เอกสารอ้างอิง

1. Bradshaw, G.B., and W.C. Meuly, U.S. Pat 2,271,619, (to E.I. dnPont de Nemours & Company), 1942.

2. Freedman B., E.H., et al., "Variables Affecting the Yields of Fatty Esters from Transesterified Vegetable Oils," JAOCS, 61(10), 1638-1643, 1984.

3. Bailey, A.E., Bailey's Industrial Oil and Fat Products, pp. 946, Interscience Publishers, New York, 3 rd ed. 1964.

4. Knaut, J., and H.J. Richtler, "Trends in Industrial Uses of Palm and lauric Oils," JAOCS, 62(2), 317-326, 1985.

5. Wright, H.J., et al., "A Report on Ester Interchange," Oil and Soap, 21(5), 145-148, 1944.

6. Feuge, R.O., and T.G. Audrey, "Modification of Vegetable Oils. VII. Alkali catalyzed Interesterification of Peanut Oil with Ethanol," JAOCS, 26(3), 97-102, 1949.

7. Levenspiel, O., Chemical Reaction Engineering, John Wiley and Sons, Inc., New York, London, Wiley international ed., 1962.

8. Smith, J.M., Chemical Engineering Kinetics, pp. 522-545, Mc GRAW-HILL, Tokyo, international student ed. 1981.

9. Rase, H.F., Chemical Reactor Design for Process Plants, pp. 157-171, John Wiley & Sons, New York, 1977.

10. Cocks, L.V., and C. van Rede, Laboratory handbook for Oil and Fat Analysis, Academic Press, London and New York, 1966.

11. Farris, R.D., "Methyl Esters in the Fatty Acid Industry," JAOCS, 56(10), 770 A - 773 A, 1979.

12. Combs, D.L., "Processing for Industrial Fatty Acids-1," JAOCS, 62(2), 327-330, 1985.

13. Krentzer, UDO.R., "Manufacture of Fatty Alcohols Based on Natural Fats and Oils," JAOCS, 61(2), 343-348, 1984.

14. Stein, W., and H. Baumann, "Alpha-Sulfonated Fatty Acids and Esters : Manufacturing Process, Properties, and Application," JAOCS, 52, 323-329, 1975.

15. Ogoshi, T., and Y. Miyawaki, "Soap and Related Products : Palm and Lauric Oil," JAOCS, 62(2), 331-334, 1985.

16. Harwood, H.J., "Oleochemicals as a Fuel : Mechanical and Economic Feasibility," JAOCS, 61(2), 315-324, 1984.

17. Clark, S.J., et al., "Methyl and Ethyl Soybean Esters as Renewable Fuels for Diesel Engines," JAOCS, 61(10), 1632-1637, 1984.

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

การหาค่ากรดและค่าสปอนนิฟิเคชั่น

1. <u>การหาค่ากรด</u> (Determination of the Acid Value)

1.1 เครื่องมือ

1. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. บิวเร็ท (Burette) ขนาด 25 มิลลิลิตร

1.2 สารเคมี

1. สารละลายผสมระหว่าง เอทานอล กับไดเอทธิลอีเทอร์ ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยปริมาตร ทำให้เป็นกลางก่อน ด้วยสารละลายโปรตัสเซียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้ ฟินอฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ (ใช้ 0.3 มิลลิลิตร ต่อสารละลายผสม 100 มิลลิลิตร)

2. สารละลายโปรตัสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอมัล ในเอทานอล หาความเข้มข้นที่แน่นอนก่อนใช้ ต้องเตรียมสารละลายเก็บไว้ในขวดสีน้ำตาลอย่างน้อย 5 วัน ก่อนนำมาใช้

3. สารละลายฟีนอฟทาลีน 10 กรัม ใน เอทานอล 1 ลิตร

1.3 วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างมา 10-20 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร

2. เติมสารละลายผสมระหว่างเอทานอล กับไดเอทธิลอีเทอร์ 150 มิลลิลิตร

3. ไทเทรท ด้วยสารละลายโปรตัสเซียม ไฮดรอกไซด์ พร้อมทั้งเขย่าโดยใช้ฟีนอฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ จนกระทั่งถึงจุดสมดุลย์

1.4 การคำนวณผลการทดลอง

ค่ากรดคำนวณได้จากสูตร

$$A.V. = \frac{56.1 \times T \times V}{m}$$

โดย V คือ ปริมาตรของสารละลายโปรตัสเซียมไฮดรอกไซด์ หน่วยเป็นมิลลิลิตร

T คือ ความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโปรตัสเซียมไฮดรอกไซด์ (นอมัล)

m คือ น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

2. <u>การหาค่าสปอนนิฟิเคชั่น</u> (Determination of the Saponification Value)

2.1 เครื่องมือ

1. ขาดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร

2. รีฟลักซ์ คอนเดนเซอร์ (Reflux condensors) ยาวอย่างน้อย 30 เซ็นติเมตร

3. ปิเปต (pipette) ขนาด 25 มิลลิลิตร

4. บิวเร็ต (burette) ขนาด 50 มิลลิลิตร

5. Boiling chips, hot-plate

2.2 สารเคมี

1. สารละลายโปรตัสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.5 นอมัล ใน 95 เปอร์เซนต์ (ปริมาตร/ปริมาตร) เอทธานอล ต้องเตรียมเก็บไว้ในขวดสีน้ำตาลอย่างน้อย 5 วัน

2. สารละลายกรดไฮโดรคลอริค 0.5 นอมัล ต้องหาความเข้มข้นที่แน่นอน

3. ฟีนอฟทาลีน 10 กรัม ในสารละลาย 95 เปอร์เซนต์ เอทานอล

2.3 วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่าง 1-2 กรัม ใส่ลงในขวดก้นกลม
2. เติมสารละลายโปรตัสเซียมไฮดรอกไซด์ ด้วยปิเปต 25 มิลลิลิตร
3. ใส่ reflux condenser แล้วต้มจนเดือดพร้อมเขย่าเบา ๆ ทิ้งไว้ 60 นาที
4. เติมสารละลายฟีนอฟทาลีน ที่ร้อน 0.5-1.0 มิลลิลิตร
5. ไตเตรท ด้วยกรดไฮโดรคลอริคที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน
6. ทำ blank ด้วยวิธีเดียวกัน

2.4 การคำนวณผลการทดลอง

ค่าสปอนนิฟิเคชั่น คำนวณได้จากสูตร

$$S.V. = \frac{56.1 \times T \times (Vo-V1)}{m}$$

โดย Vo คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริค (มิลลิลิตร) ที่ใช้กับ blank

V1 คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริค (มิลลิลิตร) ที่ใช้กับตัวอย่าง

T คือ ความเข้มข้นที่แน่นอนของกรดไฮโดรคลอริค

m คือ น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

3. <u>การคำนวณน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย</u>

3.1 น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของ fatty acid ในโมเลกุลคำนวณได้จากสูตร

$$MW. = \frac{56108 - (12.67)(S.V.\ neutral)}{(S.V.\ neutral)}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดย S.V. of neutral fat คำนวณได้จากสูตร

$$S.V.\ neutral = \frac{56108 \times S.V.}{56108 + 12.67\ (A.V.)}$$

3.2 น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยคำนวณจากสูตร

$$M.MW. = (3)\ (MW.) + 38$$

โดย M.MW. คือ น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย (mean Molecular Weight)

4. ผลการทดลอง

4.1 ค่ากรด

4.1.1 น้ำมันมะพร้าว

น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	KOH (ml)	ค่ากรด (A.V.)
10.0012	4.10	4.15
10.7425	4.50	4.24
10.2630	4.25	4.19
19.6769	8.25	4.24
20.1407	8.30	4.17
22.1368	9.20	4.21
	ค่ากรดเฉลี่ย	4.20 ± 0.03

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.2 น้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์ม

น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	KOH (ml)	ค่ากรด (A.V.)
10.8390	4.80	4.48
10.2526	4.50	4.44
10.1839	4.40	4.37
21.6902	9.20	4.29
20.6161	8.95	4.39
20.1669	8.70	4.36
	ค่ากรดเฉลี่ย	4.39 ± 0.08

4.1.3 ไขสัตว์

น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	KOH (ml)	ค่ากรด (A.V.)
11.0035	6.80	6.25
11.9584	7.30	6.18
11.3524	6.70	5.97
20.8907	12.50	6.06
23.2698	13.30	5.78
19.7418	11.50	5.90
	ค่ากรดเฉลี่ย	6.02 ± 0.26

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 ค่าสปอนนิฟิเคชั่น

4.2.1 น้ำมันมะพร้าว

น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	HCl (ml)	S.V.
2.5594	21.45	253.57
2.2838	24.00	256.93
2.0569	26.40	256.80
blank	48.05	
	ค่าสปอนนิฟิเคชั่นเฉลี่ย	255.77 ± 0.84

4.2.2 น้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์ม

น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	HCl (ml)	S.V.
2.0612	27.50	243.84
2.0001	27.70	248.85
2.1917	25.90	247.13
blank	48.10	
	ค่าสปอนนิฟิเคชั่นเฉลี่ย	246.61 ± 1.64

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.3 ไขสัตว์

น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)	HCl (ml)	S.V.
1.7617	9.90	192.50
1.3846	12.90	192.07
1.7408	10.15	191.31
blank	23.80	
	ค่าสปอนนิฟิเคชั่นเฉลี่ย	191.96 ± 0.49

4.3 น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย

น้ำมันมะพร้าว	น้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์ม	ไขสัตว์
658.7	683.2	878.0

5. <u>การวัดความหนาแน่น</u> (density) ของเมทธานอล โดยใช้ขวด ถ.พ. ขนาด 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้อง (25 °C)

น.น. ขวด ถ.พ. (กรัม)	น.น. ขนาด ถ.พ. + เมทานอล (กรัม)	ความหนาแน่น (กรัม/มิลลิลิตร)
42.7774	123.2085	0.8043
42.7488	123.1282	0.8039
42.7629	123.1729	0.8041
	ความหนาแน่นเฉลี่ย	0.8041

ภาคผนวก ข

การหาชนิดและปริมาณของเมทธิลเอสเทอร์

1. <u>การหาชนิดและปริมาณเมทธิลเอสเทอร์จากการทดลองต่าง ๆ</u>

1.1 การหาชนิด จากการวิเคราะห์ผลการทดลองต่าง ๆ ด้วยวิธี gas-chromatography จะได้ peak ของเมทธิลเอสเทอร์ออกมาทาง recorder peak ของเมทธิลเอสเทอร์ แต่ละชนิดจะมี retention time ไม่เท่ากัน เมทธิล-เอสเทอร์ ตัวเดียวกัน จะมี retention time เท่ากันเสมอ จากหลักการพื้นฐานอันนี้ ทำให้สามารถหาว่า เมทธิลเอสเทอร์ที่ได้จากการทดลองเป็นชนิดใด โดยการเปรียบเทียบกับเมทธิลเอสเทอร์มาตรฐาน (standard)

1.2 การหาปริมาณ การหาปริมาณเมทธิลเอสเทอร์แต่ละชนิด จะหาโดยการเปรียบเทียบความสูงของ peak จากการทดลอง กับความสูงของ peak จากเมทธิลเอสเทอร์มาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน จากการทำ calibration curve หรือคำนวณด้วยวิธี linear regression ทำให้หาปริมาณเมทธิลเอสเทอร์ได้

1.2.1 การคำนวณปริมาณเมทธิลเอสเทอร์จากการทดลองคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ความเข้มข้น (โมล/1000 กรัม)} = \frac{C \times D \times V}{I \times W \times M}$$

โดยที่ C = ความเข้มข้น (คำนวณจากความสูง peak) (ไมโครกรัม)

D = อัตราส่วนเจือจาง

V = ปริมาตรทั้งหมด (มิลลิลิตร)

I = ปริมาตรที่ฉีดลงบนเครื่องวิเคราะห์ (GLC) (ไมโครลิตร)

W = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

M = น้ำหนักโมเลกุลของเมทธิลเอสเทอร์

1.2.2 การคำนวณปริมาณเมทธิลเอสเทอร์เป็นเปอร์เซนต์โดยน้ำหนักต่อน้ำหนักของตัวอย่างน้ำมันพืช คำนวณได้จากสูตร

$$\text{ปริมาณโดยน้ำหนัก (\% wt, oil)} = \frac{C \times D \times V \times 1000}{I \times W \times O}$$

(กรัม/น้ำมันพืช 100 กรัม)

เมื่อ O = เปอร์เซนต์ของน้ำมันพืชในตัวอย่าง

1.2.3 การคำนวณเปอร์เซนต์โดยน้ำหนักต่อ เมทธิลเอสเทอร์ทั้งหมด

น้ำหนักโมเลกุลของ triglyceride จะเป็นน้ำหนักโมเลกุลของกลุ่ม glyceryl เท่ากับ 41 ฉะนั้น จะเป็นน้ำหนักโมเลกุลของกลุ่มกรดไขมัน เท่ากับ MT-41 เมื่อ MT คือ น้ำหนักโมเลกุลของ triglyceride ฉะนั้น เมื่อเปลี่ยนเป็นเมทธิลเอสเทอร์จะเท่ากับ (MT-41) + 3(CH_3) = MT+4

$$\text{ปริมาณโดยน้ำหนัก (\% wt)} = \frac{C \times D \times V \times 1000 \times MT}{I \times W \times O \times (MT+4)}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ปริมาณสารที่ใช้ในการทดลอง

2.1 น้ำมันมะพร้าว

ชื่อตัวอย่าง	น.น. น้ำมันมะพร้าว (กรัม)	น.น. เมทานอล (กรัม)	น.น.โซเดียมเมทอกไซด์ (กรัม)	อุณหภูมิ (°C)
CA_{1-13}	300	315	3.0	50
CB_{1-9}	400	61.4	4.0	50
CC_{1-9}	300	92	3.0	50
CD_{1-9}	300	92	3.0	40
CE_{1-9}	300	92	3.0	60
CF_{1-9}	300	92	0.0	50
CG_{1-9}	300	92	1.5	50
CH_{1-9}	300	92	4.5	50

2.2 น้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์ม

ชื่อตัวอย่าง	น.น.น้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์ม(กรัม)	น.น.เมทานอล (กรัม)	น.น.โซเดียมเมทอกไซด์ (กรัม)	อุณหภูมิ (°C)
PA_{1-13}	250	250	2.5	50
PB_{1-9}	400	59	4.0	50
PC_{1-9}	300	88.7	3.0	50
PD_{1-9}	300	88.7	3.0	40
PE_{1-9}	300	88.7	3.0	60

2.2 น้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์ม (ต่อ)

ชื่อตัวอย่าง	น.น.น้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์ม(กรัม)	น.น. เมทานอล (กรัม)	น.น.โซเดียมเมทอกไซด์ (กรัม)	อุณหภูมิ (°C)
PF_{1-9}	300	88.7	0.0	50
PG_{1-9}	300	88.7	1.5	50
PH_{1-9}	300	88.7	4.5	50

2.3 ไขสัตว์

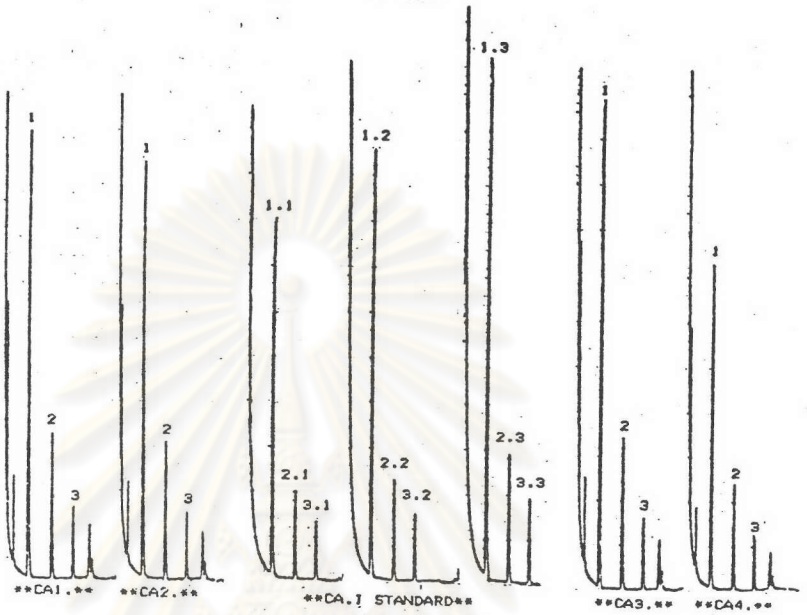
ชื่อตัวอย่าง	น.น.ไขสัตว์ (กรัม)	น.น. เมทานอล (กรัม)	น.น.โซเดียมเมทอกไซด์ (กรัม)	อุณหภูมิ (°C)
TA_{1-13}	250	250	2.5	50
TE_{1-9}	300	69	3.0	60

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. Peak จากการทดลองและผลการคำนวณปริมาณเมทธิลเอสเทอร์
(ถายยอสวน 1:2)

3.1 น้ำมันมะพร้าว

3.1.1 การทดลองชุด CA 1-13



CA1. WT.=2.2912G., TOT.V.=22.1 ML. DIL.1:10, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	320	ME.LAU.	120	5.987	.771	33.99	36.25
2	555	ME.MYR.	39	2.1395	.2436	12.15	12.96
3	770	ME.PAL.	19	1.0812	.1104	6.14	6.55

CA2. WT.=2.091G., TOT.V.=21.9 ML. DIL.1:12, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	320	ME.LAU.	111.5	5.6318	.945	41.65	44.41
2	555	ME.MYR.	37	2.0469	.3037	15.14	16.14
3	770	ME.PAL.	18	1.0356	.1377	7.66	8.17

CA.I STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	320	ME.LAU.	94.5	4.895	.9722	.0418	99.77 %
1.2	320	ME.LAU.	114	5.785			
1.3	320	ME.LAU.	137	6.675			
2.1	555	ME.MYR.	23.5	1.386	.3342	.0463	96.43 %
2.2	555	ME.MYR.	27	1.638			
2.3	555	ME.MYR.	34	1.89			
3.1	770	ME.PAL.	15.5	.902	.2144	.0456	97.35 %
3.2	770	ME.PAL.	18	1.066			
3.3	770	ME.PAL.	22.5	1.23			

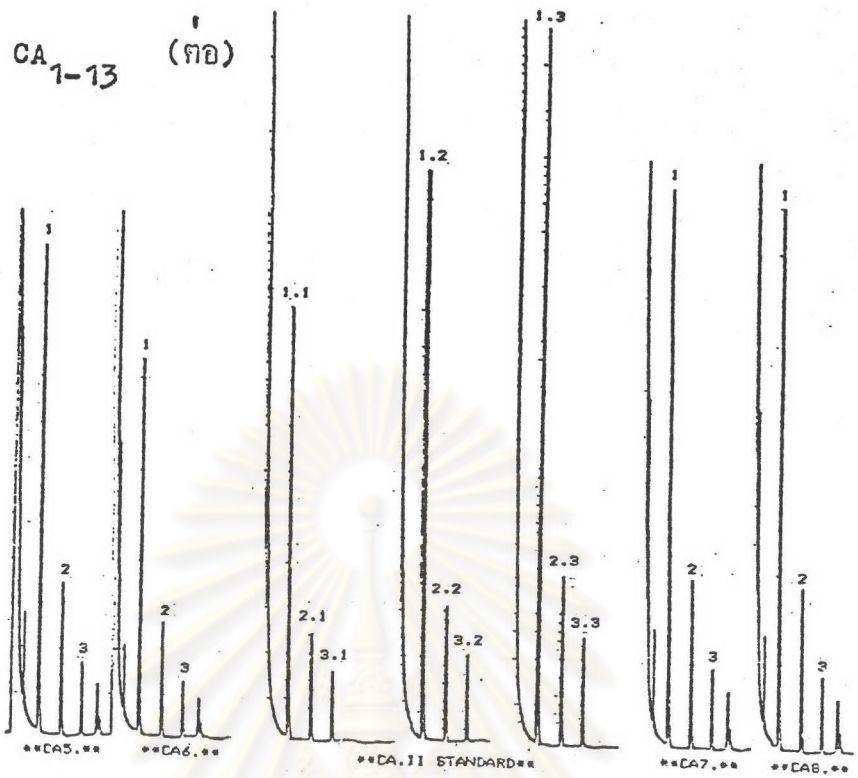
CA3. WT.=2.2603G., TOT.V.=22.4 ML. DIL.1:12, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	320	ME.LAU.	129	6.3631	1.0103	44.54	47.5
2	555	ME.MYR.	41	2.2321	.3134	15.61	16.65
3	770	ME.PAL.	19	1.0812	.1361	7.56	8.06

CA4. WT.=2.4331G., TOT.V.=22.5 ML. DIL.1:18, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	320	ME.LAU.	87.5	4.6288	1.0287	45.34	48.35
2	555	ME.MYR.	28	1.6303	.3204	15.97	17.03
3	770	ME.PAL.	14	.8531	.1503	8.36	8.91

การทดลองชุด CA 1-13 (ต่อ)



CA5. WT.=2.1822G., TOT.V.=22.2 ML. DIL.1:18, INJ.V.=4 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	320	ME.LAU.	129	4.9148	1.0514	46.35	49.43
2	555	ME.MYR.	41	1.897	.3589	17.88	19.07
3	770	ME.PAL.	19.5	.9506	.1612	8.96	9.55

CA6. WT.=2.6932G., TOT.V.=22.6 ML. DIL.1:25, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	320	ME.LAU.	100	3.6377	1.0749	47.38	50.52
2	555	ME.MYR.	30	1.3786	.3415	17.02	18.15
3	770	ME.PAL.	14.5	.6903	.1532	8.53	9.1

CA.II STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	320	ME.LAU.	114	4.3505	.1237	.0371	99.99 %
1.2	320	ME.LAU.	150	5.7085			
1.3	320	ME.LAU.	189	7.1365			
2.1	555	ME.MYR.	28	1.26	-.0354	.0471	99.21 %
2.2	555	ME.MYR.	35	1.6555			
2.3	555	ME.MYR.	45	2.0685			
3.1	770	ME.PAL.	18	.861	-.0646	.0521	99.59 %
3.2	770	ME.PAL.	22.5	1.127			
3.3	770	ME.PAL.	28.5	1.4105			

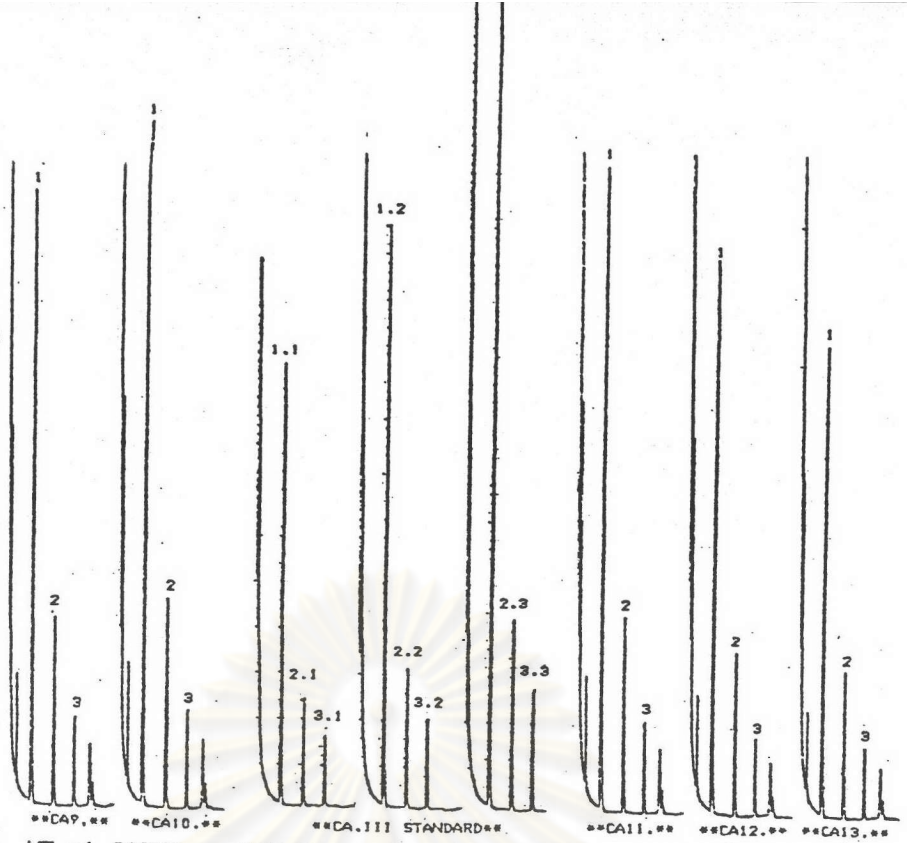
CA7. WT.=2.8594G., TOT.V.=22.9 ML. DIL.1:18, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	320	ME.LAU.	147	5.5833	1.0746	47.38	50.52
2	555	ME.MYR.	45	2.0855	.3549	17.7	18.87
3	770	ME.PAL.	22	1.0808	.1649	9.17	9.78

CA8. WT.=2.7748G., TOT.V.=22.9 ML. DIL.1:18, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	320	ME.LAU.	142.5	5.4161	1.0742	47.36	50.5
2	555	ME.MYR.	44	2.0384	.3575	17.82	19
3	770	ME.PAL.	20	.9767	.1535	8.55	9.12

การทดลองชุดที่ CA 1-13 (ต่อ)



