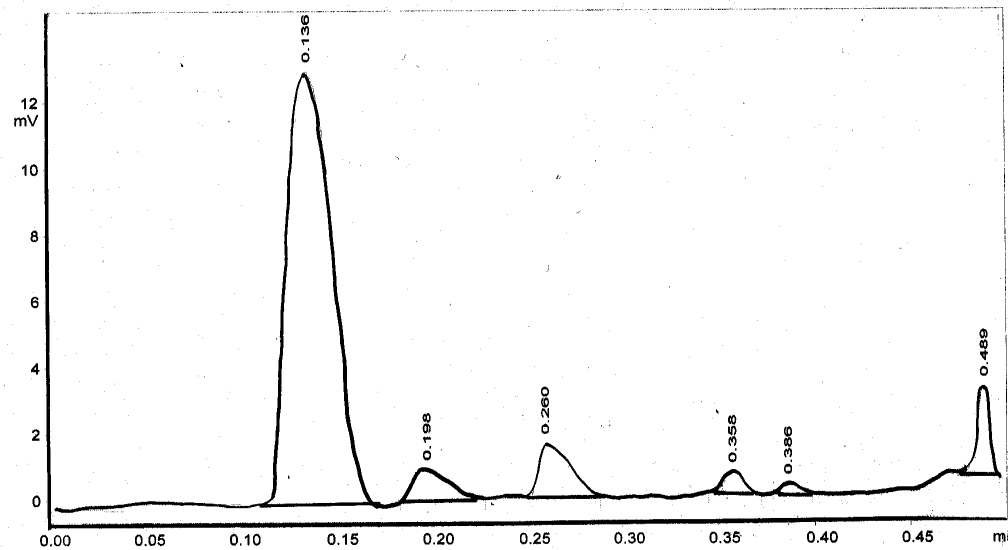
Threshold (mV): 0

Skim Ratio: 0

Parameter Files:

Data Handling File:LEE

Calculation-File:~EE1570



Calculation Method : Percent

Peak No	Ret. Time (min)	Pk. Start (min)	Pk. End (min)	Area	Height (mV)	Area%
ME 1	0.136	0.112	0.170	11083	12.96	80.964
TG 2	0.198	0.184	0.228	626	0.95	4.573
FPA 3	0.260	0.251	0.289	965	1.61	7.049
Di 4	0.357	0.345	0.373	267	0.70	1.952
Di 5	0.386	0.379	0.399	97	0.31	0.709
Unknown 6	0.489	0.477	0.496	650	2.67	4.752

13689 19.20 100.000

ภาพประกอบที่ 47 ผล TLC แสดงองค์ประกอบในเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตได้จากกระบวนการแบบแบทช์ โดยใช้ ไขมันสัตว์ก่อนกลั่นเป็นสารตั้งต้น สัดส่วนเชิงมวลเมทานอลต่อน้ำมัน 50:50 g ทำปฏิกิริยา 1 ชม. ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

Sample Identifier:

Data Processing Parameters

Injected on: 28/06/48

Injected at: 14:26

Slice Width (ms): 75

Noise ( $\mu\text{V/s}$ ): undefined

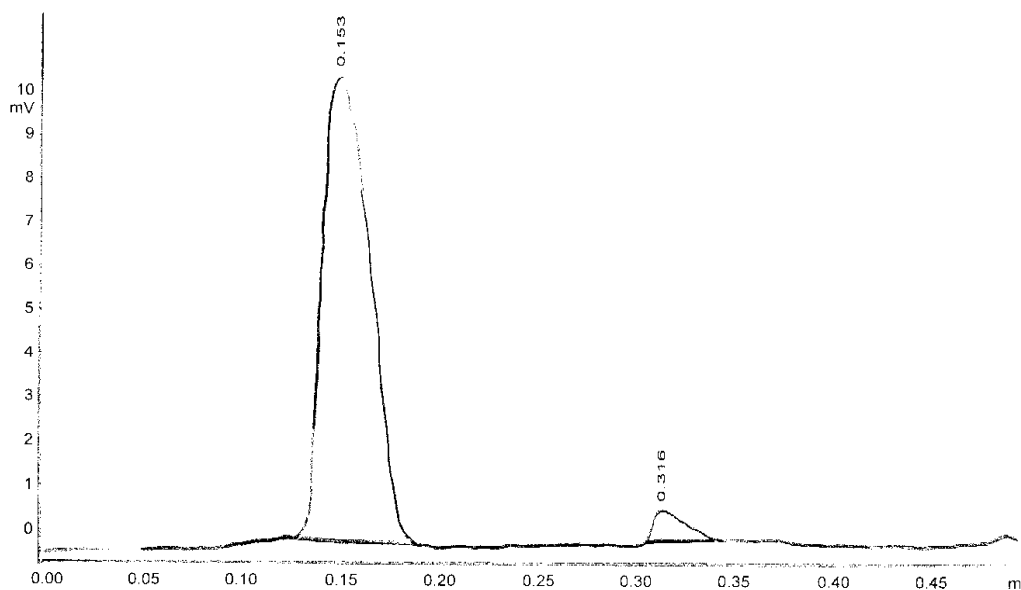
Threshold (mV): 0

Skim Ratio: 0

Parameter Files:

Data Handling File:LEE

Calculation-File:~EE1415



Calculation Method : Percent

Peak- No	Ret.Time (min)	Pk.Start (min)	Pk.End (min)	Area	Height (mV)	Area%
1	0.153	0.131	0.201	9046	10.52	95.220
2	0.316	0.309	0.350	454	0.70	4.780
				9500	11.22	100.000

ภาพประกอบที่ 48 ผล TLC แสดงองค์ประกอบในเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตได้จากกระบวนการแบบแบทช์ โดยใช้ ไขมันเลียงกลั่น เป็นสารตั้งต้น สัดส่วนเชิงมวล เมทานอลต่อน้ำมัน 50: 50 g ทำปฏิกิริยา 1 ชม. ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

Data Processing Parameters

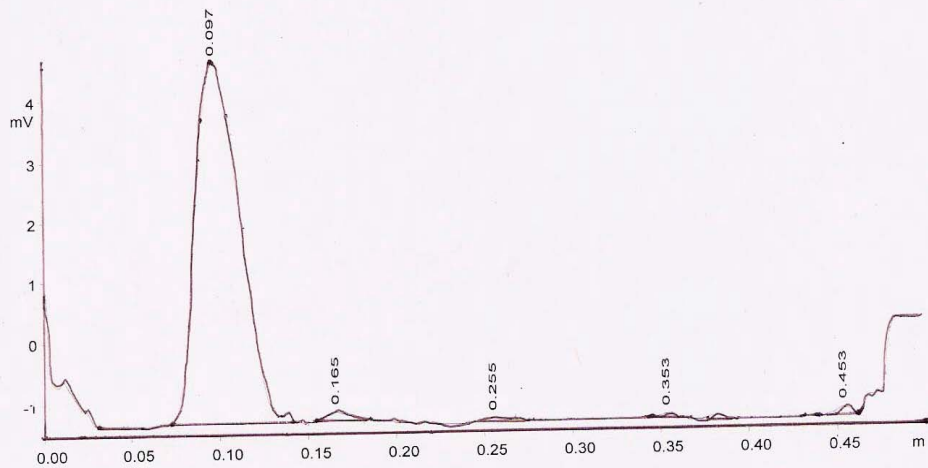
Slice Width (msec): 100  
 Threshold (mV): -8150