CA9. WT.=1.8173G., TOT.V.=21.9 ML. DIL.1:10, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	320	ME.LAU.	160.5	5.7271	1.075	47.4	50.55
2	555	ME.MYR.	49	2.0534	.3408	16.99	18.12
3	770	ME.PAL.	23	1.0817	.1609	8.96	9.55

CA10. WT.=2.6437G., TOT.V.=22.7 ML. DIL.1:15, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	320	ME.LAU.	179	6.2498	1.0747	47.38	50.52
2	555	ME.MYR.	54.5	2.2524	.3425	17.08	18.21
3	770	ME.PAL.	25	1.1584	.1579	8.78	9.36

CA.III STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	320	ME.LAU.	116	4.3505	1.193	.0283	98.53 %
1.2	320	ME.LAU.	153	5.7085			
1.3	320	ME.LAU.	213	7.1365			
2.1	555	ME.MYR.	28	1.26	.2801	.0362	98.61 %
2.2	555	ME.MYR.	36.5	1.6555			
2.3	555	ME.MYR.	50	2.0685			
3.1	770	ME.PAL.	18	.861	.2001	.0383	97.91 %
3.2	770	ME.PAL.	23	1.127			
3.3	770	ME.PAL.	32	1.4105			

CA11. WT.=2.5582G., TOT.V.=22.9 ML. DIL.1:15, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	320	ME.LAU.	170	5.9955	1.0748	47.38	50.52
2	555	ME.MYR.	52	2.162	.3427	17.08	18.21
3	770	ME.PAL.	24	1.1201	.1592	8.86	9.45

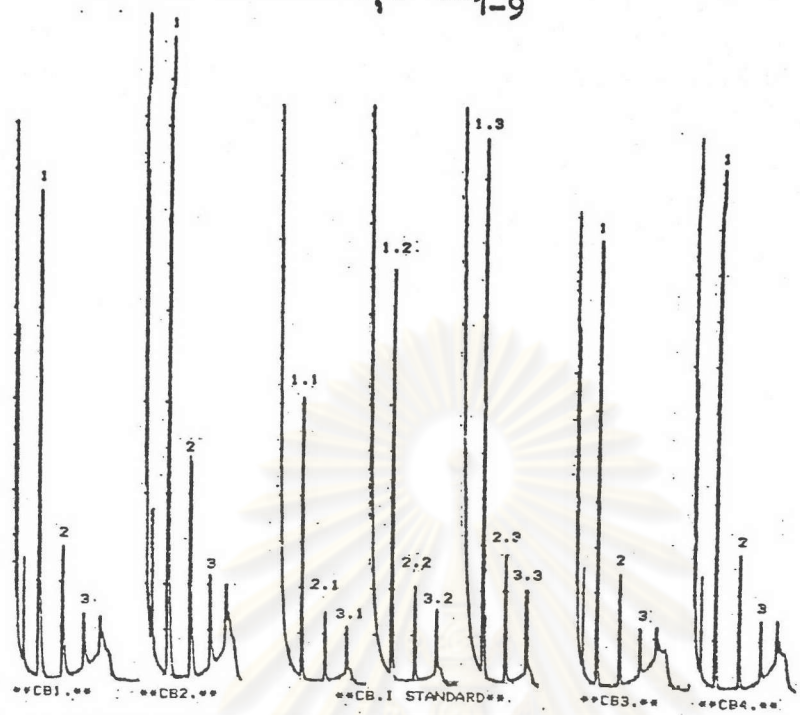
CA12. WT.=3.411G., TOT.V.=23.6 ML. DIL.1:22, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	320	ME.LAU.	145	5.2893	1.0749	47.38	50.52
2	555	ME.MYR.	43	1.8363	.33	16.46	17.55
3	770	ME.PAL.	20	.9667	.1557	8.65	9 22

CA13. WT.=2.665G., TOT.V.=22.7 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	320	ME.LAU.	125	4.7243	1.0745	47.36	50.5
2	555	ME.MYR.	39	1.6915	.3402	16.95	18.08
3	770	ME.PAL.	18.5	.9092	.1639	9.13	9.74

3.1.2 การทดลองชุด CB_{1-9}



CB1. WT.=2.5794G., TOT.V.=22.8 ML. DIL.1:2, INJ.V.=2.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	294	ME.LAU.	128	5.072	.1676	4.18	4.46
2	528	ME.MYR.	34	1.6962	.0496	1.4	1.49
3	747	ME.PAL.	14	.7159	.0187	.59	.63

CB2. WT.=1.8901G., TOT.V.=22 ML. DIL.1:4, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	294	ME.LAU.	167	6.5571	.4076	10.14	10.81
2	528	ME.MYR.	57	2.8538	.1569	4.42	4.71
3	747	ME.PAL.	23	1.1173	.055	1.73	1.84

CB.1 STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	294	ME.LAU.	74	3.115	.1977	.0381	95.56 %
1.2	294	ME.LAU.	120	4.45			
1.3	294	ME.LAU.	141	5.765			
2.1	528	ME.MYR.	18	.882	-.015	.0503	99.85 %
2.2	528	ME.MYR.	25	1.26			
2.3	528	ME.MYR.	33	1.638			
3.1	747	ME.PAL.	11	.574	.0915	.0446	99.73 %
3.2	747	ME.PAL.	16	.82			
3.3	747	ME.PAL.	22	1.066			

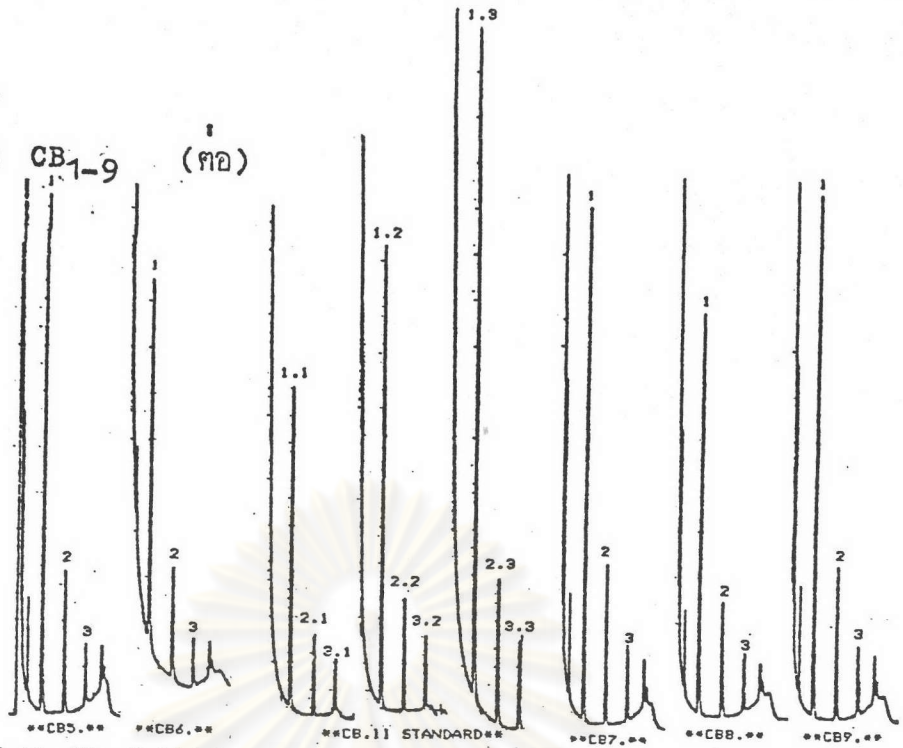
CB3. WT.=2.3167G., TOT.V.=22.6 ML. DIL.1:10, INJ.V.=2.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	294	ME.LAU.	116	4.615	.8415	20.95	22.34
2	528	ME.MYR.	29	1.4445	.2329	6.56	7
3	747	ME.PAL.	12	.6267	.0906	2.85	3.04

CB4. WT.=2.3723G., TOT.V.=22.3 ML. DIL.1:17, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	294	ME.LAU.	136	5.3766	1.1471	28.56	30.46
2	528	ME.MYR.	36	1.7969	.339	9.54	10.17
3	747	ME.PAL.	15	.7605	.1286	4.04	4.31

การทดลองชุด CB1-9 (ต่อ)



CB5. WT.=3.1866G., TOT.V.=23.2 ML. DIL.1:25, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	294	ME.LAU.	135	5.569	1.3533	33.69	35.93
2	528	ME.MYR.	38	1.8822	.4045	11.39	12.15
3	747	ME.PAL.	15	.7732	.1489	4.68	4.99

CB6. WT.=2.543G., TOT.V.=22.7 ML. DIL.1:25, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	294	ME.LAU.	95	4.4229	1.3178	32.81	34.99
2	528	ME.MYR.	29	1.4824	.3906	10.99	11.72
3	747	ME.PAL.	13	.6677	.1577	4.96	5.29

CB.11 STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	294	ME.LAU.	84	4.005	1.7002	.0287	98.74 %
1.2	294	ME.LAU.	121	5.34			
1.3	294	ME.LAU.	176	6.675			
2.1	528	ME.MYR.	21	1.134	.1942	.0444	99.88 %
2.2	528	ME.MYR.	30	1.512			
2.3	528	ME.MYR.	38	1.89			
3.1	747	ME.PAL.	14	.738	-.0175	.0527	96.43 %
3.2	747	ME.PAL.	20	.984			
3.3	747	ME.PAL.	23	1.23			

CB7. WT.=3.5394G., TOT.V.=23.6 ML. DIL.1:25, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	294	ME.LAU.	135	5.5693	1.2395	30.85	32.9
2	528	ME.MYR.	42	2.0599	.4054	11.41	12.17
3	747	ME.PAL.	18	.9313	.1643	5.17	5.51

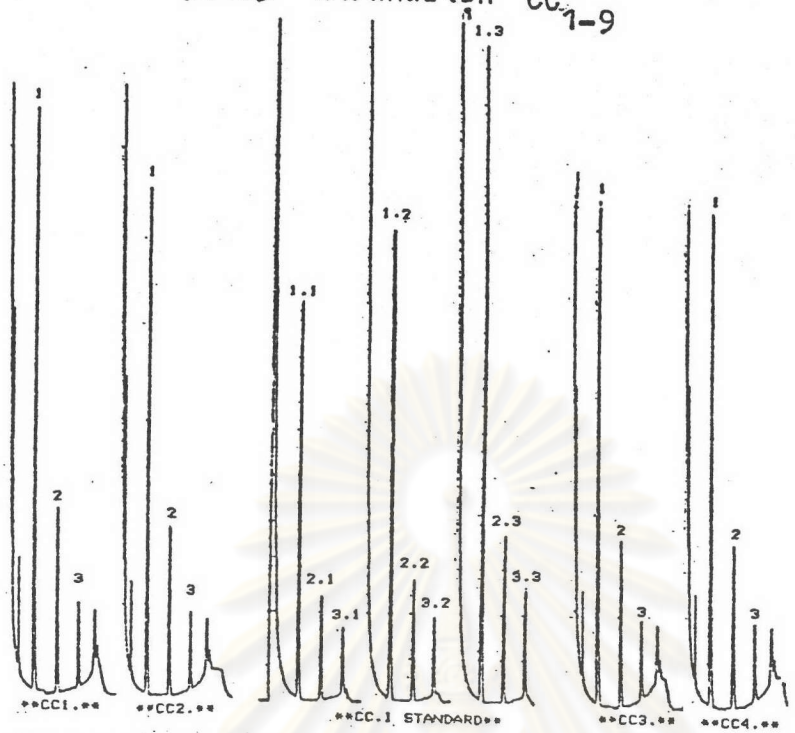
CB8. WT.=2.7207G., TOT.V.=22.9 ML. DIL.1:26, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	294	ME.LAU.	105	4.7095	1.376	34.26	36.53
2	528	ME.MYR.	30	1.5268	.3945	11.11	11.85
3	747	ME.PAL.	14	.7205	.1669	5.24	5.59

CB9. WT.=3.5012G., TOT.V.=23.5 ML. DIL.1:20, INJ.V.=2.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	294	ME.LAU.	137	5.6266	1.4118	35.15	37.48
2	528	ME.MYR.	40	1.971	.4373	12.31	13.13
3	747	ME.PAL.	18	.9313	.1852	5.82	6.21

3.1.3 การทดลองชุด CC 1-9



CC1. WT.=3.4683G., TOT.V.=23 ML. DIL.1:15, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	325	ME.LAU.	154	6.3551	.844	23.78	25.36
2	560	ME.MYR.	44	2.0734	.2435	7.76	8.28
3	778	ME.PAL.	20.5	1.0203	.1074	3.82	4.07

CC2. WT.=2.6455G., TOT.V.=22.6 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	325	ME.LAU.	134	5.5421	1.2642	35.62	37.98
2	560	ME.MYR.	41.5	1.9463	.3926	12.51	13.34
3	778	ME.PAL.	19.5	.9618	.1739	6.19	6.6

CC.1 STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

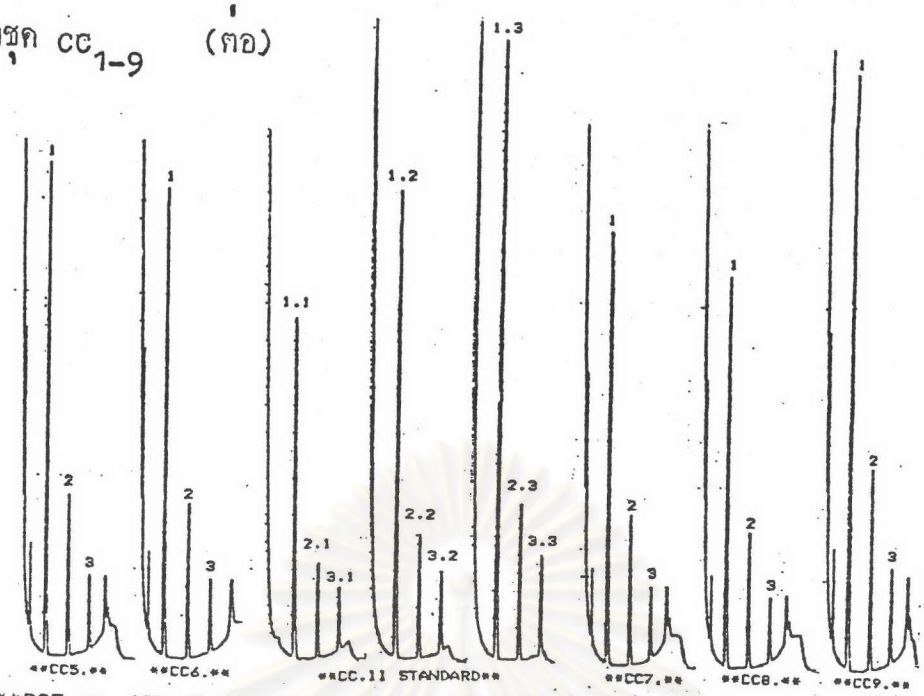
NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	325	ME.LAU.	105	4.3505	.095	.0407	99.98 %
1.2	325	ME.LAU.	137.5	5.7085			
1.3	325	ME.LAU.	173.5	7.1365			
2.1	560	ME.MYR.	27.5	1.26	-.0746	.0489	99.84 %
2.2	560	ME.MYR.	35	1,6555			
2.3	560	ME.MYR.	44	2.0685			
3.1	778	ME.PAL.	17.5	.861	-.0385	.0521	99.59 %
3.2	778	ME.PAL.	22	1.127			
3.3	778	ME.PAL.	28	1.4105			

CC3. WT.=2.8841G., TOT.V.=22.7 ML. DIL.1:25, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	325	ME.LAU.	133.5	5.5218	1.4506	40.87	43.58
2	560	ME.MYR.	41.3	1.9457	.452	14.41	15.37
3	778	ME.PAL.	19	.9538	.1986	7.06	7.53

CC4. WT.=2.6165G., TOT.V.=22.4 ML. DIL.1:25, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	325	ME.LAU.	131	5.4202	1.5488	43.64	46.54
2	560	ME.MYR.	40.5	1.8988	.4798	15.29	16.3
3	778	ME.PAL.	19	.9466	.2144	7.62	8.13



CC5. WT.=2.3143G., TOT.V.=22.4 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	325	ME.LAU.	129	6.2245	1.6087	45.34	48.35
2	560	ME.MYR.	44.5	2.1921	.501	15.96	17.02
3	778	ME.PAL.	19	1.1086	.2271	8.07	8.61

CC6. WT.=2.8012G., TOT.V.=22.5 ML. DIL.1:25, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	325	ME.LAU.	122.5	6.0422	1.6199	45.65	48.68
2	560	ME.MYR.	43	2.1343	.506	16.13	17.2
3	778	ME.PAL.	19	1.1172	.2374	8.44	9

CC.II STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	325	ME.LAU.	90	5.0975	2.606	.0281	99.73 %
1.2	325	ME.LAU.	123	6.117			
1.3	325	ME.LAU.	162.5	7.1365			
2.1	560	ME.MYR.	24.5	1.4775	.6032	.0358	99.97 %
2.2	560	ME.MYR.	32.5	1.773			
2.3	560	ME.MYR.	41	2.0685			
3.1	778	ME.PAL.	16.5	1.0075	.3119	.0424	99.91 %
3.2	778	ME.PAL.	21	1.209			
3.3	778	ME.PAL.	26	1.4105			

CC7. WT.=2.6613G., TOT.V.=22.5 ML. DIL.1:25, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	325	ME.LAU.	114	5.8038	1.6378	46.15	49.21
2	560	ME.MYR.	39	1.9998	.499	15.91	16.97
3	778	ME.PAL.	18.5	1.096	.2451	8.72	9.3

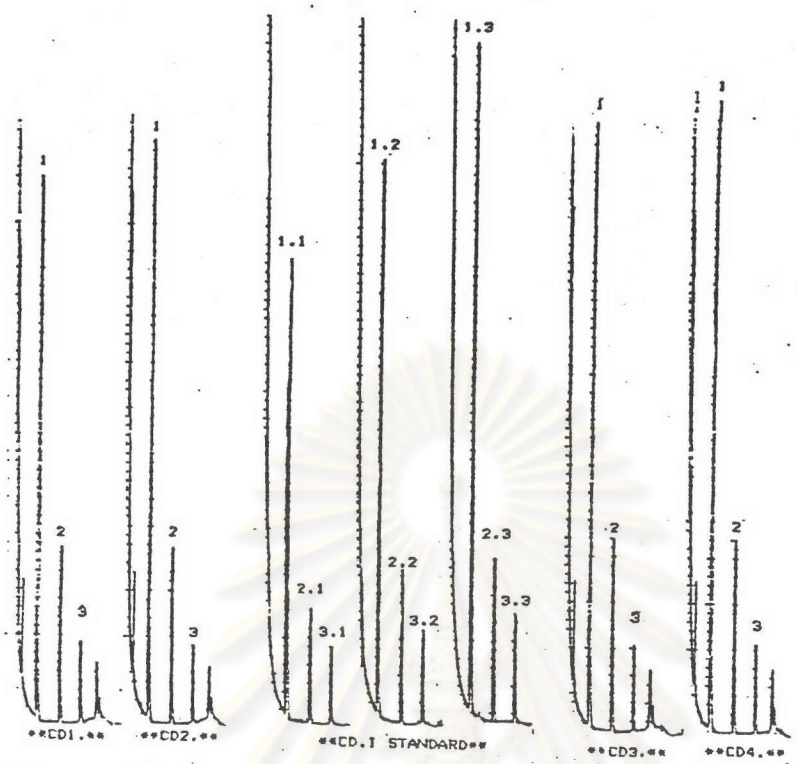
CC8. WT.=1.9727G., TOT.V.=22 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	325	ME.LAU.	103.5	5.5093	1.6406	46.23	49.3
2	560	ME.MYR.	35	1.8566	.4889	15.58	16.61
3	778	ME.PAL.	17	1.0324	.2437	8.66	9.23

CC9. WT.=2.8108G., TOT.V.=22.2 ML. DIL.1:22, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	325	ME.LAU.	157	7.0099	1.6262	45.82	48.86
2	560	ME.MYR.	53	2.5011	.5131	16.35	17.44
3	778	ME.PAL.	24	1.3291	.2444	8.69	9.27

3.1.4 การทดลองชุด CD_{1-9}



CD1. WT.=3.3176., TOT.V.=23.3 ML. DIL.1:10, INJ.V.=3 ΛUL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	317	ME.LAU.	143	5.609	.6137	17.29	18.44
2	554	ME.MYR.	46.5	1.98	.1916	6.11	6.52
3	771	ME.PAL.	21	.9375	.0813	2.9	3.09

CD2. WT.=2.0212G., TOT.V.=22.5 ML. DIL.1:10, INJ.V.=3.5 ΛUL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	317	ME.LAU.	153	5.929	.8812	24.83	26.48
2	554	ME.MYR.	47	1.998	.2626	8.36	8.91
3	771	ME.PAL.	21.5	.9568	.1127	4	4.27

CD.1 STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	317	ME.LAU.	121.5	4.895	1.033	.032	99.78 %
1.2	317	ME.LAU.	147	5.785			
1.3	317	ME.LAU.	177	6.675			
2.1	554	ME.MYR.	30	1.386	.306	.036	100 %
2.2	554	ME.MYR.	37	1.638			
2.3	554	ME.MYR.	44	1.89			
3.1	771	ME.PAL.	20	.902	.1282	.0385	99.66 %
3.2	771	ME.PAL.	24.5	1.066			
3.3	771	ME.PAL.	28.5	1.23			

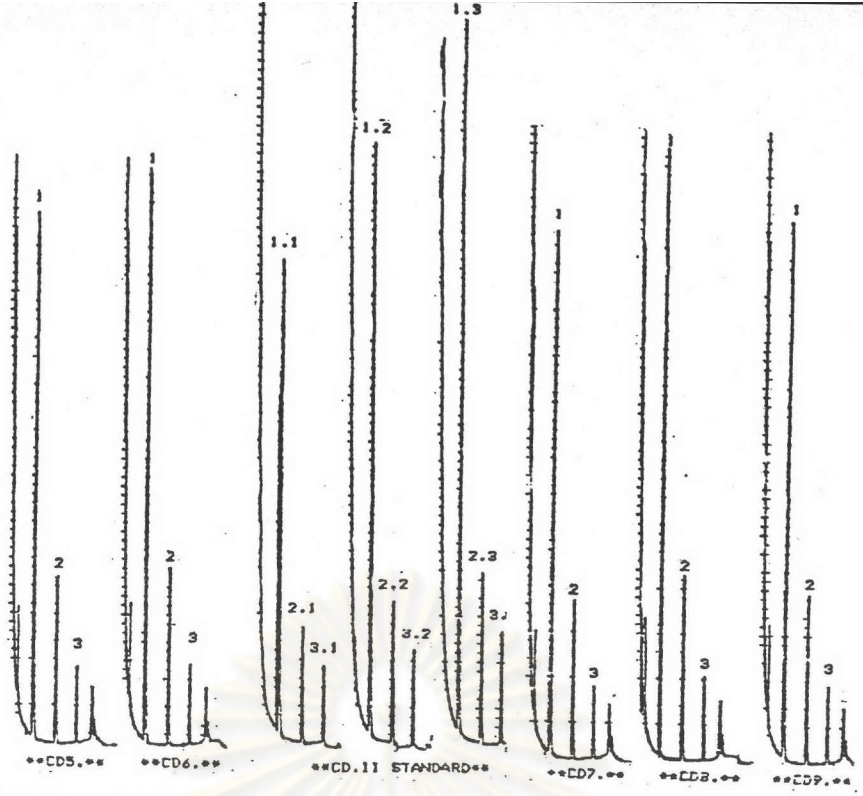
CD3. WT.=3.3226G., TOT.V.=23.2 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 ΛUL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	317	ME.LAU.	160	6.153	1.1472	32.33	34.48
2	554	ME.MYR.	50.5	2.124	.3502	11.15	11.89
3	771	ME.PAL.	23	1.0146	.1499	5.33	5.68

CD4. WT.=2.6678G., TOT.V.=22.4 ML. DIL.1:18, INJ.V.=3.5 ΛUL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	317	ME.LAU.	166	6.345	1.2803	36.08	38.47
2	554	ME.MYR.	51	2.142	.3822	12.18	12.99
3	771	ME.PAL.	23	1.0146	.1623	5.77	6.15

การทดลองชุด CD_{1-9} (ต่อ)



CD5. WT.=2.1336G., TOT.V.=22.2 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	317	ME.LAU.	138.5	5.2849	1.4683	41.37	44.12
2	554	ME.MYR.	43.5	1.8449	.4533	14.45	15.41
3	771	ME.PAL.	20	.8966	.1974	7.02	7.49

CD6. WT.=2.4126G., TOT.V.=22.4 ML. DIL.1:22, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	317	ME.LAU.	150	5.6232	1.5335	43.22	46.09
2	554	ME.MYR.	47	1.9623	.4732	15.08	16.08
3	771	ME.PAL.	21	.9329	.2016	7.16	7.64

CD.11 STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	317	ME.LAU.	125.5	4.895	1.2102	.0294	99.98 %
1.2	317	ME.LAU.	155	5.785			
1.3	317	ME.LAU.	186	6.675			
2.1	554	ME.MYR.	30	1.386	.3855	.0336	99.85 %
2.2	554	ME.MYR.	37	1.638			
2.3	554	ME.MYR.	45	1.89			
3.1	771	ME.PAL.	20	.902	.1706	.0363	99.59 %
3.2	771	ME.PAL.	25	1.066			
3.3	771	ME.PAL.	29	1.23			

CD7. WT.=1.9079G., TOT.V.=21.5 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	317	ME.LAU.	138	5.2702	1.5858	44.69	47.66
2	554	ME.MYR.	43	1.8281	.4864	15.5	16.53
3	771	ME.PAL.	19	.8603	.2052	7.3	7.78

CD8. WT.=2.8281G., TOT.V.=22.6 ML. DIL.1:25, INJ.V.=3.5 µL.

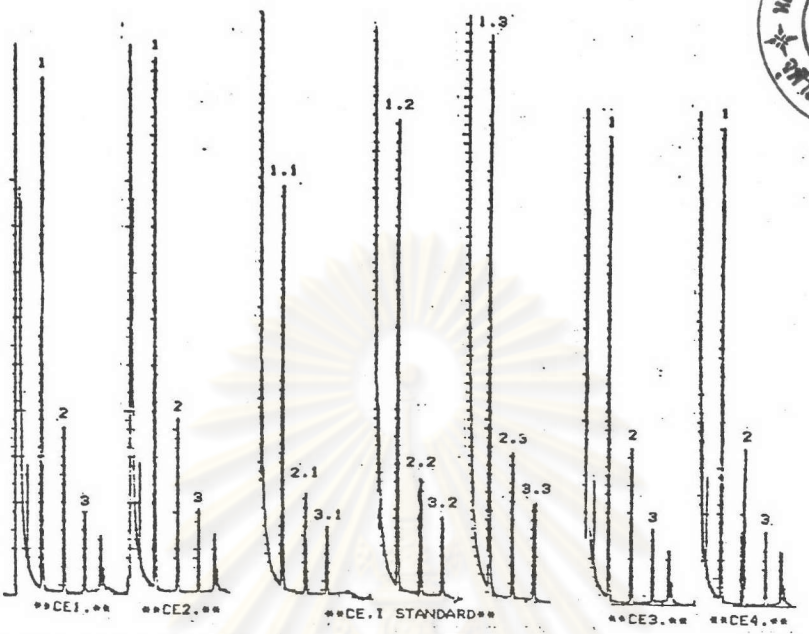
NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	317	ME.LAU.	158.5	5.8733	1.5666	44.14	47.07
2	554	ME.MYR.	49	2.0294	.4787	15.25	16.26
3	771	ME.PAL.	22.5	.9874	.2087	7.43	7.92

CD9. WT.=2.4744G., TOT.V.=22.1 ML. DIL.1:25, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	317	ME.LAU.	141	5.3584	1.5974	45.01	48
2	554	ME.MYR.	45	1.8952	.4996	15.92	16.98
3	771	ME.PAL.	20.5	.9148	.2162	7.69	8.2

3.1.5 การทดลองชุด CE_{1-9}

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



CE1. WT.=3.7832G., TOT.V.=23.6 ML. DIL.1:17, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	311	ME.LAU.	134.5	6.2046	1.0249	26.88	30.8
2	548	ME.MYR.	43	2.0985	.3065	9.77	10.42
3	766	ME.PAL.	21	1.0505	.1375	4.89	5.21

CE2. WT.=2.8112G., TOT.V.=22.7 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	311	ME.LAU.	139	6.4034	1.3807	38.91	41.49
2	548	ME.MYR.	45.5	2.2048	.4204	13.39	14.28
3	766	ME.PAL.	23	1.1428	.1953	6.94	7.4

CE.I STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	311	ME.LAU.	106	4.895	.2638	.0442	99.26 %
1.2	311	ME.LAU.	123	5.785			
1.3	311	ME.LAU.	146	6.675			
2.1	548	ME.MYR.	27	1.366	.2706	.0425	97 %
2.2	548	ME.MYR.	31	1.638			
2.3	548	ME.MYR.	38.5	1.89			
3.1	766	ME.PAL.	18	.902	.0732	.0465	99.32 %
3.2	766	ME.PAL.	21	1.066			
3.3	766	ME.PAL.	25	1.23			

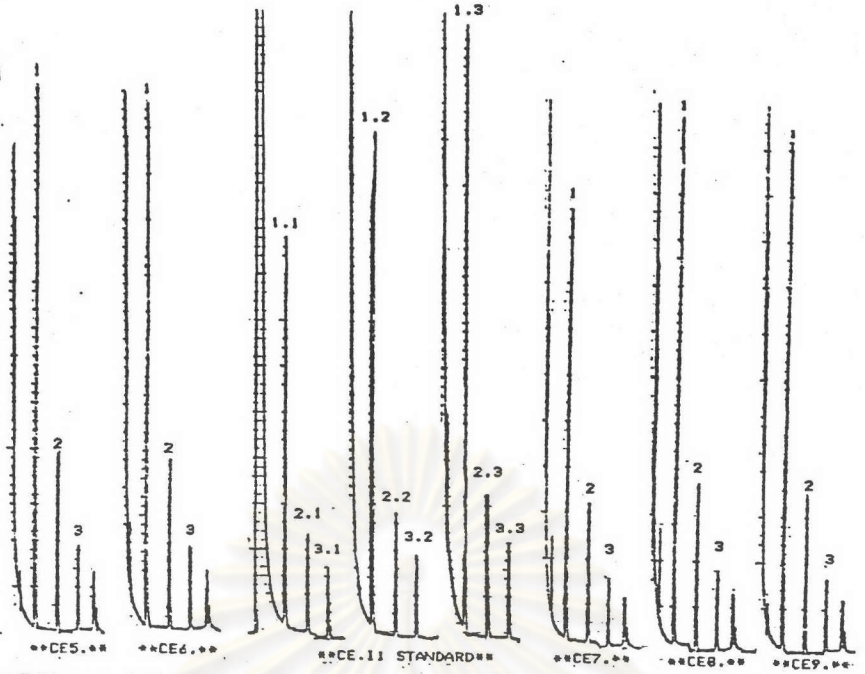
CE3. WT.=2.1398G., TOT.V.=22 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	311	ME.LAU.	122	5.6525	1.5518	43.73	46.63
2	548	ME.MYR.	40	1.971	.4785	15.25	16.26
3	766	ME.PAL.	19.5	.9876	.2149	7.64	8.15

CE4. WT.=2.7797G., TOT.V.=23 ML. DIL.1:25, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	311	ME.LAU.	125	5.785	1.5977	45.02	48.01
2	548	ME.MYR.	41.5	2.0518	.5011	15.97	17.03
3	766	ME.PAL.	20	1.004	.2198	7.81	8.33

การทดลองชุด CE_{1-9} (ต่อ)



CE5. WT.=2.1993G., TOT.V.=22 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	311	ME.LAU.	142.5	6.1124	1.6327	46.01	49.06
2	548	ME.MYR.	47	2.2483	.5311	16.92	18.04
3	766	ME.PAL.	22	1.066	.2257	8.02	8.55

CE6. WT.=2.1819G., TOT.V.=21.6 ML. DIL.1:18, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	311	ME.LAU.	137	5.9436	1.6497	46.48	49.57
2	548	ME.MYR.	44.5	2.1443	.5263	16.78	17.89
3	766	ME.PAL.	22	1.066	.2345	8.34	8.89

CE.II STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	311	ME.LAU.	103	4.895	1.739	.0307	99.99 %
1.2	311	ME.LAU.	131.5	5.785			
1.3	311	ME.LAU.	161	6.675			
2.1	548	ME.MYR.	26	1.386	.2926	.0416	99.08 %
2.2	548	ME.MYR.	33	1.638			
2.3	548	ME.MYR.	38	1.89			
3.1	766	ME.PAL.	19	.902	-.1367	.0547	100 %
3.2	766	ME.PAL.	22	1.066			
3.3	766	ME.PAL.	25	1.23			

CE7. WT.=1.8381G., TOT.V.=21.5 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	311	ME.LAU.	113	5.207	1.6263	45.82	48.86
2	548	ME.MYR.	37	1.8322	.506	16.13	17.2
3	766	ME.PAL.	18.5	.8747	.2165	7.7	8.21

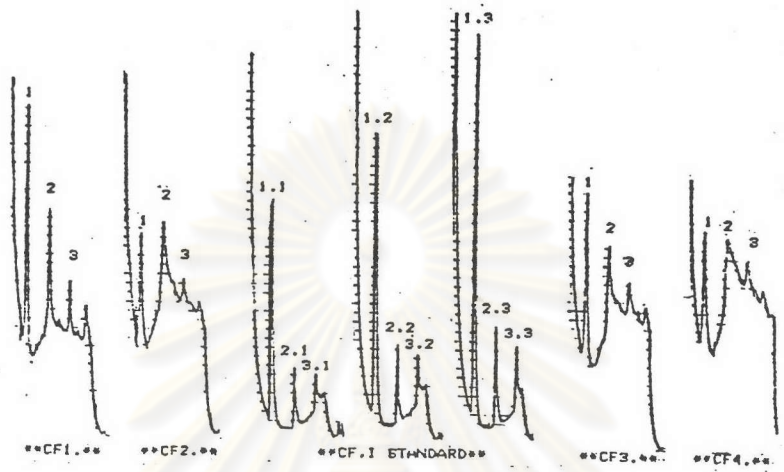
CE8. WT.=2.1506G., TOT.V.=22 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	311	ME.LAU.	139	6.005	1.6403	46.22	49.29
2	548	ME.MYR.	44.5	2.1443	.518	16.5	17.6
3	766	ME.PAL.	21	1.0113	.2189	7.78	8.3

CE9. WT.=2.0026G., TOT.V.=21.4 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	311	ME.LAU.	131.5	5.7748	1.6478	46.43	49.51
2	548	ME.MYR.	40	1.957	.4938	15.74	16.78
3	766	ME.PAL.	19.5	.9293	.2102	7.47	7.97

3.1.6 การทดลองชุด CF_{1-9}



CF1. WT.=4.9854G., TOT.V.=25 ML. DIL.1:1, INJ.V.=6 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	340	ME.LAU.	63.5	1.4851	5.8E-03	.16	.17
2	575	ME.MYR.	29	.7155	2.5E-03	.08	.09
3	789	ME.PAL.	13	.4366	1.4E-03	.05	.05

CF2. WT.=4.5002G., TOT.V.=24.3 ML. DIL.1:1, INJ.V.=6.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	340	ME.LAU.	28	.7794	3E-03	.08	.09
2	575	ME.MYR.	15	.3983	1.4E-03	.04	.04
3	789	ME.PAL.	6	.2737	8E-04	.03	.03

CF.I STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	340	ME.LAU.	58	1.335	.2227	.0199	98.31 %
1.2	340	ME.LAU.	75	1.78			
1.3	340	ME.LAU.	102	2.225			
2.1	575	ME.MYR.	14.5	.378	.0584	.0227	98.91 %
2.2	575	ME.MYR.	19	.504			
2.3	575	ME.MYR.	25.5	.63			
3.1	789	ME.PAL.	5	.246	.1341	.0233	99.32 %
3.2	789	ME.PAL.	8	.328			
3.3	789	ME.PAL.	12	.41			

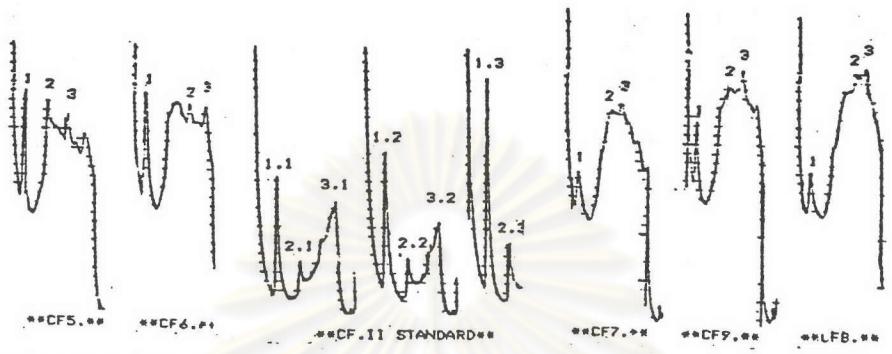
CF3. WT.=3.6243G., TOT.V.=23.2 ML. DIL.1:1, INJ.V.=7 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	340	ME.LAU.	44	1.0975	4.7E-03	.13	.14
2	575	ME.MYR.	15	.3983	1.5E-03	.05	.05
3	789	ME.PAL.	8	.3202	1.1E-03	.04	.04

CF4. WT.=3.8512G., TOT.V.=23 ML. DIL.1:1, INJ.V.=6.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	340	ME.LAU.	31	.839	3.6E-03	.1	.11
2	575	ME.MYR.	11	.3076	1.2E-03	.04	.04
3	789	ME.PAL.	7	.297	1E-03	.04	.04

การทดลองชุด CF_{1-9} (ต่อ)



CF5. WT.=4.5896., TOT.V.=24.2 ML. DIL.1:1, INJ.V.=7.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	340	ME.LAU.	30	1.3085	4.3E-03	.12	.13
2	575	ME.MYR.	7	.3861	1.1E-03	.04	.04
3	789	ME.PAL.	6	.4647	1.2E-03	.04	.04

CF6. WT.=3.6521G., TOT.V.=23.3 ML. DIL.1:1, INJ.V.=7.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	340	ME.LAU.	29	1.2735	5.1E-03	.14	.15
2	575	ME.MYR.	6	.3445	1.2E-03	.04	.04
3	789	ME.PAL.	4	.3553	1.1E-03	.04	.04

CF.II STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	340	ME.LAU.	32	1.335	.2606	.0349	98.12 %
1.2	340	ME.LAU.	41.5	1.78			
1.3	340	ME.LAU.	57	2.225			
2.1	575	ME.MYR.	7	.378	.0948	.0416	99.08 %
2.2	575	ME.MYR.	9.5	.504			
2.3	575	ME.MYR.	13	.63			
3.1	789	ME.PAL.	2	.246	.1367	.0547	100 %
3.2	789	ME.PAL.	3.5	.328			
3.3	789	ME.PAL.	5	.41			

CF7. WT.=4.581G., TOT.V.=24.1 ML. DIL.1:1, INJ.V.=7.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	340	ME.LAU.	11	.6448	2.1E-03	.07	.07
2	575	ME.MYR.	2	.1781	5E-04	.01	.01
3	789	ME.PAL.	3	.3007	8E-04	.03	.03

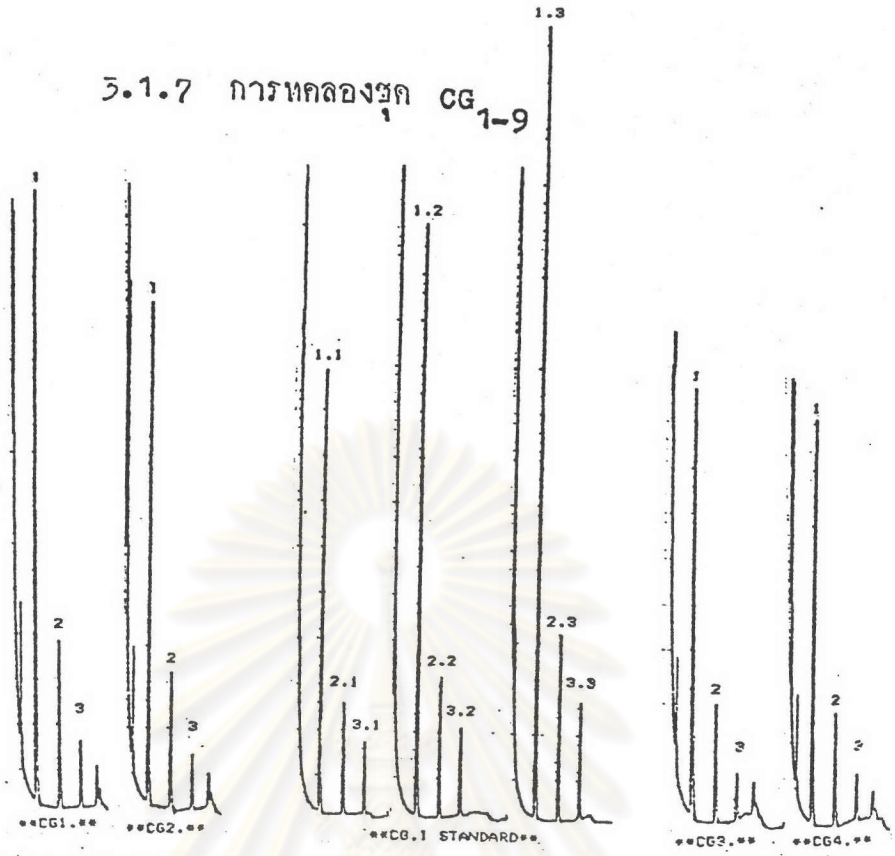
CF8. WT.=3.7821G., TOT.V.=23.2 ML. DIL.1:1, INJ.V.=7.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	340	ME.LAU.	18	.8893	3.4E-03	.09	.1
2	575	ME.MYR.	2	.1781	6E-04	.01	.01
3	789	ME.PAL.	5	.41	1.2E-03	.04	.04

CF9. WT.=3.5142G., TOT.V.=23.1 ML. DIL.1:1, INJ.V.=7.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	340	ME.LAU.	10	.6099	2.5E-03	.07	.07
2	575	ME.MYR.	2	.1781	6E-04	.03	.03
3	789	ME.PAL.	3	.3007	1E-03	.04	.04

3.1.7 การทดลองชุด CG_{1-9}



CG1. WT.=2.2705G., TOT.V.=21.8 ML. DIL.1:3, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	325	ME.LAU.	161.5	5.7572	.2214	6.22	6.63
2	559	ME.MYR.	44.5	1.8927	.0644	2.05	2.19
3	775	ME.PAL.	17.5	.83	.0253	.89	.95

CG2. WT.=2.7533G., TOT.V.=22.9 ML. DIL.1:8, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	325	ME.LAU.	132.5	4.8753	.4331	12.16	12.97
2	559	ME.MYR.	36	1.5556	.1222	3.88	4.14
3	775	ME.PAL.	14	.675	.0475	1.68	1.79

CG.1 STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	325	ME.LAU.	117.5	4.3505	.846	.0304	99.45 %
1.2	325	ME.LAU.	156	5.7085			
1.3	325	ME.LAU.	208.5	7.1365			
2.1	559	ME.MYR.	29.5	1.26	.1274	.0397	98.3 %
2.2	559	ME.MYR.	37	1.6555			
2.3	559	ME.MYR.	49.5	2.0685			
3.1	775	ME.PAL.	19	.861	.0546	.0443	97.08 %
3.2	775	ME.PAL.	23	1.127			
3.3	775	ME.PAL.	31	1.4105			

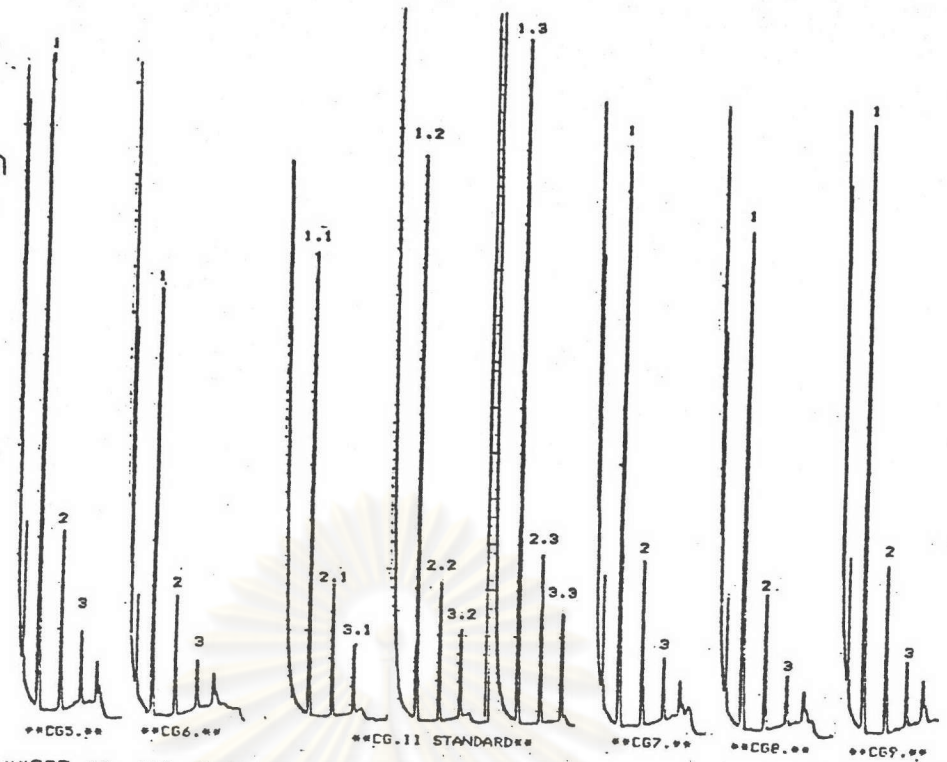
CG3. WT.=1.9327G., TOT.V.=21.5 ML. DIL.1:10, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	325	ME.LAU.	114	4.3127	.7473	20.98	22.37
2	559	ME.MYR.	31	1.3572	.208	6.6	7.04
3	775	ME.PAL.	12.5	.6085	.0836	2.96	3.16

CG4. WT.=2.0568G., TOT.V.=22.1 ML. DIL.1:15, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	325	ME.LAU.	107	4.0998	.8822	24.77	26.41
2	559	ME.MYR.	30	1.3175	.2507	7.96	8.49
3	775	ME.PAL.	12.5	.6085	.1038	3.67	3.91

การทดลองชุด CG$_{1-9}$ (ต่อ)



CG5. WT.=2.8722G., TOT.V.=22.3 ML. DIL.1:17, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	325	ME.LAU.	172	6.8215	1.2021	33.74	35.98
2	559	ME.MYR.	48	2.2896	.3568	11.32	12.07
3	775	ME.PAL.	18.5	.6857	.1237	4.38	4.67

CG6. WT.=1.6915G., TOT.V.=21.6 ML. DIL.1:18, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	325	ME.LAU.	113.5	3.9673	1.2175	34.17	36.44
2	559	ME.MYR.	31	1.3741	.3729	11.83	12.62
3	775	ME.PAL.	12	.5286	.1286	4.55	4.85

CG.11 STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	325	ME.LAU.	122	4.3505	-1.57	.0488	99.87 %
1.2	325	ME.LAU.	148	5.7085			
1.3	325	ME.LAU.	179	7.1365			
2.1	559	ME.MYR.	29	1.26	-.2952	.0539	99.93 %
2.2	559	ME.MYR.	36	1.6555			
2.3	559	ME.MYR.	44	2.0685			
3.1	775	ME.PAL.	18	.861	-.1309	.055	99.97 %
3.2	775	ME.PAL.	23	1.1275			
3.3	775	ME.PAL.	28	1.4105			

CG7. WT.=2.6524G., TOT.V.=22.2 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	325	ME.LAU.	153.5	5.9189	1.3228	37.14	39.61
2	559	ME.MYR.	44	2.0742	.4099	13.01	13.87
3	775	ME.PAL.	16.5	.7758	.1374	4.87	5.19

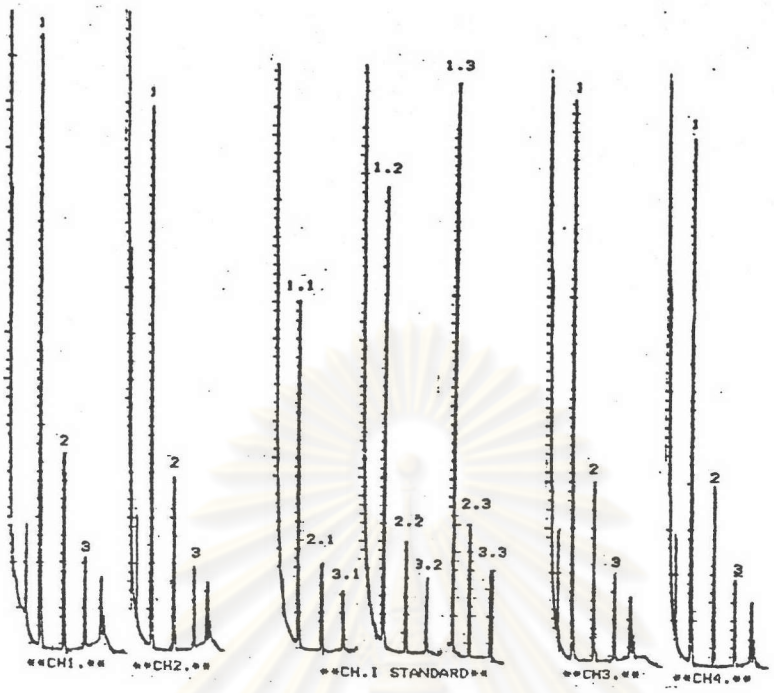
CG8. WT.=2.0636G., TOT.V.=22 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	325	ME.LAU.	132	4.8699	1.3863	38.92	41.5
2	559	ME.MYR.	36	1.6434	.4137	13.13	14
3	775	ME.PAL.	13	.5835	.1317	4.66	4.97

CG9. WT.=2.4627G., TOT.V.=22.1 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	325	ME.LAU.	161.5	6.3092	1.5118	42.44	45.26
2	559	ME.MYR.	45	2.128	.4509	14.31	15.26
3	775	ME.PAL.	16.5	.7758	.1473	5.22	5.57

3.1.8 การทดลองชุด CH_{1-9}



CH1. WT.=2.9103G., TOT.V.=22.4 ML. DIL.1:15, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	310	ME.LAU.	161	7.0642	1.0889	30.8	32.84
2	545	ME.MYR.	52	2.604	.3549	11.35	12.1
3	762	ME.PAL.	24	1.2677	.1549	5.53	5.9