Noise: undefin  
 Skim Ratio: 5

Parameter Files

Data Handling File: SAM

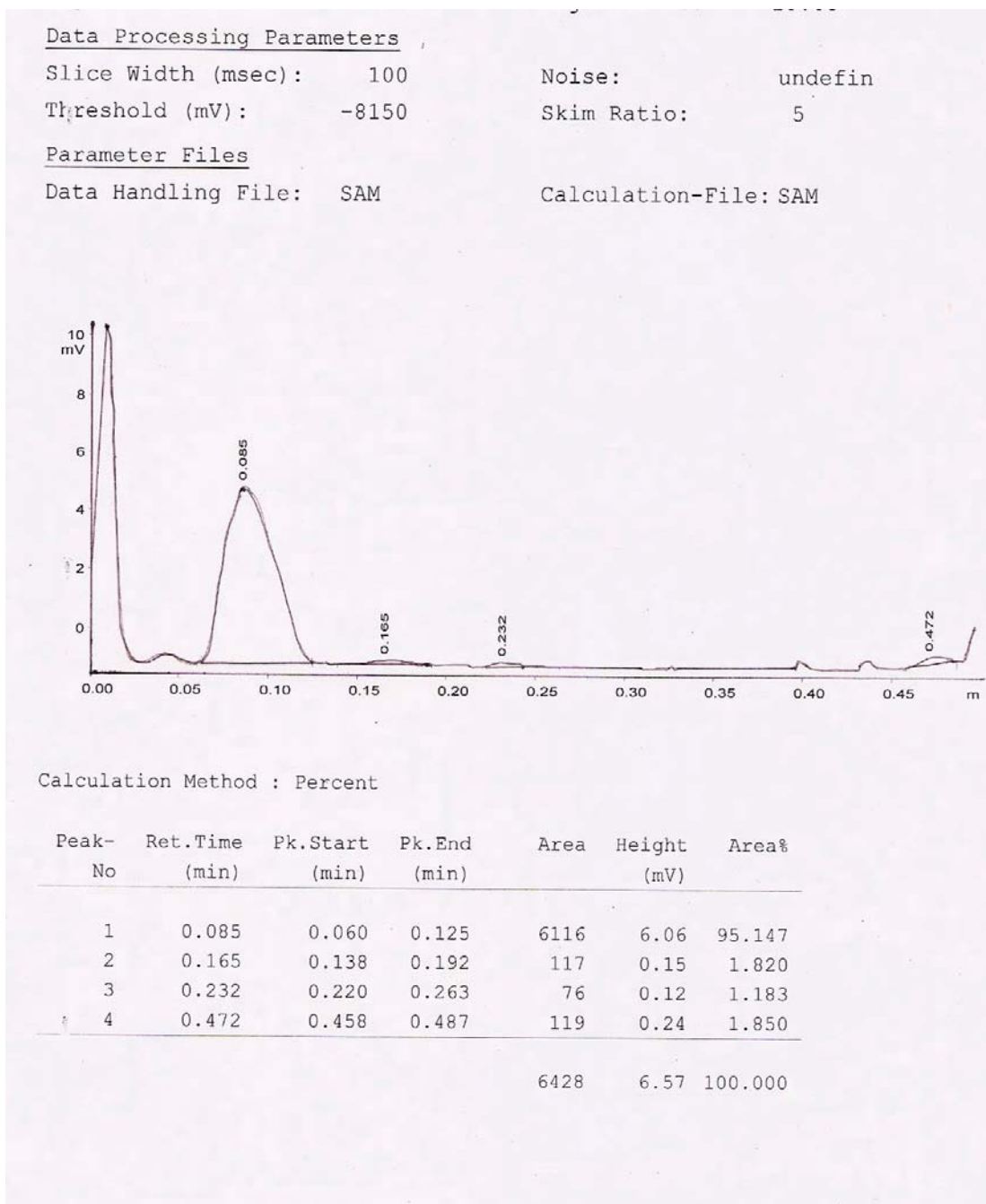
Calculation-File: SAM



Calculation Method : Percent

Peak- No	Ret.Time (min)	Pk.Start (min)	Pk.End (min)	Area	Height (mV)	Area%
1	0.097	0.072	0.143	5428	5.94	96.629
2	0.165	0.150	0.182	80	0.15	1.416
3	0.255	0.238	0.272	34	0.07	0.612
4	0.353	0.342	0.393	43	0.08	0.757
5	0.453	0.442	0.463	33	0.11	0.586
				5617	6.35	100.000

ภาพประกอบที่ 49 ผล TLC แสดงองค์ประกอบในเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตได้จากกระบวนการแบบต่อเนื่องโดยใช้ PFAD (Palm Fatty Acid Distillation) เป็นสารตั้งต้น สัดส่วนเชิงมวลเมทานอลต่อน้ำมัน 50:50 g ทำปฏิกิริยา 1 ชม. ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส



ภาพประกอบที่ 50 ผล TLC แสดงองค์ประกอบในเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตได้จากกระบวนการแบบต่อเนื่อง โดยใช้ ไขมันสัตว์เป็นสารตั้งต้น สัตว์ส่วนเชิงมวลเมทานอลต่อไขมัน 50: 50 g ทำปฏิกิริยา 1 ชม. ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

**ภาคผนวก ง**

**แสดงลักษณะทางกายภาพของเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตได้จากกระบวนการ**

1. ลักษณะทางกายภาพของเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตได้จากกระบวนการแบบเบทซ์ ที่ผลิตจาก ไขมันสัตว์ก่อนกลั่น เป็นสารตั้งต้น

ลักษณะทางกายภาพของเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตได้จากการใช้ ไขมันสัตว์ก่อนกลั่นเป็นสารตั้งต้น แสดงได้ดังภาพประกอบที่ 51



ภาพประกอบที่ 51 ลักษณะทางกายภาพของเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตได้จากกระบวนการแบบเบทซ์

2. ลักษณะทางกายภาพของเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตได้จากกระบวนการแบบเบทซ์ ที่ผลิตจาก ไขมันสัตว์กลั่นแล้ว เป็นสารตั้งต้น

ลักษณะทางกายภาพของเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตได้จากการใช้ ไขมันสัตว์กลั่นเป็นสารตั้งต้น แสดงได้ดังภาพประกอบที่ 52





ภาพประกอบที่ 52 ลักษณะทางกายภาพของเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตจากกระบวนการแบบ  
แบทช์

3. ลักษณะทางกายภาพของเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตได้จากกระบวนการแบบต่อเนื่อง ที่ผลิตจาก  
ไขมันสัตว์เป็นสารตั้งต้น

ลักษณะทางกายภาพของเมทิลเอสเทอร์ที่ได้จากกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องโดยใช้ ไขมันสัตว์  
เป็นสารตั้งต้นแล้วเป็นสารตั้งต้นแสดงดังภาพประกอบที่ 53



ภาพประกอบที่ 53 ลักษณะทางกายภาพของเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตได้โดยกระบวนการผลิต  
แบบต่อเนื่อง