CH2. WT.=2.6341G., TOT.V.=22.3 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	310	ME.LAU.	142	6.4714	1.4629	41.39	44.14
2	545	ME.MYR.	46.5	2.373	.4744	15.17	16.18
3	762	ME.PAL.	21.5	1.1513	.2063	7.36	7.85

CH.1 STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

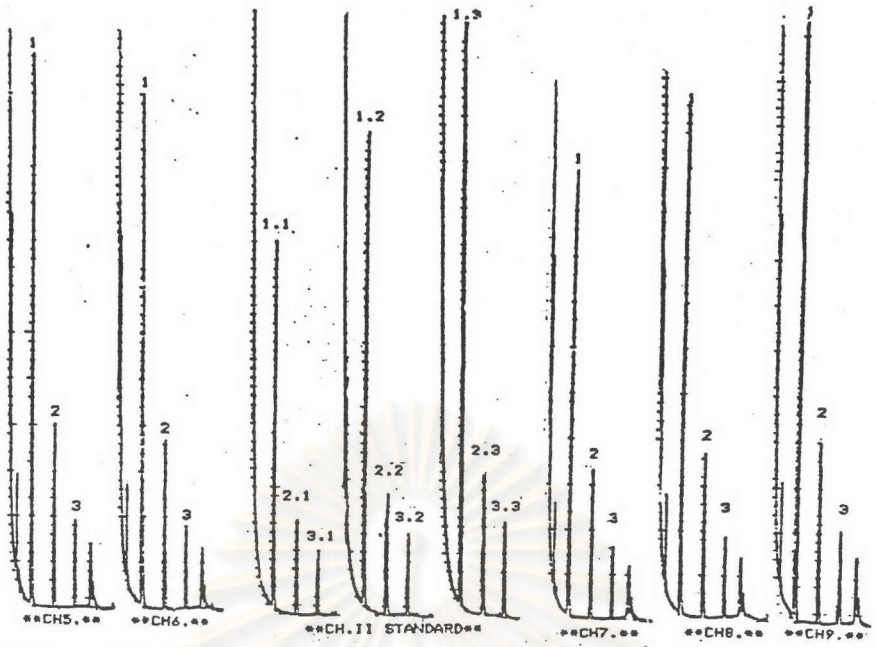
NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	310	ME.LAU.	91	4.895	2.041	.0312	99.91 %
1.2	310	ME.LAU.	121	5.785			
1.3	310	ME.LAU.	148	6.675			
2.1	545	ME.MYR.	23	1.386	.42	.042	100 %
2.2	545	ME.MYR.	29	1.638			
2.3	545	ME.MYR.	35	1.89			
3.1	762	ME.PAL.	16	.902	.1507	.0465	99.32 %
3.2	762	ME.PAL.	20	1.066			
3.3	762	ME.PAL.	23	1.23			

CH3. WT.=2.5091G., TOT.V.=22.5 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	310	ME.LAU.	147	6.6274	1.5869	44.89	47.87
2	545	ME.MYR.	47.5	2.415	.5114	16.35	17.44
3	762	ME.PAL.	23	1.2211	.2317	8.27	8.82

CH4. WT.=2.2562G., TOT.V.=21.5 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	310	ME.LAU.	138	6.3466	1.6149	45.68	48.71
2	545	ME.MYR.	46	2.3096	.5197	16.63	17.73
3	762	ME.PAL.	22	1.1746	.2369	8.46	9.02



CH5. WT.=2.7366G., TOT.V.=22.3 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	310	ME.LAU.	145	6.4796	1.6449	46.53	49.62
2	545	ME.MYR.	49	2.3731	.5327	17.04	18.17
3	762	ME.PAL.	23.5	1.153	.232	8.27	8.82

CH6. WT.=2.1662G., TOT.V.=21.5 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	310	ME.LAU.	135	6.138	1.6267	46.01	49.06
2	545	ME.MYR.	45	2.2067	.5172	16.55	17.65
3	762	ME.PAL.	22	1.0928	.2296	8.2	8.74

CH.II STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	310	ME.LAU.	98	4.895	1.526	.0342	99.6 %
1.2	310	ME.LAU.	126	5.785			
1.3	310	ME.LAU.	150	6.675			
2.1	545	ME.MYR.	25	1.386	.3342	.0416	99.08 %
2.2	545	ME.MYR.	32	1.638			
2.3	545	ME.MYR.	37	1.89			
3.1	762	ME.PAL.	17	.902	.2093	.0402	97.96 %
3.2	762	ME.PAL.	22	1.066			
3.3	762	ME.PAL.	25	1.23			

CH7. WT.=2.0216G., TOT.V.=21.6 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	310	ME.LAU.	119	5.5914	1.5952	45.13	48.13
2	545	ME.MYR.	40	1.9986	.5042	16.13	17.2
3	762	ME.PAL.	19	.9723	.2199	7.85	8.37

CH8. WT.=2.8077G., TOT.V.=22.3 ML. DIL.1:25, INJ.V.=3.5 µL.

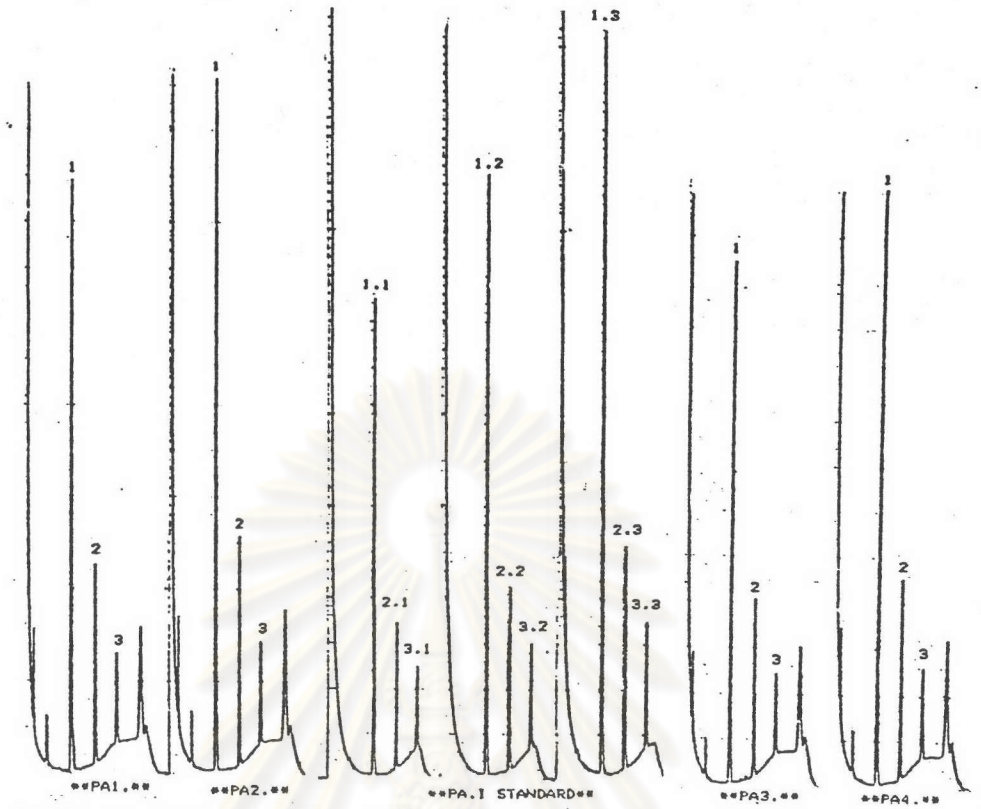
NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	310	ME.LAU.	135	6.138	1.6272	46.03	49.09
2	545	ME.MYR.	44	2.1651	.5076	16.23	17.31
3	762	ME.PAL.	22	1.0928	.2296	8.2	8.74

CH9. WT.=3.2095G., TOT.V.=22.8 ML. DIL.1:25, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	310	ME.LAU.	159	6.9578	1.6498	46.67	49.77
2	545	ME.MYR.	52.5	2.5187	.5281	16.89	18.01
3	762	ME.PAL.	24.5	1.1932	.2242	8	8.53

3.2 น้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์ม

3.2.1 การทดลองชุด PA_{1-13}



PA1. WT.=1.2621G., TOT.V.=21.4 ML. DIL.1:3, INJ.V.=1.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	517	ME.LAU.	156	4.7782	.7572	32.56	34.64
2	760	ME.MYR.	51.5	1.446	.2026	9.85	10.48
3	980	ME.PAL.	23	.769	.0966	5.25	5.59

PA2. WT.=2.5195G., TOT.V.=23.1 ML. DIL.1:10, INJ.V.=2.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	517	ME.LAU.	182.5	5.4415	.9325	40.12	42.68
2	760	ME.MYR.	59.5	1.638	.2482	12.08	12.85
3	980	ME.PAL.	27	.883	.1199	6.51	6.93

PA.I STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	517	ME.LAU.	126	4.005	.8735	.025	99.83 %
1.2	517	ME.LAU.	159	4.895			
1.3	517	ME.LAU.	197	5.785			
2.1	760	ME.MYR.	38.5	1.134	.21	.024	100 %
2.2	760	ME.MYR.	49	1.386			
2.3	760	ME.MYR.	59.5	1.638			
3.1	980	ME.PAL.	22	.738	.1135	.0285	99.94 %
3.2	980	ME.PAL.	27.5	.902			
3.3	980	ME.PAL.	33.5	1.066			

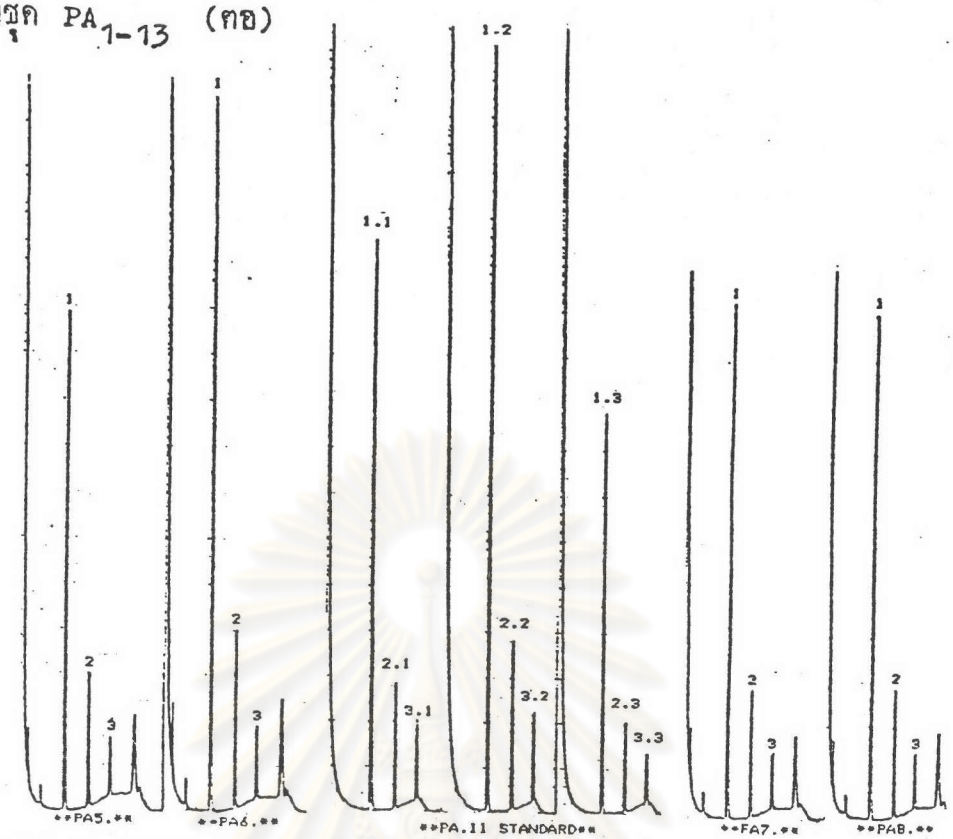
PA3. WT.=2.2992G., TOT.V.=22.9 ML. DIL.1:15, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	517	ME.LAU.	138	4.3277	1.0071	43.32	46.09
2	760	ME.MYR.	46	1.314	.2704	13.15	13.97
3	980	ME.PAL.	21	.712	.1313	7.14	7.6

PA4. WT.=2.4091G., TOT.V.=23 ML. DIL.1:17, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	517	ME.LAU.	157.5	4.8157	1.0435	44.88	47.75
2	760	ME.MYR.	52	1.458	.2794	13.59	14.46
3	980	ME.PAL.	23.5	.7633	.1345	7.3	7.77

การทดลองชุด PA 1-13 (ต่อ)



PA5. WT.=2.4135G., TOT.V.=23 ML. DIL.1:17, INJ.V.=2.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	517	ME.LAU.	132	3.6092	1.0929	47.01	50.01
2	760	ME.MYR.	35	1.1501	.308	14.97	15.93
3	980	ME.PAL.	15	.6392	.1534	8.32	8.85

PA6. WT.=2.6154G., TOT.V.=23.2 ML. DIL.1:17, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	517	ME.LAU.	188	4.6402	1.0899	46.87	49.86
2	760	ME.MYR.	47.5	1.4497	.3011	14.65	15.59
3	980	ME.PAL.	19	.7641	.1423	7.72	8.21

PA.11 STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	517	ME.LAU.	151	4.005	1.179	.0184	99.8 %
1.2	517	ME.LAU.	203	4.695			
1.3	517	ME.LAU.	106.5	3.115			
2.1	760	ME.MYR.	34	1.134	.3107	.0239	99.92 %
2.2	760	ME.MYR.	45	1.386			
2.3	760	ME.MYR.	24	.882			
3.1	980	ME.PAL.	18	.738	.171	.0312	99.92 %
3.2	980	ME.PAL.	23.5	.902			
3.3	980	ME.PAL.	13	.574			

PA7. WT.=2.4599G., TOT.V.=23.1 ML. DIL.1:17, INJ.V.=2.5 µL.

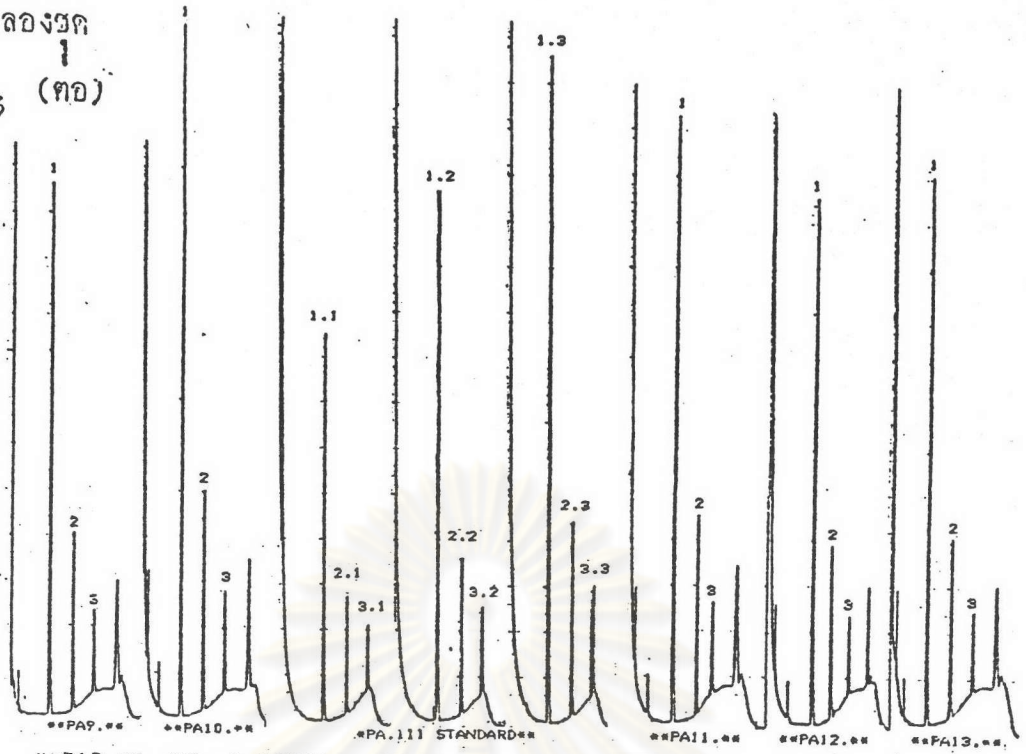
NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	517	ME.LAU.	136	3.6628	1.0989	47.28	50.3
2	760	ME.MYR.	33.5	1.1141	.294	14.29	15.2
3	980	ME.PAL.	14	.6081	.1438	7.8	8.3

PA8. WT.=2.4207G., TOT.V.=23 ML. DIL.1:17, INJ.V.=2.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	517	ME.LAU.	133	3.6276	1.0952	47.11	50.12
2	760	ME.MYR.	34	1.1261	.3006	14.63	15.56
3	980	ME.PAL.	14	.6081	.1455	7.9	8.4

การทดลองชุด 1

PA 1-13 (ต่อ)



PA9. WT.=2.3609G., TOT.V.=22.8 ML. DIL.1:18, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	517	ME.LAU.	140	4.0131	1.0866	46.73	49.71
2	760	ME.MYR.	47	1.2774	.3059	14.87	15.82
3	980	ME.PAL.	21.5	.697	.1496	8.12	8.64

PA10. WT.=2.4617G., TOT.V.=23 ML. DIL.1:15, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	517	ME.LAU.	182	5.0371	1.0996	47.3	50.32
2	760	ME.MYR.	58	1.5478	.2988	14.53	15.46
3	980	ME.PAL.	26.5	.8337	.1442	7.82	8.32

PA.111 STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	517	ME.LAU.	103	3.115	.5999	.0244	99.99 %
1.2	517	ME.LAU.	140	4.005			
1.3	517	ME.LAU.	176	4.895			
2.1	760	ME.MYR.	31	.882	.1221	.0246	99.98 %
2.2	760	ME.MYR.	41	1.134			
2.3	760	ME.MYR.	51.5	1.386			
3.1	980	ME.PAL.	17	.574	.1094	.0273	100 %
3.2	980	ME.PAL.	23	.738			
3.3	980	ME.PAL.	29	.902			

PA11. WT.=2.3525G., TOT.V.=22.9 ML. DIL.1:16, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	517	ME.LAU.	160.5	4.5129	1.0948	47.09	50.1
2	760	ME.MYR.	53	1.4249	.3057	14.87	15.82
3	980	ME.PAL.	24	.7653	.1472	7.98	8.49

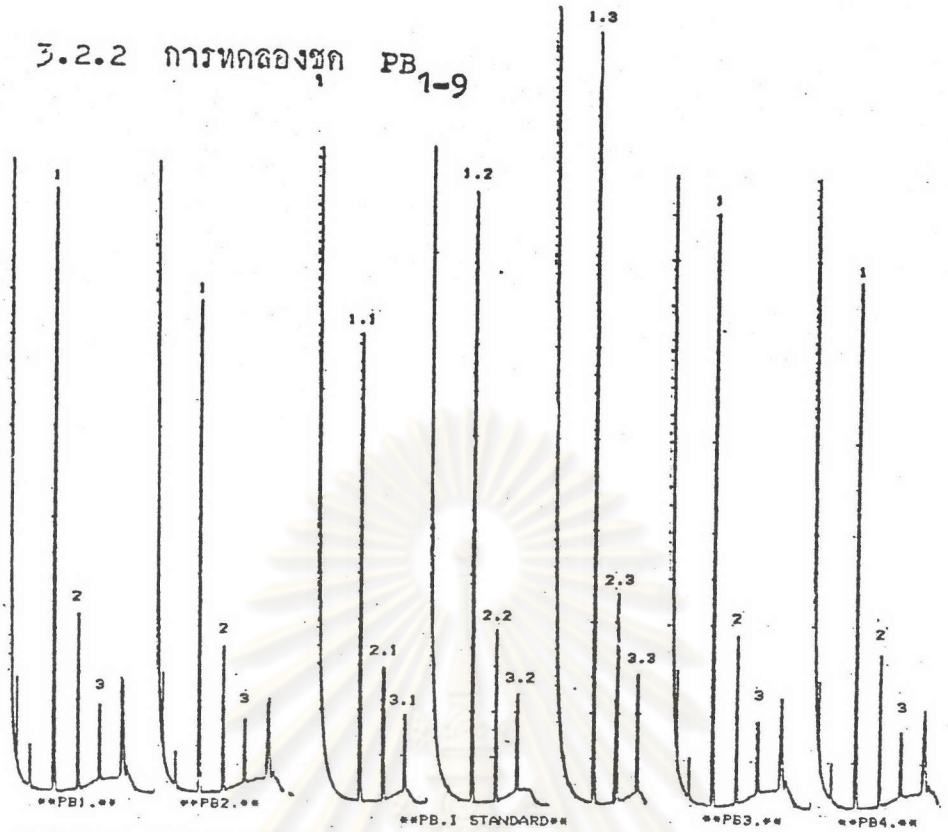
PA12. WT.=2.3917G., TOT.V.=23 ML. DIL.1:15, INJ.V.=2.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	517	ME.LAU.	140	4.0131	1.082	46.55	49.52
2	760	ME.MYR.	45.5	1.2405	.2958	14.39	15.31
3	980	ME.PAL.	20.5	.6697	.1431	7.76	8.26

PA13. WT.=2.2598G., TOT.V.=22.7 ML. DIL.1:17, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	517	ME.LAU.	145.5	4.1472	1.1031	47.46	50.49
2	760	ME.MYR.	47	1.2774	.3005	14.61	15.54
3	980	ME.PAL.	21	.6833	.1441	7.82	8.32

3.2.2 การทดลองชุด PB_{1-9}



PB1. WT.=4.3223G., TOT.V.=24.8 ML. DIL.1:3, INJ.V.=2 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	506	ME.LAU.	159.5	4.8163	.1937	4.81	5.12
2	750	ME.MYR.	47	1.4364	.0511	1.44	1.53
3	967	ME.PAL.	20	.7405	.0236	.74	.79

PB2. WT.=4.508G., TOT.V.=25 ML. DIL.1:10, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	506	ME.LAU.	130.5	4.1641	.3597	8.92	9.49
2	750	ME.MYR.	39	1.2348	.0943	2.64	2.81
3	967	ME.PAL.	17	.655	.0448	1.4	1.49

PB.I STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

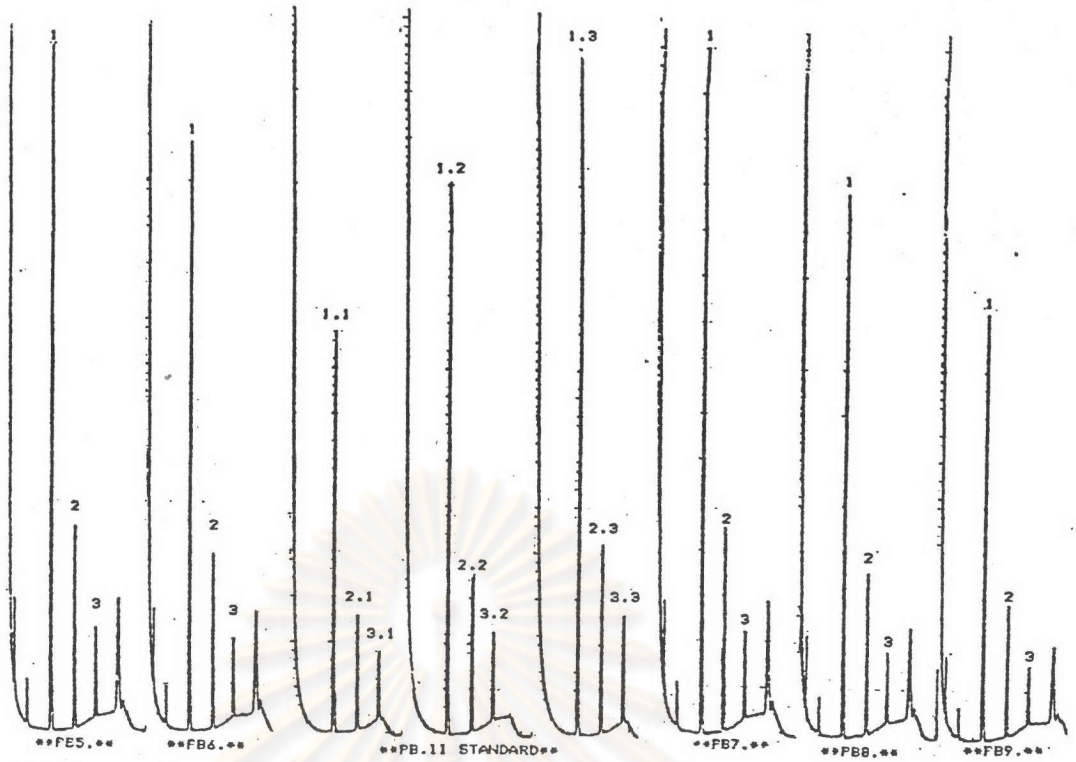
NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	506	ME.LAU.	124.5	4.005	1.229	.0225	99.81 %
1.2	506	ME.LAU.	141	4.895			
1.3	506	ME.LAU.	203.5	5.785			
2.1	750	ME.MYR.	35	1.134	.252	.0252	100 %
2.2	750	ME.MYR.	45	1.386			
2.3	750	ME.MYR.	55	1.638			
3.1	967	ME.PAL.	20	.738	.1705	.0285	99.94 %
3.2	967	ME.PAL.	25.5	.902			
3.3	967	ME.PAL.	31.5	1.066			

PB3. WT.=2.8204G., TOT.V.=23.1 ML. DIL.1:15, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	506	ME.LAU.	157.5	4.7713	.7826	19.39	20.63
2	750	ME.MYR.	45	1.386	.201	5.64	6
3	967	ME.PAL.	19	.712	.0926	2.89	3.07

PB4. WT.=2.9241G., TOT.V.=23.2 ML. DIL.1:25, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	506	ME.LAU.	140	4.3777	1.1593	28.73	30.56
2	750	ME.MYR.	40	1.26	.2951	8.27	8.8
3	967	ME.PAL.	18	.6835	.1435	4.48	4.77



PB5. WT.=2.7913G., TOT.V.=23.2 ML. DIL.1:15, INJ.V.=2.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	506	ME.LAU.	181	5.3285	1.2417	30.77	32.73
2	750	ME.MYR.	53	1.5782	.3252	9.11	9.69
3	967	ME.PAL.	23.5	.8309	.1535	4.79	5.1

PB6. WT.=2.4318G., TOT.V.=22.4 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	506	ME.LAU.	155	4.7084	1.3511	33.47	35.61
2	750	ME.MYR.	46	1.4024	.3559	9.97	10.61
3	967	ME.PAL.	20.5	.7328	.1667	5.21	5.54

PB.11 STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	506	ME.LAU.	106	3.56	1.012	.0239	99.82 %
1.2	506	ME.LAU.	146	4.45			
1.3	506	ME.LAU.	180.5	5.34			
2.1	750	ME.MYR.	30	1.008	.2468	.0251	99.67 %
2.2	750	ME.MYR.	41	1.26			
2.3	750	ME.MYR.	50	1.512			
3.1	967	ME.PAL.	18	.656	.0627	.0327	99.67 %
3.2	967	ME.PAL.	23.5	.82			
3.3	967	ME.PAL.	28	.984			

PB7. WT.=2.4323G., TOT.V.=22.3 ML. DIL.1:17, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	506	ME.LAU.	181	5.3285	1.2936	32.05	34.1
2	750	ME.MYR.	54	1.6033	.3442	9.65	10.27
3	967	ME.PAL.	23	.8146	.1567	4.9	5.21

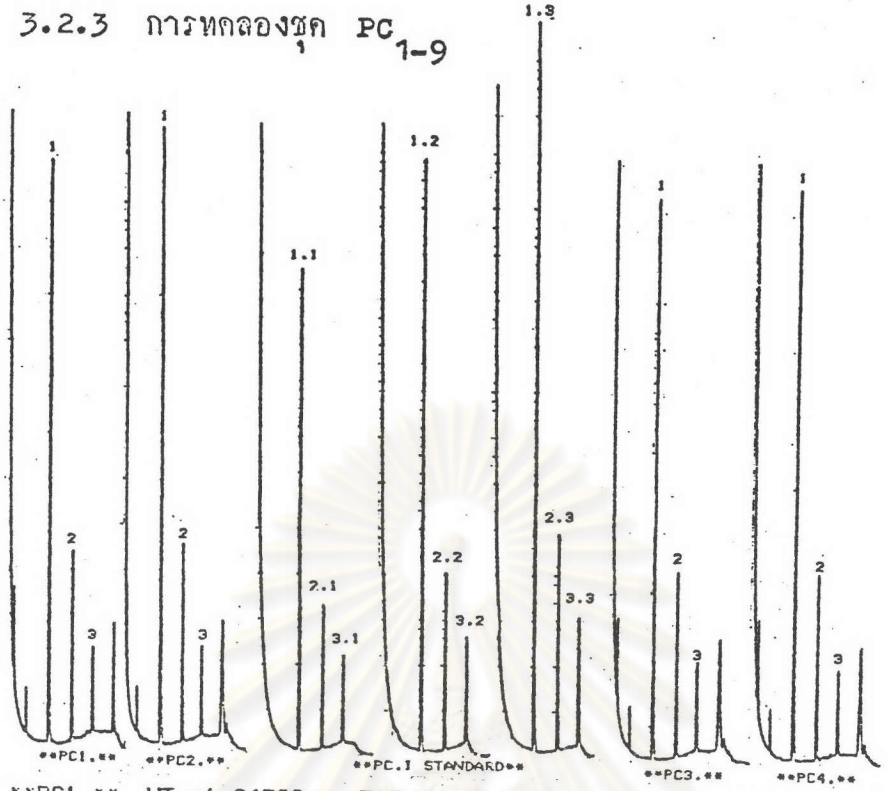
PB8. WT.=2.7027G., TOT.V.=23.1 ML. DIL.1:15, INJ.V.=2 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	506	ME.LAU.	143.5	4.4341	1.3282	32.91	35.01
2	750	ME.MYR.	42	1.3019	.3449	9.67	10.29
3	967	ME.PAL.	18	.6511	.1546	4.83	5.14

PB9. WT.=2.1164G., TOT.V.=22.3 ML. DIL.1:15, INJ.V.=2 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	506	ME.LAU.	113	3.7067	1.3688	33.9	36.06
2	750	ME.MYR.	34.5	1.1135	.3636	10.19	10.84
3	967	ME.PAL.	15	.553	.1619	5.06	5.38

3.2.3 การทดลองชุด PC_{1} 1-9



PC1. WT.=1.9473G., TOT.V.=21.9 ML. DIL.1:8, INJ.V.=2.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	501	ME.LAU.	154.5	4.7768	.8033	22.44	23.87
2	742	ME.MYR.	51	1.4634	.2176	6.88	7.32
3	957	ME.PAL.	23	.746	.0994	3.5	3.72

PC2. WT.=2.4031G., TOT.V.=22.5 ML. DIL.1:17, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	501	ME.LAU.	163	5.0087	1.2418	34.69	36.9
2	742	ME.MYR.	53.5	1.5279	.335	10.59	11.27
3	957	ME.PAL.	24.5	.7886	.155	5.46	5.81

PC.1 STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	501	ME.LAU.	127.5	4.005	.562	.0273	99.61 %
1.2	501	ME.LAU.	156.5	4.895			
1.3	501	ME.LAU.	192.5	5.785			
2.1	742	ME.MYR.	38.5	1.134	.1476	.0258	99.8 %
2.2	742	ME.MYR.	47.5	1.386			
2.3	742	ME.MYR.	58	1.638			
3.1	957	ME.PAL.	23	.738	.0937	.0284	99.44 %
3.2	957	ME.PAL.	28	.902			
3.3	957	ME.PAL.	34.5	1.066			

PC3. WT.=2.4332G., TOT.V.=22.4 ML. DIL.1:18, INJ.V.=2.5 µL.

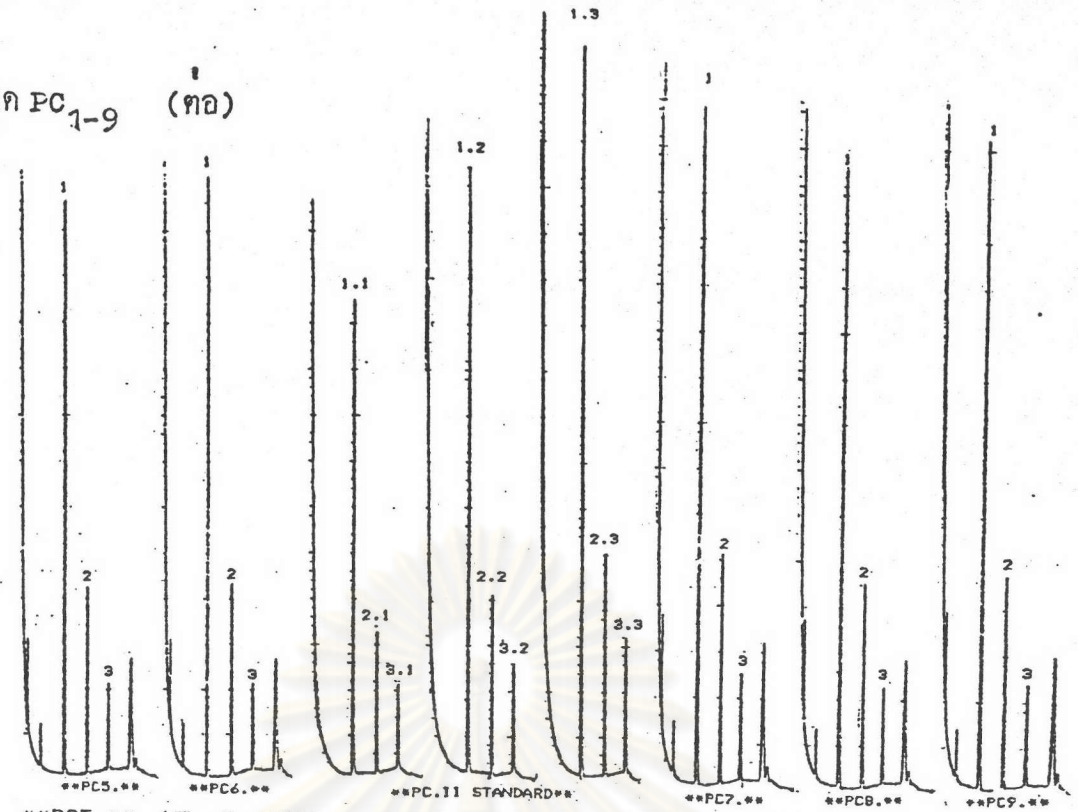
NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	501	ME.LAU.	149	4.6268	1.4331	40.04	42.6
2	742	ME.MYR.	49	1.4118	.3867	12.22	13
3	957	ME.PAL.	21.5	.7214	.1771	6.24	6.64

PC4. WT.=2.2991G., TOT.V.=22.4 ML. DIL.1:18, INJ.V.=2.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	501	ME.LAU.	151	4.6813	1.5345	42.88	45.62
2	742	ME.MYR.	49	1.4118	.4092	12.93	13.76
3	957	ME.PAL.	22	.7336	.1906	6.72	7.15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองชุด PC_{1-9} (ต่อ)



PC5. WT.=2.4423G., TOT.V.=22.4 ML. DIL.1:20, INJ.V.=2.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	501	ME.LAU.	151	4.6689	1.6008	44.73	47.59
2	742	ME.MYR.	50	1.4151	.4291	13.55	14.42
3	957	ME.PAL.	22.5	.7418	.2016	7.1	7.55

PC6. WT.=2.5563G., TOT.V.=22.6 ML. DIL.1:20, INJ.V.=2.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	501	ME.LAU.	158	4.8481	1.6023	44.77	47.63
2	742	ME.MYR.	51.5	1.4602	.4268	13.49	14.35
3	957	ME.PAL.	23.5	.7715	.2021	7.13	7.59

PC.11 STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	501	ME.LAU.	125.5	4.005	.8033	.0256	99.96 %
1.2	501	ME.LAU.	159	4.895			
1.3	501	ME.LAU.	195	5.785			
2.1	742	ME.MYR.	37.5	1.134	.2531	.0234	99.98 %
2.2	742	ME.MYR.	48.5	1.386			
2.3	742	ME.MYR.	59	1.638			
3.1	957	ME.PAL.	22.5	.738	.1579	.0261	99.52 %
3.2	957	ME.PAL.	28	.902			
3.3	957	ME.PAL.	35	1.066			

PC7. WT.=2.1327G., TOT.V.=22.2 ML. DIL.1:18, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	501	ME.LAU.	182	5.4625	1.5942	44.55	47.39
2	742	ME.MYR.	60.5	1.6712	.4313	13.63	14.5
3	957	ME.PAL.	28	.889	.2056	7.25	7.71

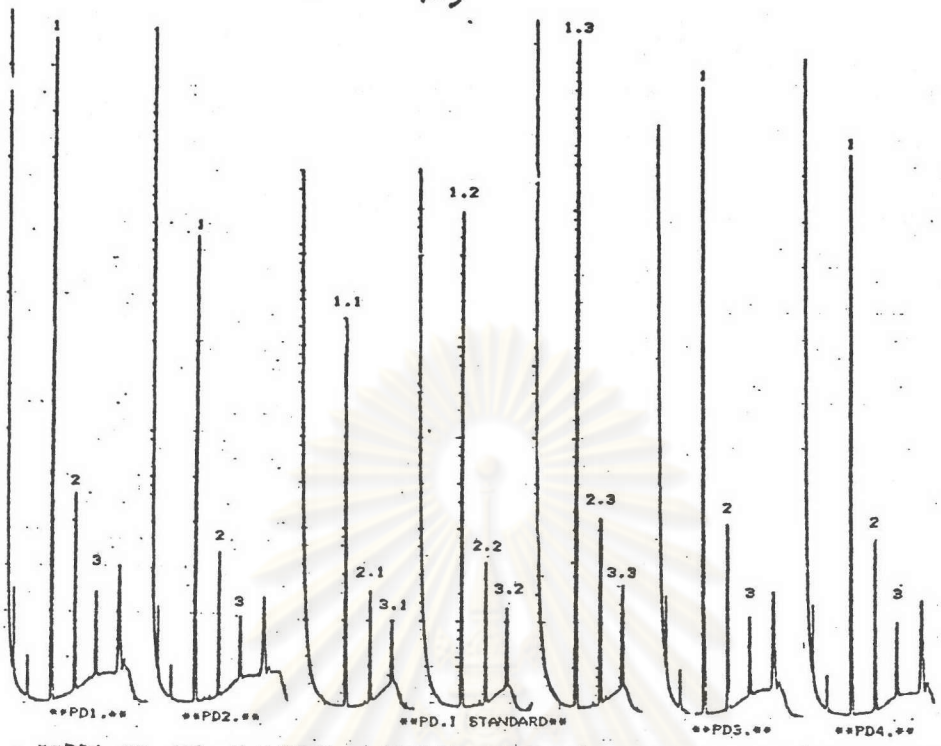
PC8. WT.=2.5949G., TOT.V.=22.6 ML. DIL.1:20, INJ.V.=2.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	501	ME.LAU.	163	4.9761	1.6201	45.27	48.16
2	742	ME.MYR.	54	1.5188	.4373	13.81	14.69
3	957	ME.PAL.	25	.8106	.2092	7.38	7.85

PC9. WT.=2.1935G., TOT.V.=22.1 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	501	ME.LAU.	170.5	5.1681	1.6221	45.32	48.21
2	742	ME.MYR.	56	1.5657	.4346	13.74	14.62
3	957	ME.PAL.	26.5	.8498	.2114	7.46	7.94

3.2.4 การทดลองชุด PD 1-9



PD1. WT.=2.5651G., TOT.V.=22.7 ML. DIL.1:6, INJ.V.=2.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	513	ME.LAU.	175	6.234	.6187	17.29	18.39
2	760	ME.MYR.	51.5	1.8585	.1631	5.16	5.49
3	981	ME.PAL.	22	.9489	.0746	2.64	2.81

PD2. WT.=2.2685G., TOT.V.=22.4 ML. DIL.1:10, INJ.V.=2.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	513	ME.LAU.	124	4.6703	.862	24.09	25.63
2	760	ME.MYR.	38	1.4333	.2339	7.39	7.86
3	981	ME.PAL.	14.5	.6829	.0999	3.53	3.76

PD.I STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

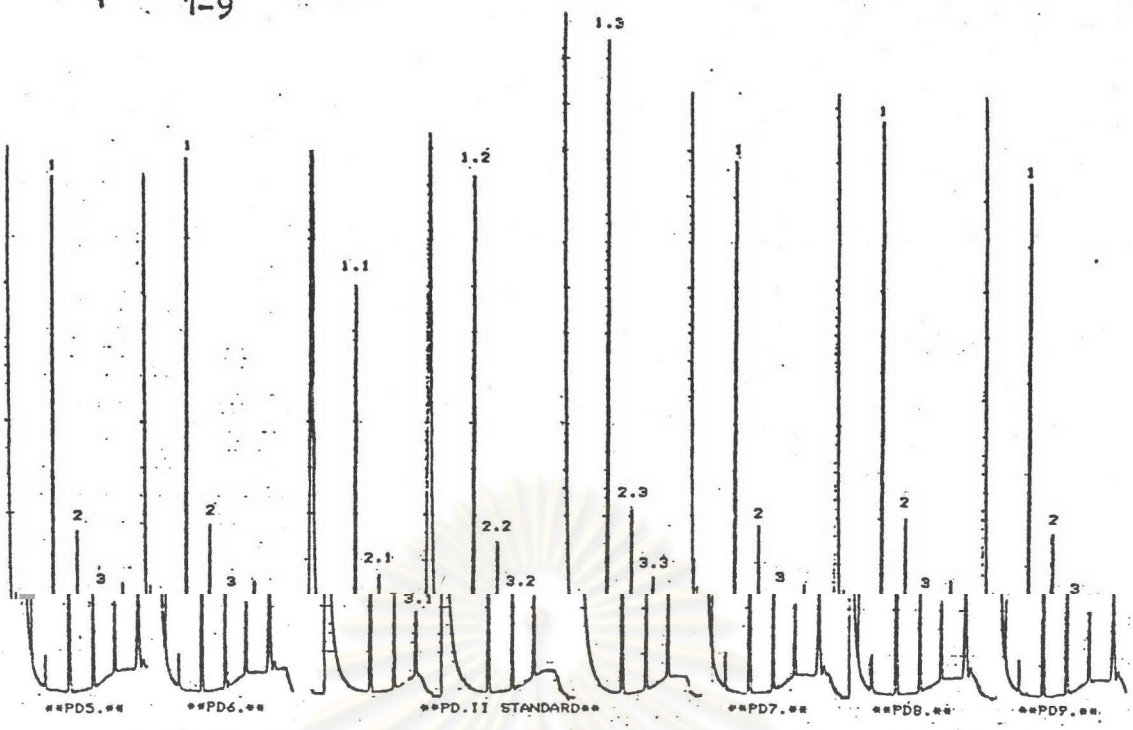
NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	513	ME.LAU.	102.5	4.005	.8685	.0307	99.99 %
1.2	513	ME.LAU.	131	4.895			
1.3	513	ME.LAU.	175	6.23			
2.1	760	ME.MYR.	28.5	1.134	.2363	.0315	100 %
2.2	760	ME.MYR.	36.5	1.386			
2.3	760	ME.MYR.	48.5	1.764			
3.1	981	ME.PAL.	16.5	.738	.0876	.0392	99.89 %
3.2	981	ME.PAL.	21	.902			
3.3	981	ME.PAL.	27	1.148			

PD3. WT.=2.8827G., TOT.V.=22.8 ML. DIL.1:15, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	513	ME.LAU.	167	5.9887	1.1067	30.92	32.89
2	760	ME.MYR.	49.5	1.7955	.2934	9.27	9.86
3	981	ME.PAL.	21	.9098	.1333	4.7	5

PD4. WT.=2.3463G., TOT.V.=22.5 ML. DIL.1:15, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	513	ME.LAU.	152	5.7446	1.2871	35.96	38.26
2	760	ME.MYR.	45	1.6538	.3277	10.35	11.01
3	981	ME.PAL.	18	.8086	.1436	5.07	5.39



PD5. WT.=2.4815G., TOT.V.=22.6 ML. DIL.1:17, INJ.V.=2.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	513	ME.LAU.	140.6	4.9548	1.4339	40.07	42.63
2	760	ME.MYR.	41	1.4676	.3756	11.87	12.63
3	981	ME.PAL.	16	.7656	.1756	6.19	6.59

PD6. WT.=3.0545G., TOT.V.=23.3 ML. DIL.1:25, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	513	ME.LAU.	140.5	4.9541	1.4716	41.12	43.75
2	760	ME.MYR.	43	1.5252	.4006	12.66	13.47
3	981	ME.PAL.	18	.8002	.1884	6.65	7.07

PD.II STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	513	ME.LAU.	107	4.005	1.123	.0273	99.61 %
1.2	513	ME.LAU.	136	4.895			
1.3	513	ME.LAU.	172	5.785			
2.1	760	ME.MYR.	29.5	1.134	.2872	.0288	99.97 %
2.2	760	ME.MYR.	38	1.386			
2.3	760	ME.MYR.	47	1.638			
3.1	981	ME.PAL.	17	.738	.1658	.0342	99.18 %
3.2	981	ME.PAL.	21	.902			
3.3	981	ME.PAL.	26.5	1.066			

PD7. WT.=2.9444G., TOT.V.=23 ML. DIL.1:25, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	513	ME.LAU.	141	4.9678	1.5111	42.23	44.93
2	760	ME.MYR.	43.5	1.5395	.4141	13.08	13.92
3	981	ME.PAL.	19	.8164	.1968	6.93	7.37

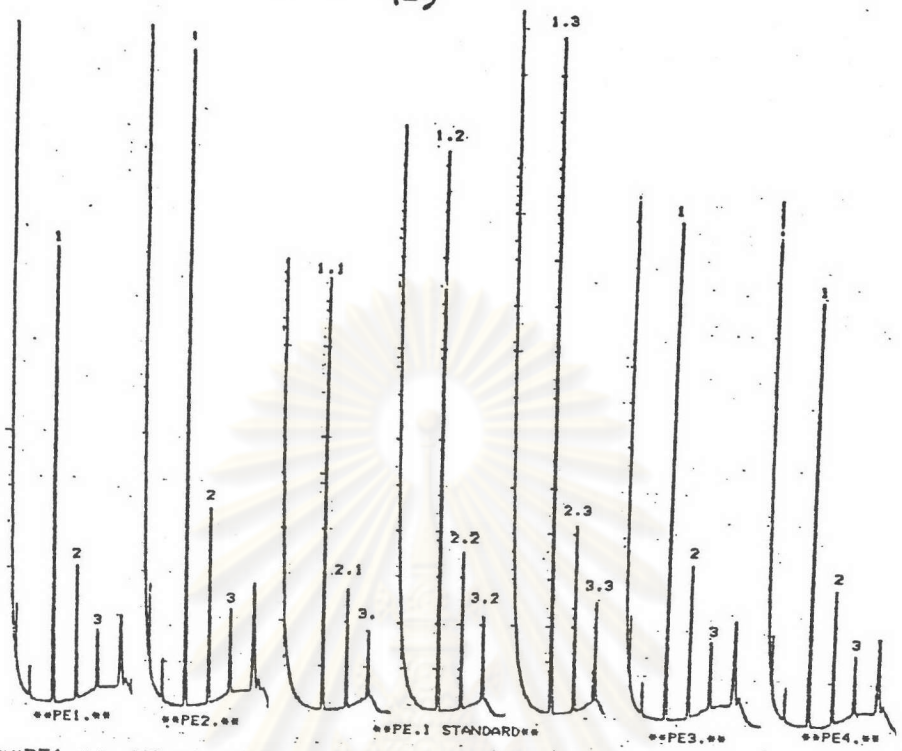
PD8. WT.=3.7856G., TOT.V.=23.9 ML. DIL.1:25, INJ.V.=2.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	513	ME.LAU.	151.5	5.2542	1.5501	43.31	46.08
2	760	ME.MYR.	46	1.6115	.4204	13.28	14.13
3	981	ME.PAL.	20	.8506	.1989	7.01	7.46

PD9. WT.=2.5806G., TOT.V.=22.7 ML. DIL.1:20, INJ.V.=2.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	513	ME.LAU.	136.5	4.845	1.5932	44.51	47.35
2	760	ME.MYR.	42.5	1.5108	.4393	13.88	14.77
3	981	ME.PAL.	19	.8164	.2128	7.51	7.99

3.2.5 การทดลองชุด PE 1-9



PE1. WT.=1.2021G., TOT.V.=21.3 ML. DIL.1:8, INJ.V.=2.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	517	ME.LAU.	121	4.2259	1.1197	31.28	33.28
2	761	ME.MYR.	33.5	1.1882	.2784	8.8	9.36
3	981	ME.PAL.	15	.6386	.1341	4.73	5.03

PE2. WT.=2.9804G., TOT.V.=23.1 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	517	ME.LAU.	174	5.6733	1.3698	38.27	40.71
2	761	ME.MYR.	50	1.6711	.3568	11.27	11.99
3	981	ME.PAL.	22	.9084	.1738	6.12	6.51

PE.1 STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	517	ME.LAU.	112	4.005	.9214	.0273	99.72 %
1.2	517	ME.LAU.	147.5	4.895			
1.3	517	ME.LAU.	177	5.785			
2.1	761	ME.MYR.	31	1.134	.2368	.0286	99 %
2.2	761	ME.MYR.	41	1.386			
2.3	761	ME.MYR.	48.5	1.638			
3.1	981	ME.PAL.	17.5	.738	.0605	.0385	99.88 %
3.2	981	ME.PAL.	22	.902			
3.3	981	ME.PAL.	26	1.066			

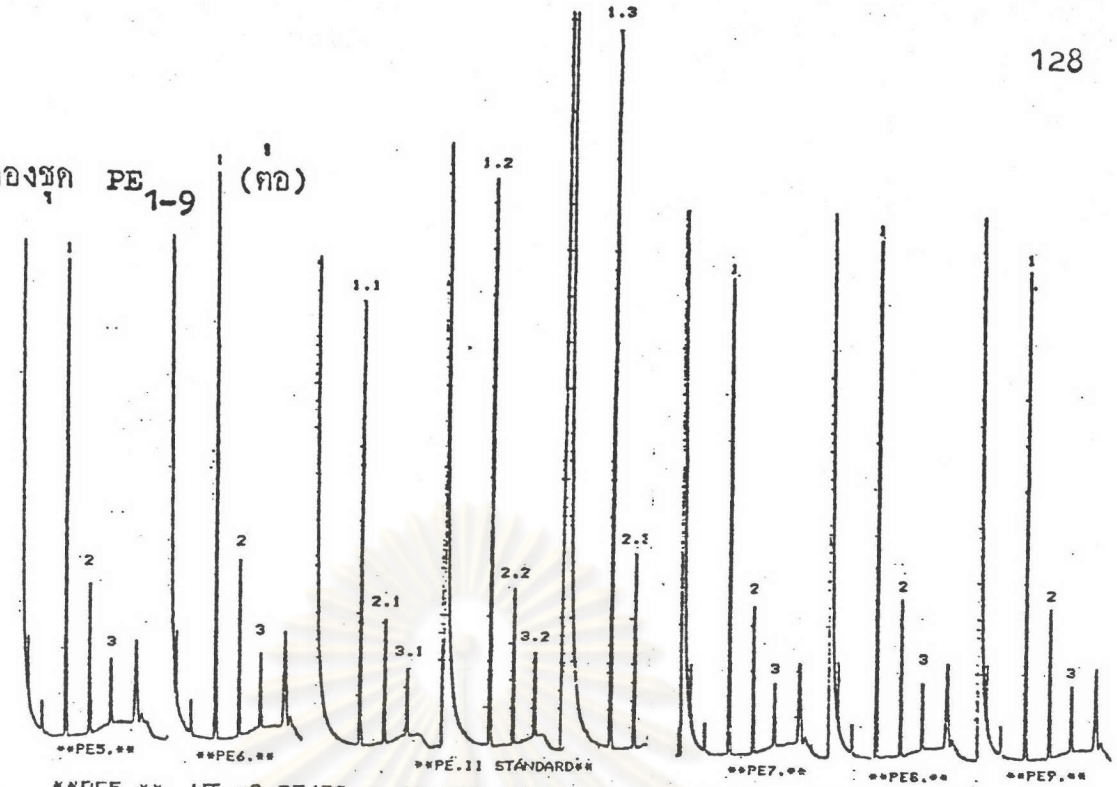
PE3. WT.=2.2479G., TOT.V.=22.3 ML. DIL.1:22, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	517	ME.LAU.	132	4.5263	1.5387	43	45.75
2	761	ME.MYR.	37	1.3246	.3982	12.59	13.39
3	981	ME.PAL.	16	.6985	.1882	6.63	7.05

PE4. WT.=2.321G., TOT.V.=22.4 ML. DIL.1:22, INJ.V.=2.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	517	ME.LAU.	113	4.0074	1.5904	44.43	47.27
2	761	ME.MYR.	34	1.2116	.4252	13.44	14.3
3	981	ME.PAL.	14	.6186	.1946	6.85	7.29

การทดลองชุด PE_{1-9} (ต่อ)



PE5. WT.=2.2765G., TOT.V.=22.3 ML. DIL.1:25, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	517	ME.LAU.	126	4.2619	1.6257	45.42	48.32
2	761	ME.MYR.	39.5	1.3256	.4471	14.13	15.03
3	981	ME.PAL.	15.5	.6817	.2061	7.26	7.72

PE6. WT.=2.6255G., TOT.V.=22.7 ML. DIL.1:25, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	517	ME.LAU.	149.5	4.8492	1.6326	45.62	48.53
2	761	ME.MYR.	46	1.5069	.4486	14.18	15.09
3	981	ME.PAL.	19.5	.7993	.2133	7.52	8

PE.11 STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	517	ME.LAU.	117	4.005	1.113	.0249	99.68 %
1.2	517	ME.LAU.	149	4.895			
1.3	517	ME.LAU.	188	5.785			
2.2	761	ME.MYR.	33	1.134	.2239	.0279	99.59 %
2.2	761	ME.MYR.	41	1.386			
2.3	761	ME.MYR.	51	1.638			
3.1	981	ME.PAL.	18	.738	.1316	.0342	99.18 %
3.2	981	ME.PAL.	22	.902			
3.3	981	ME.PAL.	27.5	1.066			

PE7. WT.=2.805G., TOT.V.=22.8 ML. DIL.1:25, INJ.V.=2.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	517	ME.LAU.	126	4.2619	1.6188	45.23	48.12
2	761	ME.MYR.	39.5	1.3256	.4452	14.06	14.96
3	981	ME.PAL.	17	.7137	.2149	7.57	8.05

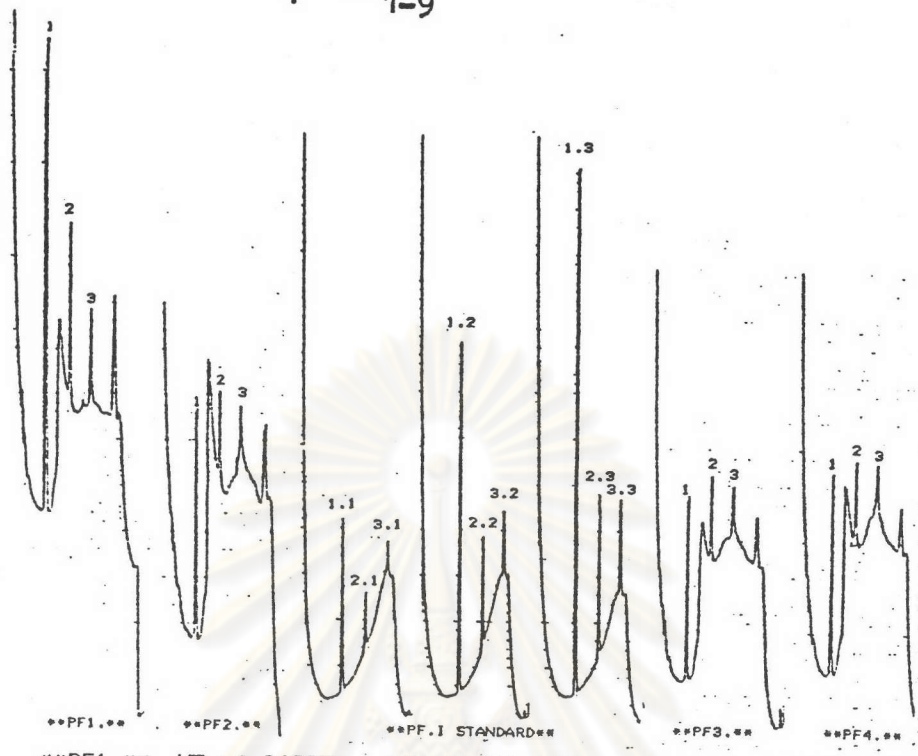
PE8. WT.=2.9813G., TOT.V.=23.1 ML. DIL.1:25, INJ.V.=2.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	517	ME.LAU.	136.5	4.5243	1.6381	45.78	48.7
2	761	ME.MYR.	42	1.3953	.4467	14.11	15.01
3	981	ME.PAL.	18	.7479	.2146	7.56	8.04

PE9. WT.=2.8285G., TOT.V.=23 ML. DIL.1:25, INJ.V.=2.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	517	ME.LAU.	129	4.3369	1.6479	46.05	48.99
2	761	ME.MYR.	40	1.3395	.4501	14.22	15.13
3	981	ME.PAL.	17.5	.7308	.2201	7.76	8.26

3.2.6 การทดลองชุด PF_{1-9}



PF1. WT.=4.8489G., TOT.V.=24.6 ML. DIL.1:1, INJ.V.=7 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	519	ME.LAU.	124	1.2106	4.1E-03	.12	.13
2	760	ME.MYR.	46	.4035	1.2E-03	.04	.04
3	977	ME.PAL.	25	.2428	7E-04	.03	.03

PF2. WT.=3.2291G., TOT.V.=23 ML. DIL.1:1, INJ.V.=7 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	519	ME.LAU.	60	.673	3.2E-03	.09	.1
2	760	ME.MYR.	24	.2484	1E-03	.04	.04
3	977	ME.PAL.	15	.1604	6E-04	.03	.03

PF.I STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	519	ME.LAU.	45	.555	.169	8.4E-03	99.85 %
1.2	519	ME.LAU.	92	.925			
1.3	519	ME.LAU.	133	1.295			
2.1	760	ME.MYR.	13.5	.1575	.0792	7.1E-03	95.67 %
2.2	760	ME.MYR.	22.5	.2625			
2.3	760	ME.MYR.	42	.3675			
3.1	977	ME.PAL.	8	.102	.0368	8.2E-03	99.97 %
3.2	977	ME.PAL.	16	.17			
3.3	977	ME.PAL.	24.5	.238			

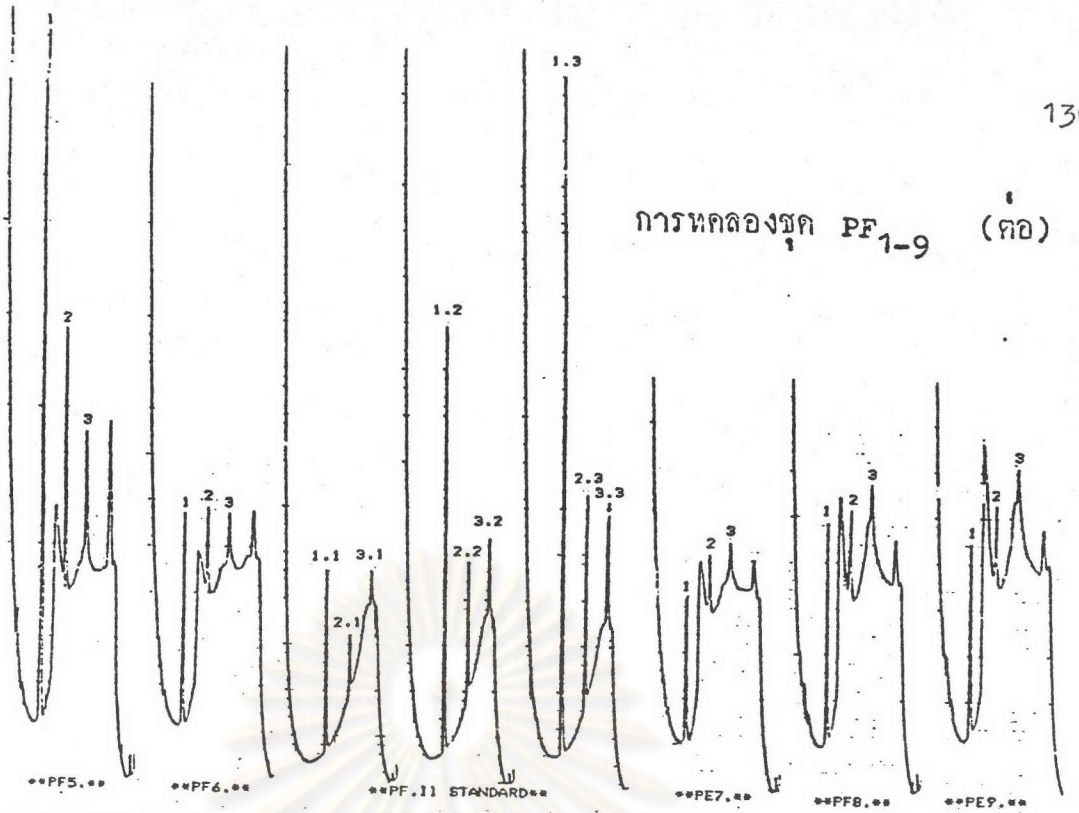
PF3. WT.=2.4809G., TOT.V.=22.6 ML. DIL.1:1, INJ.V.=7.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	519	ME.LAU.	47	.5638	3.2E-03	.09	.1
2	760	ME.MYR.	21	.2273	1.1E-03	.04	.04
3	977	ME.PAL.	11	.1274	6E-04	.03	.03

PF4. WT.=2.6475G., TOT.V.=22.6 ML. DIL.1:1, INJ.V.=7 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	519	ME.LAU.	53	.6142	3.5E-03	.09	.1
2	760	ME.MYR.	21	.2273	1.1E-03	.04	.04
3	977	ME.PAL.	12	.1357	6E-04	.03	.03

การทดลองชุด PF_{1-9} (ต่อ)



PF5. WT.=3.3534G., TOT.V.=23.3 ML. DIL.1:1, INJ.V.=7 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	519	ME.LAU.	179.5	1.6817	7.8E-03	.22	.23
2	760	ME.MYR.	66.5	.5708	2.3E-03	.08	.09
3	977	ME.PAL.	30	.2985	1.1E-03	.04	.04

PF6. WT.=2.8674G., TOT.V.=22.6 ML. DIL.1:1, INJ.V.=5.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	519	ME.LAU.	55	.6272	4.2E-03	.12	.13
2	760	ME.MYR.	21	.2127	1.3E-03	.04	.04
3	977	ME.PAL.	13	.1479	8E-04	.03	.03

PF.11 STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	519	ME.LAU.	47	.555	.1614	8.5E-03	99.98 %
1.2	519	ME.LAU.	111	1.11			
1.3	519	ME.LAU.	178	1.665			
2.1	760	ME.MYR.	14	.1575	.0474	7.9E-03	100 %
2.2	760	ME.MYR.	34	.315			
2.3	760	ME.MYR.	54	.4725			
3.1	977	ME.PAL.	8	.102	.0327	8.9E-03	99.94 %
3.2	977	ME.PAL.	19	.204			
3.3	977	ME.PAL.	31	.306			

PF7. WT.=3.328G., TOT.V.=23.1 ML. DIL.1:1, INJ.V.=5.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	519	ME.LAU.	37	.4748	2.8E-03	.08	.09
2	760	ME.MYR.	14	.1576	8E-04	.03	.03
3	977	ME.PAL.	8	.1036	5E-04	.01	.01

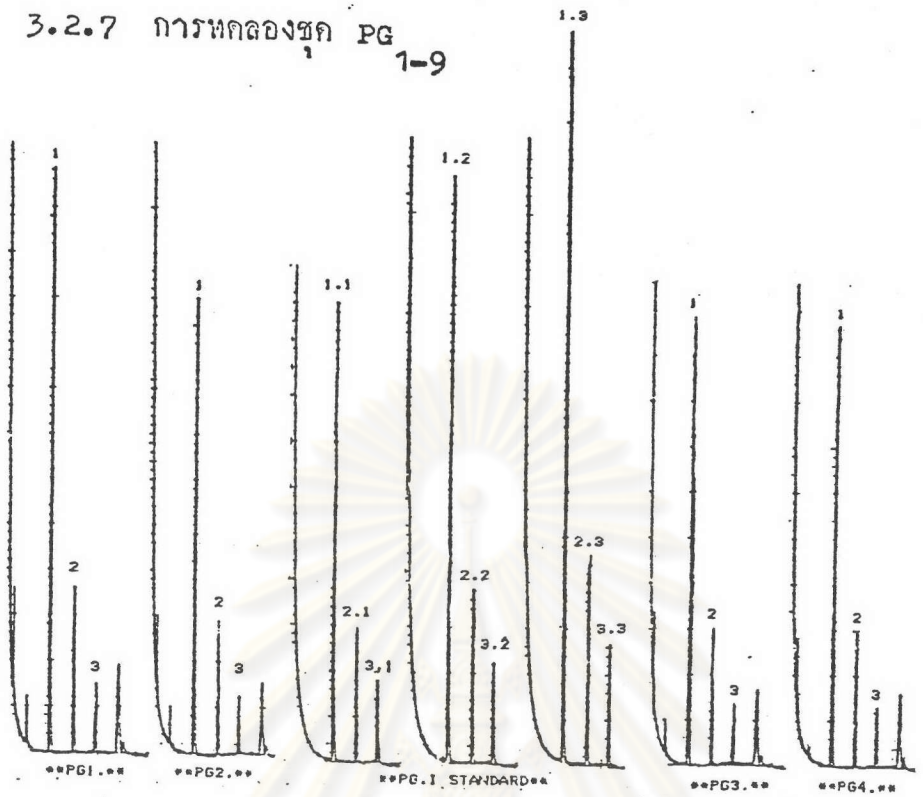
PF8. WT.=3.7688G., TOT.V.=23.6 ML. DIL.1:1, INJ.V.=6.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	519	ME.LAU.	57	.6442	2.9E-03	.08	.09
2	760	ME.MYR.	22	.2206	9E-04	.03	.03
3	977	ME.PAL.	10	.1213	4E-04	.01	.01

PF9. WT.=3.5571G., TOT.V.=23.6 ML. DIL.1:1, INJ.V.=7.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	519	ME.LAU.	49.5	.5806	2.4E-03	.06	.06
2	760	ME.MYR.	20	.2048	7E-04	.03	.03
3	977	ME.PAL.	8	.1036	3E-04	.01	.01

3.2.7 การทดลองชุด PG 1-9



PG1. WT.=2.1263G., TOT.V.=22 ML. DIL.1:2, INJ.V.=2.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	508	ME.LAU.	155.5	5.344	.2065	5.75	6.12
2	749	ME.MYR.	44	1.462	.05	1.57	1.67
3	965	ME.PAL.	18.5	.741	.0227	.79	.84

PG2. WT.=1.9075G., TOT.V.=21.9 ML. DIL.1:5, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	508	ME.LAU.	121	4.468	.3995	11.12	11.83
2	749	ME.MYR.	36	1.244	.0984	3.1	3.3
3	965	ME.PAL.	15	.637	.0451	1.59	1.69

PG.1 STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	508	ME.LAU.	121	4.45	1.395	.0254	99.89 %
1.2	508	ME.LAU.	154	5.34			
1.3	508	ME.LAU.	191	6.23			
2.1	749	ME.MYR.	36.5	1.26	.2635	.0272	99.98 %
2.2	749	ME.MYR.	46	1.512			
2.3	749	ME.MYR.	55	1.764			
3.1	965	ME.PAL.	21	.62	.1909	.0297	99.73 %
3.2	965	ME.PAL.	27	.984			
3.3	965	ME.PAL.	32	1.148			

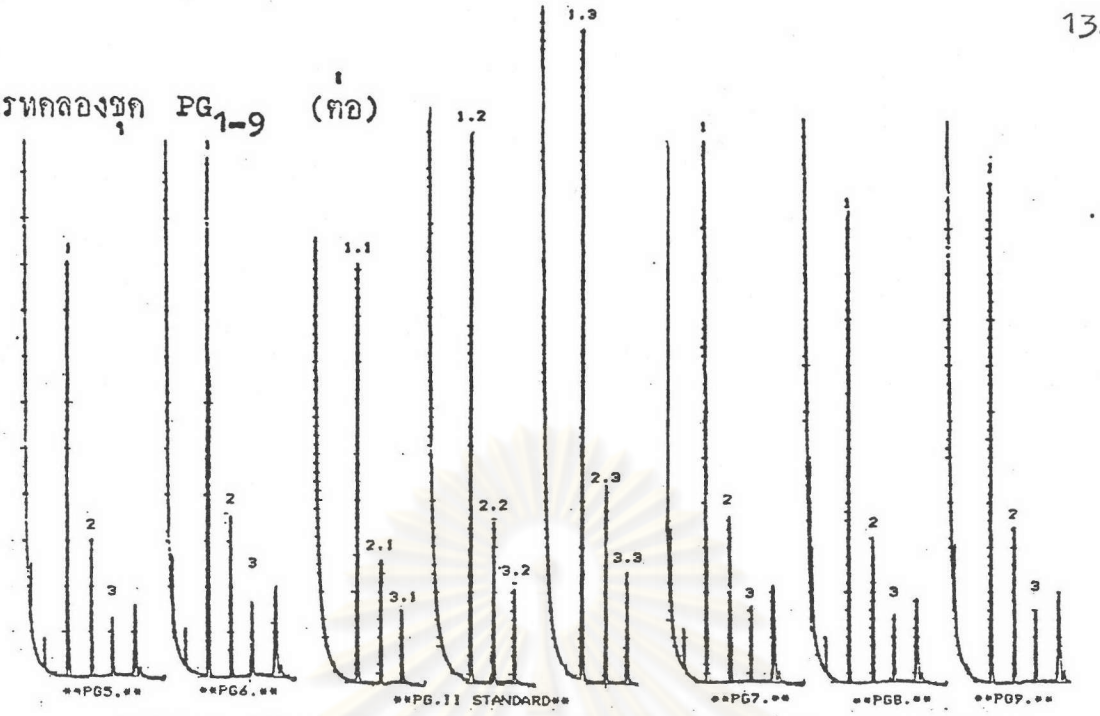
PG3. WT.=1.9437G., TOT.V.=22 ML. DIL.1:10, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	508	ME.LAU.	120	4.443	.6714	18.69	19.88
2	749	ME.MYR.	37	1.271	.1698	5.35	5.69
3	965	ME.PAL.	16	.667	.0799	2.81	2.99

PG4. WT.=2.7326G., TOT.V.=22.6 ML. DIL.1:15, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	508	ME.LAU.	118	4.392	.8487	23.62	25.13
2	749	ME.MYR.	36.5	1.258	.215	6.76	7.19
3	965	ME.PAL.	16	.667	.1022	3.59	3.82

การทดลองชุด PG_{1-9} (ต่อ)



PG5. WT.=1.6403G., TOT.V.=21.7 ML. DIL.1:12, INJ.V.=2.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	508	ME.LAU.	110	3.96	1.1751	32.72	34.81
2	749	ME.MYR.	37	1.239	.3251	10.24	10.89
3	965	ME.PAL.	16	.632	.1486	5.22	5.55

PG6. WT.=1.5707G., TOT.V.=21.8 ML. DIL.1:12, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	508	ME.LAU.	137	4.757	1.2341	34.35	36.54
2	749	ME.MYR.	43	1.415	.3246	10.22	10.87
3	965	ME.PAL.	20	.762	.1567	5.5	5.85

PG.11 STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	508	ME.LAU.	110.5	4.005	.7116	.0295	99.55 %
1.2	508	ME.LAU.	144	4.895			
1.3	508	ME.LAU.	170.5	5.785			
2.1	749	ME.MYR.	33	1.134	.1537	.0293	98.97 %
2.2	749	ME.MYR.	43	1.386			
2.3	749	ME.MYR.	50	1.638			
3.1	965	ME.PAL.	19	.738	.1143	.0324	98.68 %
3.2	965	ME.PAL.	25	.902			
3.3	965	ME.PAL.	29	1.066			

PG7. WT.=1.604G., TOT.V.=21.7 ML. DIL.1:15, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	508	ME.LAU.	144	4.964	1.3449	37.44	39.83
2	749	ME.MYR.	45	1.474	.3532	11.12	11.83
3	965	ME.PAL.	20	.762	.1636	5.75	6.12

PG8. WT.=1.5066G., TOT.V.=21.5 ML. DIL.1:15, INJ.V.=3 µL.

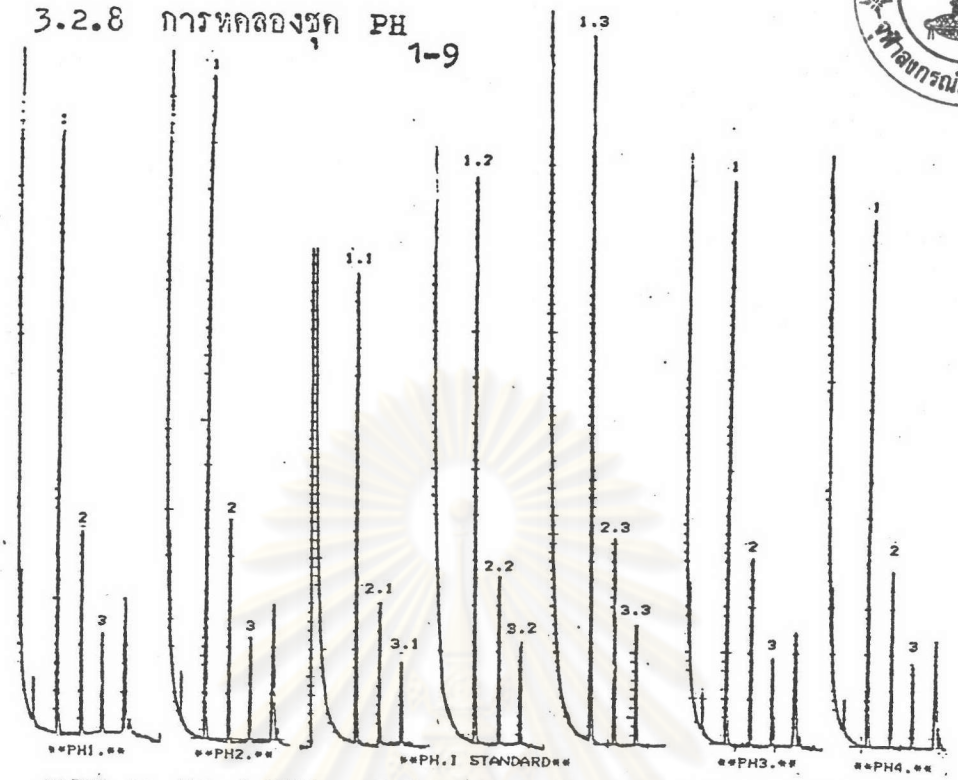
NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	508	ME.LAU.	124	4.373	1.4579	40.58	43.17
2	749	ME.MYR.	39	1.298	.3827	12.05	12.82
3	965	ME.PAL.	18	.697	.1842	6.46	6.87

PG9. WT.=1.557G., TOT.V.=21.6 ML. DIL.1:15, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	508	ME.LAU.	133	4.639	1.5036	41.86	44.53
2	749	ME.MYR.	43	1.415	.4056	12.77	13.59
3	965	ME.PAL.	19	.729	.1873	6.58	7

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.8 การทดลองชุด PH 1-9



PH1. WT.=1.8156G., TOT.V.=21.7 ML. DIL.1:10, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	511	ME.LAU.	158.5	5.956	1.1092	31.12	33.11
2	753	ME.MYR.	54	1.876	.3089	9.8	10.43
3	970	ME.PAL.	26.5	1.061	.1566	5.54	5.89

PH2. WT.=1.9974G., TOT.V.=22.2 ML. DIL.1:15, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	511	ME.LAU.	175	6.426	1.4303	40.12	42.68
2	753	ME.MYR.	59	2.021	.3978	12.62	13.43
3	970	ME.PAL.	28	1.109	.1956	6.92	7.36

PH.I STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	511	ME.LAU.	124	4.895	1.44	.0286	98.42 %
1.2	511	ME.LAU.	148	5.785			
1.3	511	ME.LAU.	185.5	6.675			
2.1	753	ME.MYR.	38	1.386	.3038	.0291	98.19 %
2.2	753	ME.MYR.	44.5	1.638			
2.3	753	ME.MYR.	55	1.89			
3.1	970	ME.PAL.	22	.902	.2028	.0324	98.68 %
3.2	970	ME.PAL.	26	1.066			
3.3	970	ME.PAL.	32	1.23			

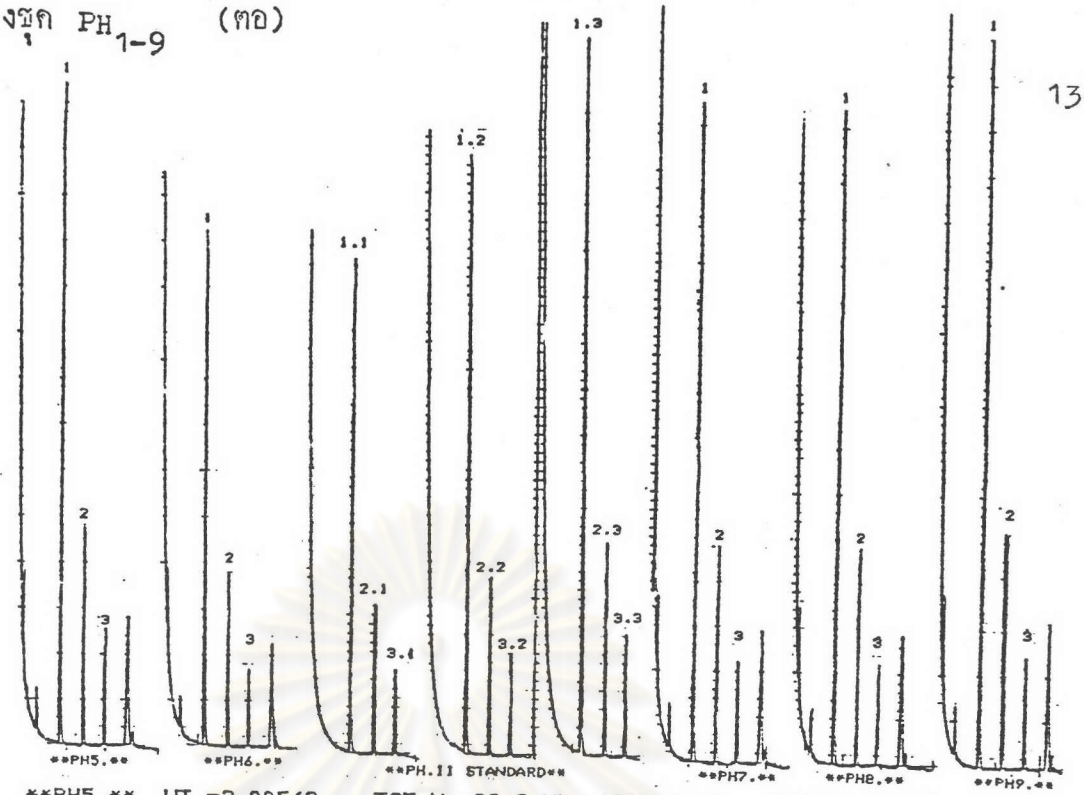
PH3. WT.=1.5661G., TOT.V.=21.8 ML. DIL.1:17, INJ.V.=4 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	511	ME.LAU.	149	5.685	1.5716	44.08	46.89
2	753	ME.MYR.	50	1.759	.43	13.65	14.52
3	970	ME.PAL.	23.5	.963	.211	7.47	7.95

PH4. WT.=3.2163G., TOT.V.=23.3 ML. DIL.1:35, INJ.V.=4 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	511	ME.LAU.	140	5.429	1.6081	45.1	47.98
2	753	ME.MYR.	47	1.672	.438	13.89	14.78
3	970	ME.PAL.	22	.915	.2148	7.6	8.09

การทดลองชุด PH_{1-9} (ต่อ)



PH5. WT.=2.0056G., TOT.V.=22.3 ML. DIL.1:20, INJ.V.=4 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	511	ME.LAU.	174	6.27	1.6289	45.69	48.61
2	753	ME.MYR.	58	1.946	.4471	14.18	15.09
3	970	ME.PAL.	26.5	1.036	.2133	7.55	8.03

PH6. WT.=1.8324G., TOT.V.=22 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	511	ME.LAU.	136	5.106	1.6369	45.92	48.85
2	753	ME.MYR.	46	1.582	.4485	14.22	15.13
3	970	ME.PAL.	21	.836	.2124	7.52	8

PH.11 STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	511	ME.LAU.	130	4.895	.9435	.0306	99.75 %
1.2	511	ME.LAU.	156.5	5.785			
1.3	511	ME.LAU.	188	6.675			
2.1	753	ME.MYR.	40	1.386	.1882	.0303	99.24 %
2.2	753	ME.MYR.	47	1.638			
2.3	753	ME.MYR.	56.5	1.89			
3.1	970	ME.PAL.	23	.902	.0738	.0363	99.59 %
3.2	970	ME.PAL.	27	1.066			
3.3	970	ME.PAL.	32	1.23			

PH7. WT.=1.4773G., TOT.V.=21.6 ML. DIL.1:15, INJ.V.=4 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	511	ME.LAU.	175	6.3	1.6141	45.28	48.17
2	753	ME.MYR.	58.5	1.961	.4443	14.09	14.99
3	970	ME.PAL.	28	1.09	.2213	7.84	8.34

PH8. WT.=2.2461G., TOT.V.=22.1 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

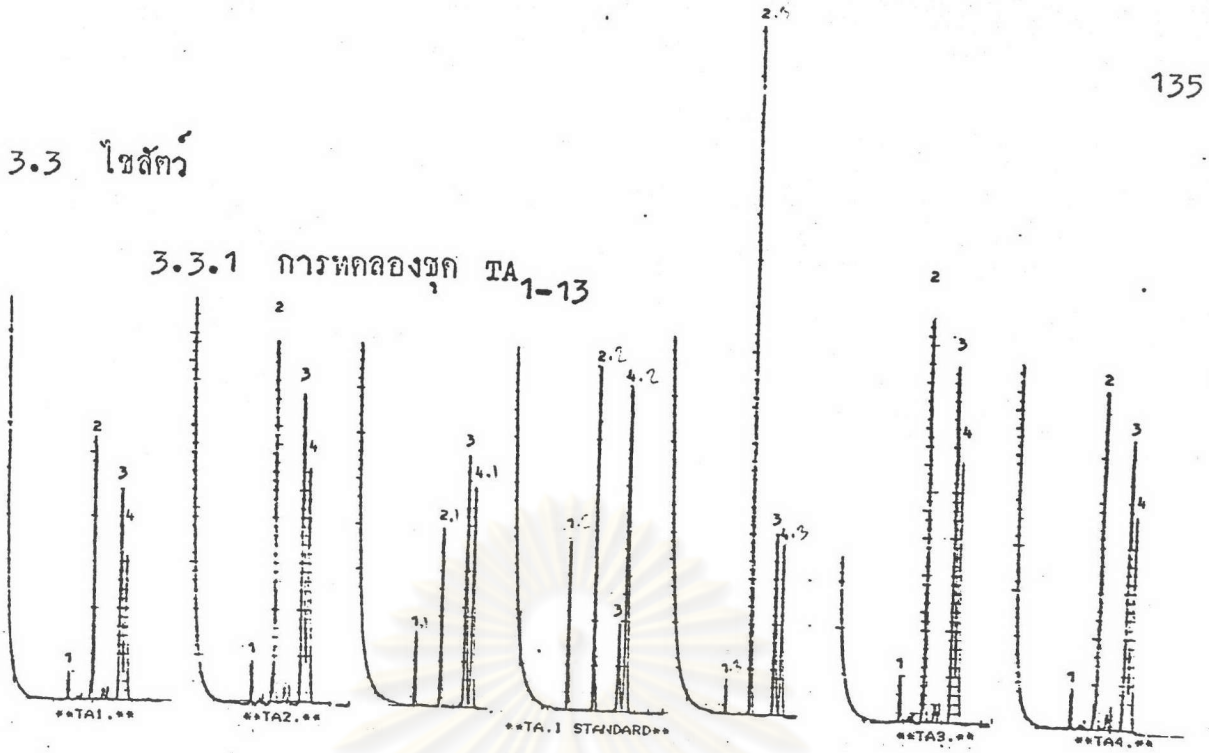
NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	511	ME.LAU.	173.5	6.254	1.6431	46.09	49.03
2	753	ME.MYR.	58	1.946	.4521	14.34	15.26
3	970	ME.PAL.	27	1.054	.2195	7.77	8.27

PH9. WT.=2.4786G., TOT.V.=22.4 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	511	ME.LAU.	193.5	6.867	1.6575	46.49	49.46
2	753	ME.MYR.	64	2.128	.4542	14.41	15.33
3	970	ME.PAL.	30	1.163	.2225	7.88	8.38

3.3 ไขสัตว์

3.3.1 การทดลองชุด TA_{1-13}



TA1. WT.=2.5803G., TOT.V.=22.4 ML. DIL.1:12, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	704	ME.MYR.	5.5	.2968	.0365	1.77	1.86
2	963	ME.PAL.	67	2.9464	.3248	17.63	18.49
4	1288	ME.STE.	34	3.3631	.3359	20.12	21.11

TA2. WT.=2.7812G., TOT.V.=22.5 ML. DIL.1:13, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	704	ME.MYR.	8.5	.4083	.0507	2.47	2.59
2	963	ME.PAL.	91	4.056	.4514	24.5	25.7
4	1288	ME.STE.	55.5	5.0072	.5049	30.25	31.73

TA.1 STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	704	ME.MYR.	19	.85	.0989	.03602	99.25 %
1.2	704	ME.MYR.	45	1.7			
1.3	704	ME.MYR.	8	.34			
2.1	963	ME.PAL.	48	1.6	-.133	.04596	96.22 %
2.2	963	ME.PAL.	92	4.6			
2.3	963	ME.PAL.	182	8			
4.1	1288	ME.STE.	59	5.6	.8171	.07552	96.76 %
4.2	1288	ME.STE.	86	7.2			
4.3	1288	ME.STE.	45	4			

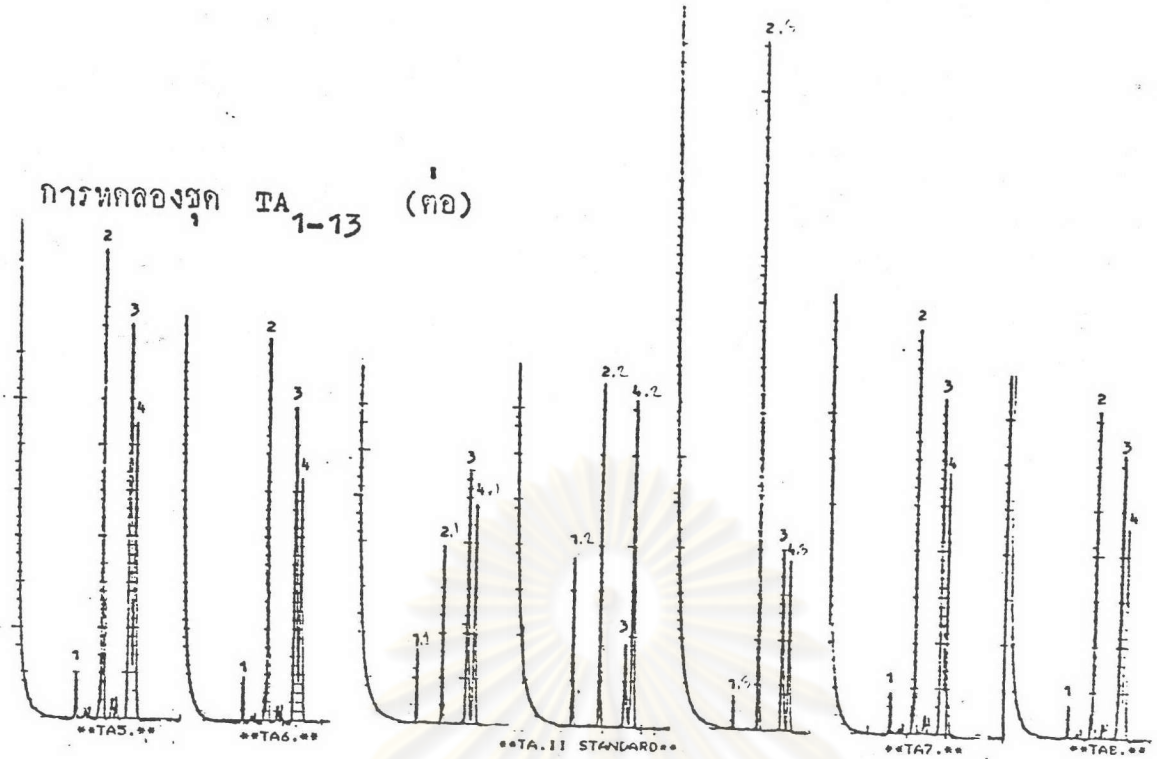
TA3. WT.=3.5481G., TOT.V.=23.2 ML. DIL.1:15, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	704	ME.MYR.	11	.4931	.0571	2.77	2.91
2	963	ME.PAL.	103.5	4.6402	.4816	26.13	27.41
4	1288	ME.STE.	67	5.8541	.5505	32.96	34.57

TA4. WT.=3.5955G., TOT.V.=23 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	704	ME.MYR.	9	.423	.0639	3.12	3.27
2	963	ME.PAL.	90	4.0034	.542	29.41	30.85
4	1288	ME.STE.	58	5.1972	.6375	38.19	40.06

การทดลองชุด TA 1-13 (ต่อ)



TA5. WT.=2.6773G., TOT.V.=22.1 ML. DIL.1:12, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	704	ME.MYR.	13	.531	.0621	3.02	3.17
2	963	ME.PAL.	125	5.5659	.5834	31.66	33.21
4	1288	ME.STE.	79	6.7076	.637	38.15	40.02

TA6. WT.=3.1784G., TOT.V.=23.5 ML. DIL.1:15, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	704	ME.MYR.	9.8	.459	.0601	2.91	3.05
2	963	ME.PAL.	103	4.5549	.5346	29	30.42
4	1288	ME.STE.	65	5.6503	.6008	35.98	37.74

TA.II STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	704	ME.MYR.	21.5	.85	.0726	.0352	99.92 %
1.2	704	ME.MYR.	46.5	1.7			
1.3	704	ME.MYR.	8	.34			
2.1	963	ME.PAL.	49	1.6	-.2222	.0464	96.48 %
2.2	963	ME.PAL.	93.5	4.8			
2.3	963	ME.PAL.	182	8			
4.1	1288	ME.STE.	61	5.6	.7892	.0748	98.15 %
4.2	1288	ME.STE.	87	7.2			
4.3	1288	ME.STE.	45	4			

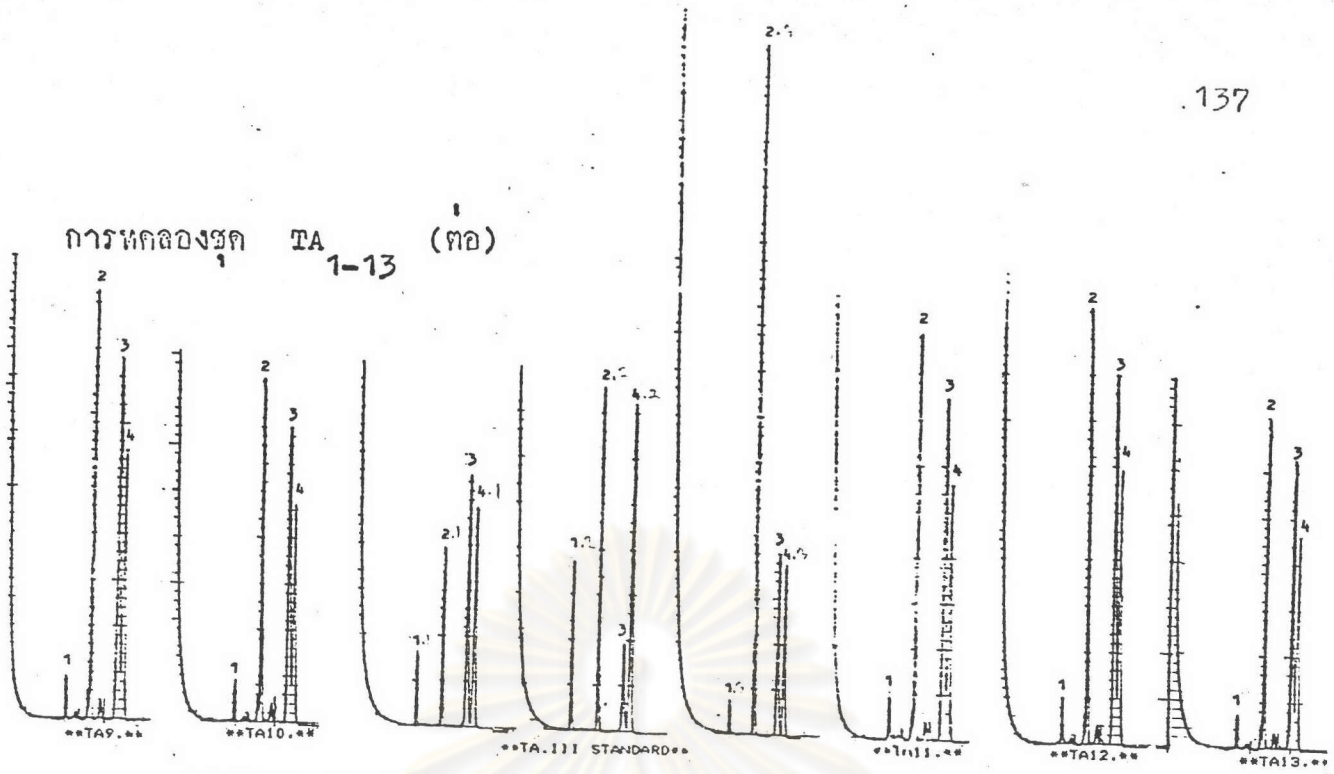
TA7. WT.=2.748G., TOT.V.=22.1 ML. DIL.1:12, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	704	ME.MYR.	12	.495	.0564	2.73	2.86
2	963	ME.PAL.	108	4.7847	.4886	26.51	27.81
4	1288	ME.STE.	69	5.9524	.5508	32.98	34.6

TA8. WT.=2.1204G., TOT.V.=22.2 ML. DIL.1:10, INJ.V.=3 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	704	ME.MYR.	10	.423	.061	2.97	3.12
2	963	ME.PAL.	88	3.8656	.4997	27.11	28.44
4	1288	ME.STE.	58	5.1217	.5998	35.92	37.68

การทดลองชุด TA 1-13 (ต่อ)



TA9. WT.=3.0256G., TOT.V.=22.2 ML. DIL.1:13, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	704	ME.MYR.	13	.531	.0598	2.91	3.05
2	963	ME.PAL.	111.5	5.0604	.5108	27.72	29.08
3	1288	ME.STE.	71	6.179	.5651	33.85	35.51

TA10. WT.=2.7296G., TOT.V.=22.3 ML. DIL.1:15, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	704	ME.MYR.	10	.423	.0612	2.97	3.12
2	963	ME.PAL.	89.5	4.0034	.5192	28.18	29.56
3	1288	ME.STE.	58.5	5.1972	.6106	36.58	38.37

TA.III STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	704	ME.MYR.	21	.85	.0608	.0366	99.93 %
1.2	704	ME.MYR.	45	1.7			
1.3	704	ME.MYR.	8	.34			
2.1	963	ME.PAL.	48.5	1.6	-.2652	.0477	96.53 %
2.2	963	ME.PAL.	92	4.8			
2.3	963	ME.PAL.	178	8			
4.1	1288	ME.STE.	59	5.6	.7066	.0769	96.08 %
4.2	1288	ME.STE.	86	7.2			
4.3	1288	ME.STE.	46	4			

TA11. WT.=3.4058G., TOT.V.=23 ML. DIL.1:15, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	704	ME.MYR.	12	.495	.0592	2.87	3.01
2	963	ME.PAL.	106	4.7847	.5129	27.84	29.2
3	1288	ME.STE.	68.2	5.9524	.5781	34.63	36.33

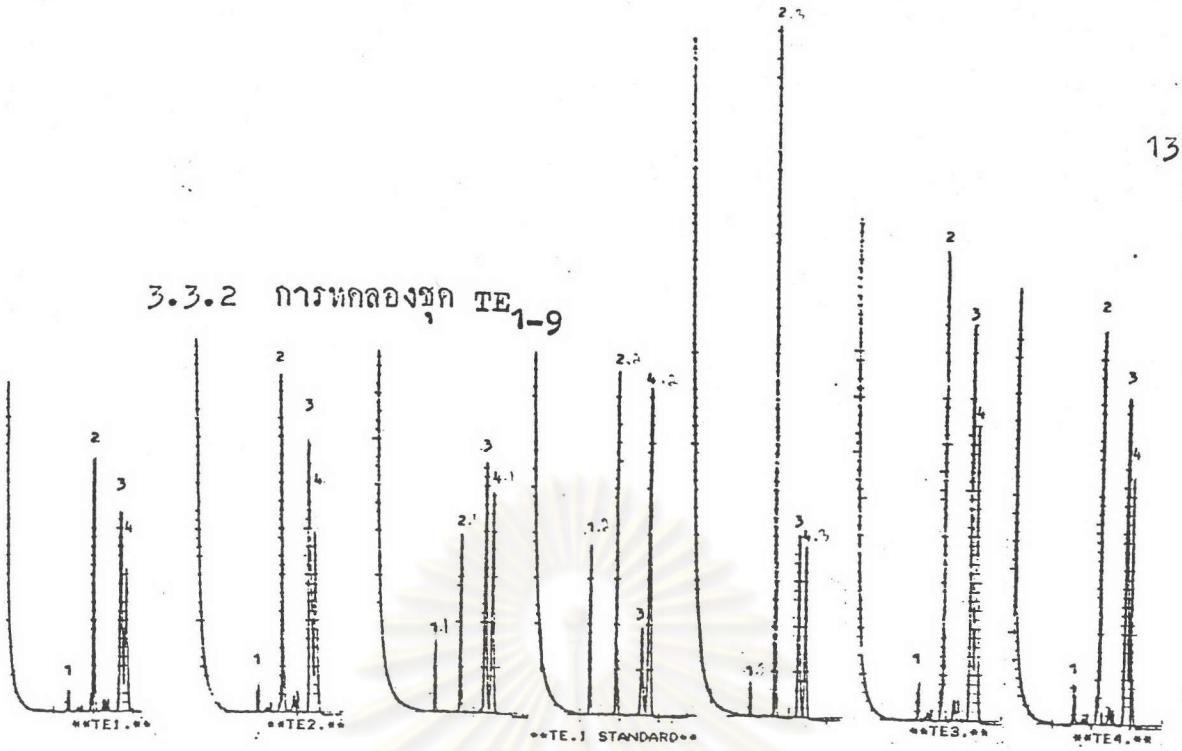
TA12. WT.=2.983G., TOT.V.=22.4 ML. DIL.1:13, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	704	ME.MYR.	13	.531	.0612	2.97	3.12
2	963	ME.PAL.	112.5	5.1064	.5275	28.62	30.02
3	1288	ME.STE.	72	6.2545	.5854	35.05	36.77

TA13. WT.=2.3142G., TOT.V.=22.1 ML. DIL.1:13, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	704	ME.MYR.	10	.423	.062	3.02	3.17
2	963	ME.PAL.	86.5	3.8656	.5078	27.56	28.91
3	1266	ME.STE.	57.5	5.1217	.6096	36.52	38.31

3.3.2 การทดลองชุด TE_{1-9}



TE1. WT.=2.8852G., TOT.V.=23 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	701	ME.MYR.	4.5	.2874	.0541	1.62	1.7
2	960	ME.PAL.	65.7	2.9464	.4971	16.64	17.46
4	1285	ME.STE.	29	3.0374	.4643	17.16	18

TE2. WT.=2.8589G., TOT.V.=23.1 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	701	ME.MYR.	6	.3454	.0659	1.97	2.07
2	960	ME.PAL.	88.5	4.0034	.6846	22.92	24.04
4	1285	ME.STE.	51.5	4.7632	.738	27.27	28.61

TE.1 STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	701	ME.MYR.	18	.85	.1203	.0364	99.06 %
1.2	701	ME.MYR.	44	1.7			
1.3	701	ME.MYR.	7.5	.34			
2.1	960	ME.RAL.	47	1.6	-.098	.0463	96.17 %
2.2	960	ME.PAL.	90.5	4.8			
2.3	960	ME.PAL.	180	8			
4.1	1285	ME.STE.	58	5.6	.838	.0762	96.43 %
4.2	1285	ME.STE.	85	7.2			
4.3	1285	ME.STE.	44.5	4			

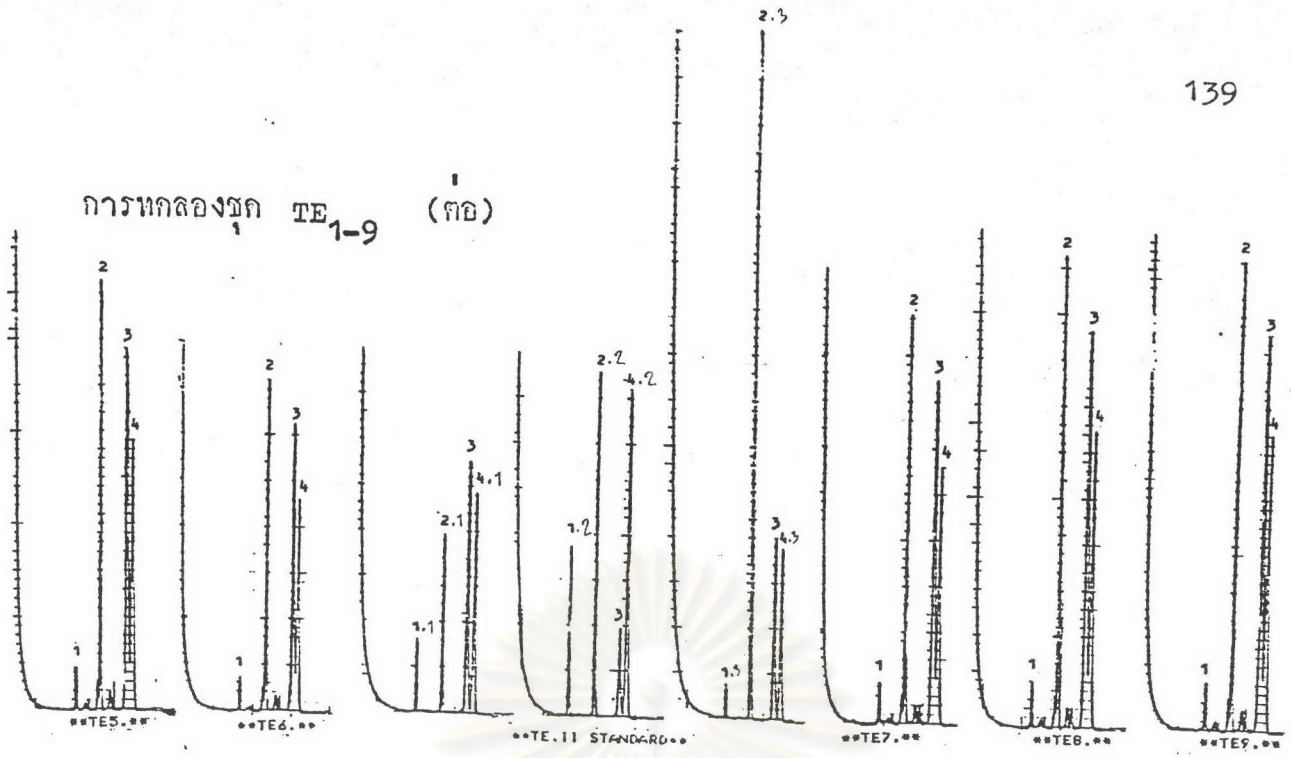
TE3. WT.=3.4797G., TOT.V.=22.4 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	701	ME.MYR.	11	.531	.0807	2.42	2.54
2	960	ME.PAL.	122.3	5.5659	.7583	25.39	26.63
4	1285	ME.STE.	78	6.7831	.8373	30.94	32.46

TE4. WT.=2.8116G., TOT.V.=23 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	701	ME.MYR.	9.3	.459	.0887	2.67	2.8
2	960	ME.PAL.	100.5	4.5549	.7886	26.4	27.69
4	1285	ME.STE.	63	5.6503	.8863	32.75	34.35

การทดลองชุด TE_{1-9} (ต่อ)



TE5. WT.=2.9081G., TOT.V.=22.1 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	701	ME.MYR.	11.5	.531	.0953	2.86	3
2	960	ME.PAL.	112	5.0604	.8139	27.26	28.6
4	1285	ME.STE.	71.4	6.179	.9004	33.27	34.9

TE6. WT.=2.2368G., TOT.V.=22.1 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	701	ME.MYR.	8.3	.4192	.0978	2.94	3.08
2	960	ME.PAL.	86	3.8656	.8083	27.06	28.39
4	1285	ME.STE.	56.6	5.0977	.9658	35.69	37.44

TE.II STANDARD Y = A+B*X, G=GOODNESS OF FIT(R^2*100),

NO.	RT.	NAME	X(PH.)	Y(CONC.)	A	B	G
1.1	701	ME.MYR.	18.5	.85	.1234	.0355	99.18 %
1.2	701	ME.MYR.	45	1.7			
1.3	701	ME.MYR.	7.5	.34			
2.1	960	ME.PAL.	47.5	1.6	-.1075	.0461	96.11 %
2.2	960	ME.PAL.	91	4.8			
2.3	960	ME.PAL.	181	8			
4.1	1285	ME.STE.	58.5	5.6	.9594	.0731	95.92 %
4.2	1285	ME.STE.	87	7.2			
4.3	1285	ME.STE.	45	4			

TE7. WT.=3.5336G., TOT.V.=23 ML. DIL.1:25, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	701	ME.MYR.	10.5	.495	.0951	2.85	2.99
2	960	ME.PAL.	106	4.7847	.8239	27.59	28.94
4	1285	ME.STE.	68.3	5.9524	.9287	34.32	36

TE8. WT.=2.8652G., TOT.V.=22.1 ML. DIL.1:20, INJ.V.=3.5 µL.

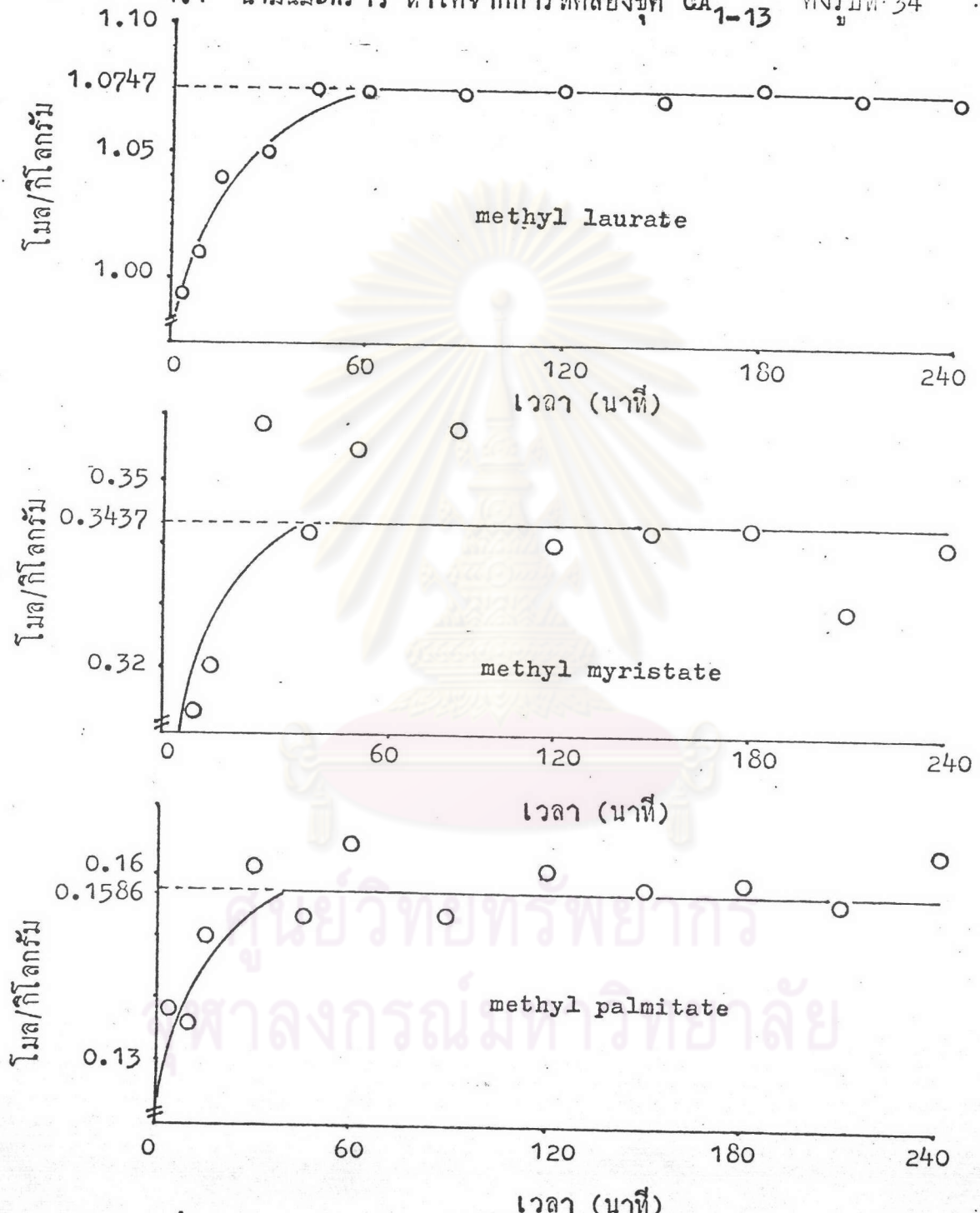
NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	701	ME.MYR.	11.5	.531	.0967	2.9	3.04
2	960	ME.PAL.	113	5.1064	.8336	27.92	29.29
4	1285	ME.STE.	72.5	6.2545	.9251	34.19	35.86

TE9. WT.=2.0653G., TOT.V.=22.1 ML. DIL.1:25, INJ.V.=3.5 µL.

NO.	RT.	NAME	PH.	CONC.	MOLE/1000G.	WT%,OIL	WT%,T.ACID
1	701	ME.MYR.	5	.3078	.0972	2.91	3.05
2	960	ME.PAL.	66.2	2.9464	.8341	27.93	29.3
4	1285	ME.STE.	38.5	3.7706	.9671	35.74	37.49

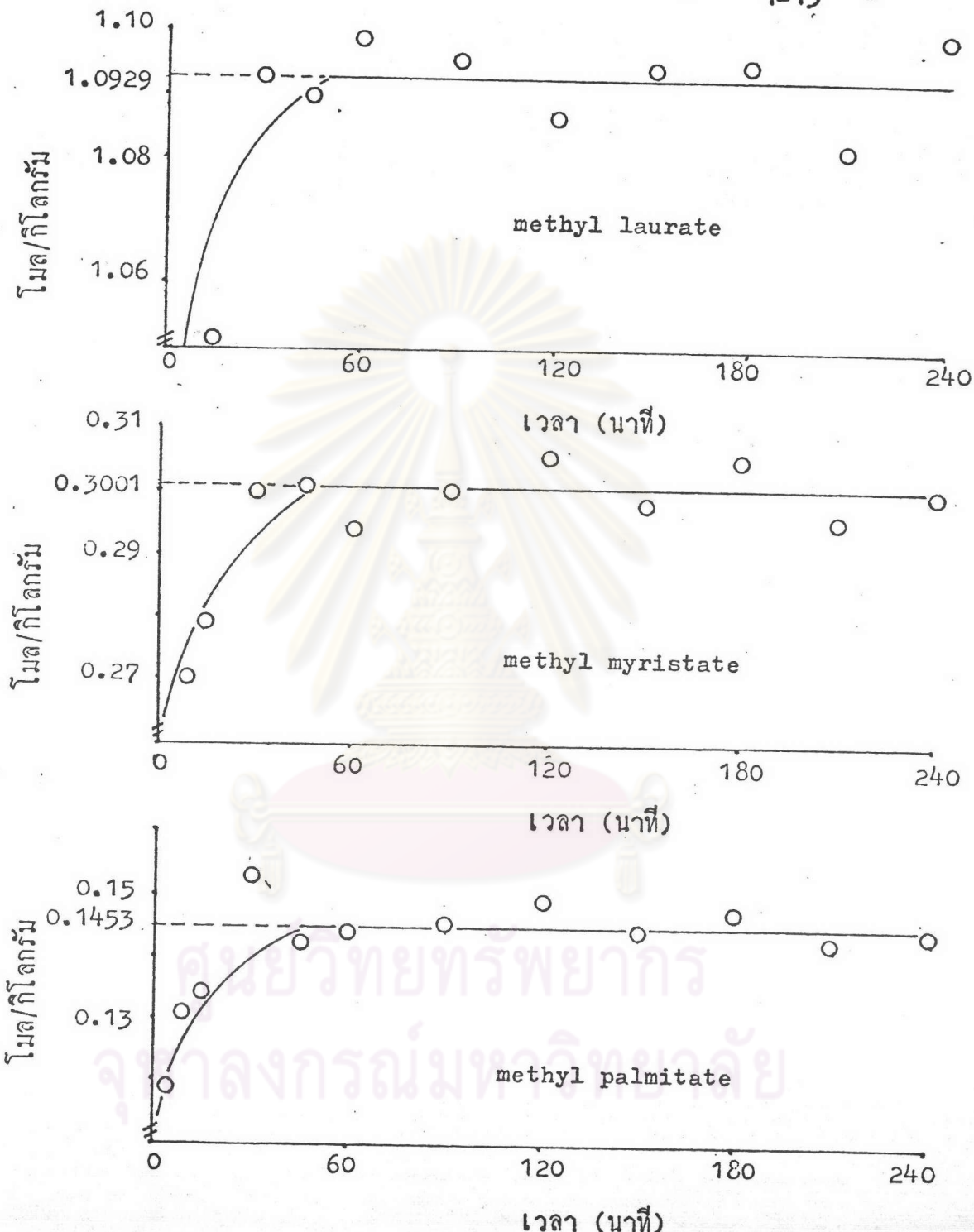
4. <u>การหาชนิดและปริมาณเมทธิลเอสเทอร์แต่ละชนิดที่จะเกิดขึ้น</u>

4.1 น้ำมันมะพร้าว หาได้จากการทดลองชุด CA_{1-13} ดังรูปที่ 34



<u>รูปที่</u> 34 ปริมาณเมทธิลเอสเทอร์ชนิดต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นสำหรับน้ำมันมะพร้าว

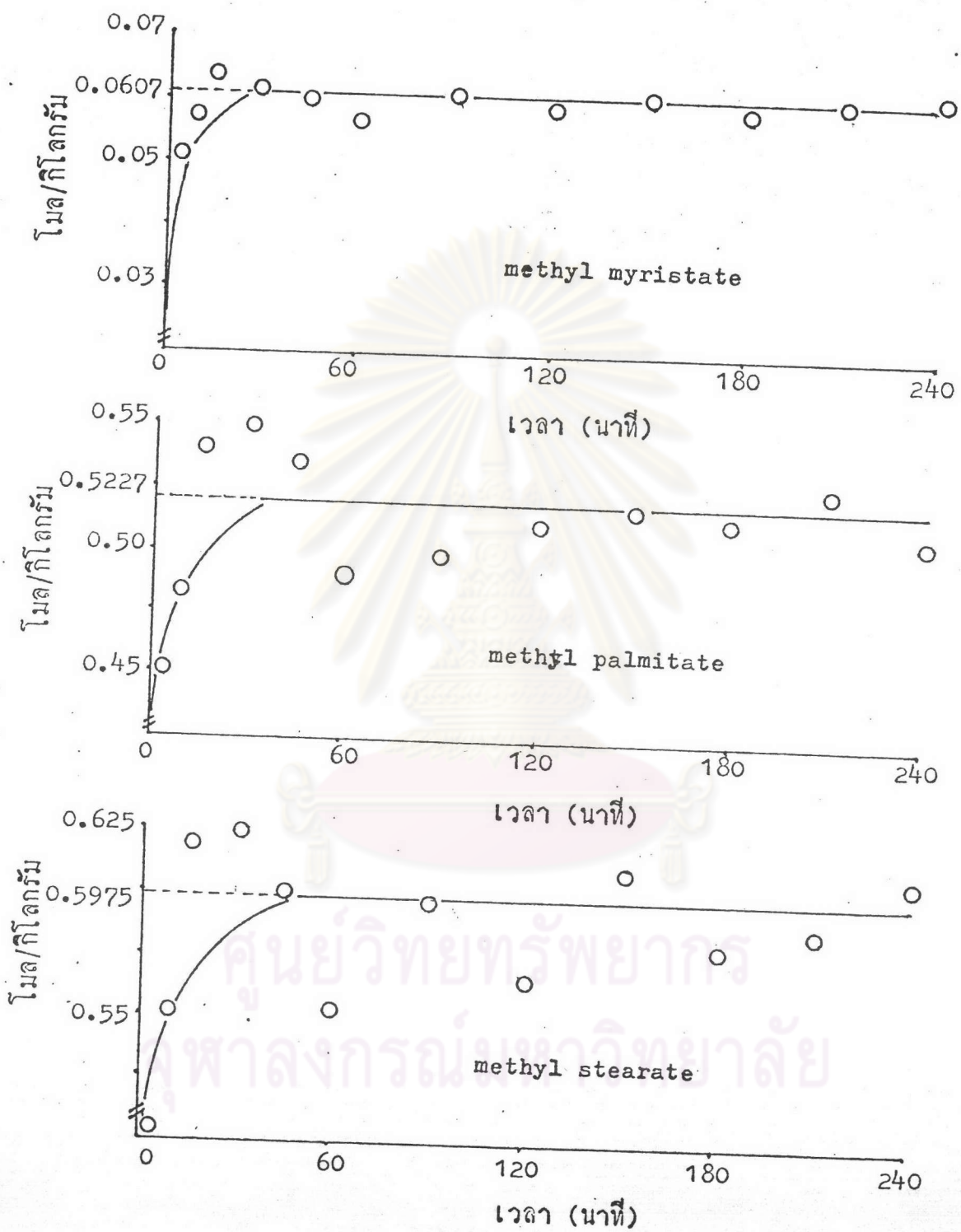
4.2 น้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์ม หาได้จากการทดลองชุด PA 1-13 ดังรูปที่ 35



รูปที่ 35 ปริมาณเมทธิลเอสเทอร์ชนิดต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นสำหรับน้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 ไขสัตว์ หาได้จากการทดลองชุด TA_{1-13} ดังรูปที่ 36



รูปที่ 36 ปริมาณเมทธิลเอสเทอร์ชนิดต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นสำหรับไขสัตว์

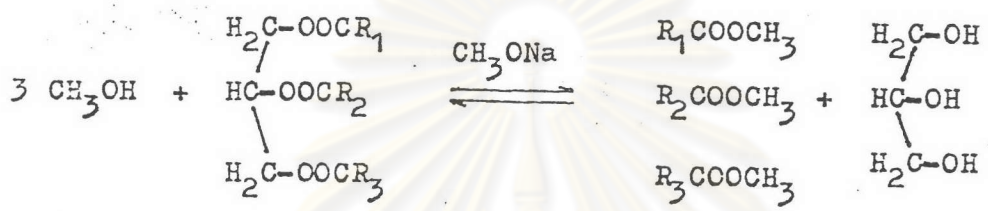
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ทางจลนศาสตร์

1. การวิเคราะห์ทางจลนศาสตร์

ปฏิกิริยาการผลิตเมทธิลเอสเทอร์ (methanolysis) เป็นดังนี้



เมทธานอล triglyceride เมทธิลเอสเทอร์ กลีเซอรอล

พบว่ากลุ่มกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบหลักในน้ำมันมะพร้าว และน้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์ม มี 3 กลุ่ม คือ

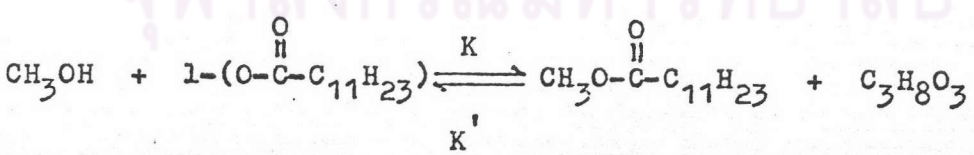
(1) Lauric acid

(2) Myristic acid

(3) Palmitic acid

ดังนั้น สมการอัตราเร็วการผลิตสำหรับเมทธิลเอสเทอร์แต่ละชนิดจะเป็นดังนี้

(1) สำหรับ Methyl laurate



Me l Ml g

เมทธานอล lauric acid Methyl laurate กลีเซอรอล

$$-r_l = r_{Ml} = KC_{Me}C_l - K'C_{Ml}C_g$$

(2) สำหรับ methyl myristate

$$CH_3OH + m\text{-}(O\text{-}\overset{O}{\overset{\|}{C}}\text{-}C_{13}H_{27}) \underset{K'}{\overset{K}{\rightleftharpoons}} CH_3O\text{-}\overset{O}{\overset{\|}{C}}\text{-}C_{13}H_{27} + C_3H_8O_3$$

Me m Mm g

เมทธานอล myristic acid methyl myristate กลีเซอรอล

$$-r_m = -r_{Mm} = KC_{Me}C_m - K'C_{Mm}C_g$$

(3) สำหรับ Methyl palmitate

$$CH_3OH + p\text{-}(O\text{-}\overset{O}{\overset{\|}{C}}\text{-}C_{15}H_{31}) \underset{K'}{\overset{K}{\rightleftharpoons}} CH_3O\text{-}\overset{O}{\overset{\|}{C}}\text{-}C_{15}H_{31} + C_3H_8O_3$$

Me p Mp g

เมทธานอล palmitic acid methyl palmitate กลีเซอรอล

$$-r_p = r_{Mp} = KC_{Me}C_p - K'C_{Mp}C_g$$

และสำหรับสมการอัตราการผลิตรวมก็คือ อัตราการลดลงของเมทธานอลนั่นเอง

$$-r_{Me} = -r_1 - r_m - r_p = r_{M1} + r_{Mm} + r_{Mp}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมมุติให้

(1) การผสมเป็นไปอย่างสมบูรณ์ (completely mixed)

(2) ปริมาตรคงที่ (V = constant)

(3) ปฏิกิริยาเกิดไปข้างหน้าอย่างเดียว

จากสมมุติฐานทำให้ K' มีค่าน้อยมาก $(K' \ll K)$

ดังนั้นสมการอัตราเร็วจะเป็น

$$-r_1 = KC_{Me}C_1$$

$$-r_m = KC_{Me}C_m$$

$$-r_p = KC_{Me}C_p$$

ซึ่งเป็นสมการอัตราเร็วตาม stoichiometry ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีรูปแบบตามนี้ จะต้องทดสอบจากผลการทดลอง ว่าสมการอัตราเร็วจะเป็นในรูปแบบใด รูปแบบที่อาจจะเป็นไปได้คือ

(1) $-r_{Fa} = KC_{Fa}$ (เมื่อ $K = K_1C_{Meo}$)

(2) $-r_{Fa} = KC_{Fa}^2$ (เมื่อ $K = K_1C_{Meo}$)

(3) $-r_{Fa} = KC_{Me}C_{Fa}$

จากสมดุลย์มวลสารสำหรับเครื่องปฏิกรณ์แบบไม่ต่อเนื่อง จะได้

$$-r_{Fa} = \frac{-d}{dt} C_{Fa}$$

จะต้องทำการอินทรีเกรตสำหรับแต่ละกรณี คือ

(1) $-r_{Fa} = KC_{Fa}$

$$-\frac{d}{dt} C_{Fa} = KC_{Fa}$$

ให้ $X_{Fa} = 1 - \frac{C_{Fa}}{C_{Fao}}$ คือ fraction of conversion

ฉะนั้น $-\frac{d}{dt} C_{Fao}(1-X_{Fa}) = KC_{Fao}(1-X_{Fa})$

$$\frac{d X_{Fa}}{dt} = K (1-X_{Fa})$$

$$\int_0^{X_{Fa}} \frac{1}{1-X_{Fa}} dX_{Fa} = K \int_0^t dt$$

$$- \ln (1-X_{Fa}) = K t$$

$$t = \frac{1}{K} \ln \left[\frac{1}{1-X_{Fa}} \right]$$

(2) $$-r_{Fa} = K C_{Fa}^2$$

$$- \frac{d C_{Fa}}{dt} = K C_{Fa}^2$$

$$- \frac{d C_{Fao} (1-X_{Fa})}{dt} = K C_{Fao}^2 (1-X_{Fa})^2$$

$$\frac{d X_{Fa}}{dt} = K C_{Fao} (1-X_{Fa})^2$$

$$\int_0^{X_{Fa}} \frac{1}{(1-X_{Fa})^2} dX_{Fa} = K C_{Fao} \int_0^t dt$$

$$- \int_0^{X_{Fa}} (1-X_{Fa})^{-2} d (1-X_{Fa}) = K C_{Fao} t$$

$$\frac{X_{Fa}}{1-X_{Fa}} = K C_{Fao} t$$

$$t = \frac{1}{K C_{Fao}} \left[\frac{X_{Fa}}{1-X_{Fa}} \right]$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(3) $-r_{Me} = KC_{Me}C_{Fa}$

$$-\frac{d}{dt} C_{Me} = KC_{Me}C_{Fa}$$

$$-\frac{d}{dt} C_{Meo}(1-X_{Me}) = KC_{Meo}(1-X_{Me})\, C_{Fao}(1-X_{Fa})$$

$$\frac{d}{dt} X_{Me} = K C_{Meo}(1-X_{Me}) \frac{C_{Fao}}{C_{Meo}}(1-X_{Fa})$$

ตามรูปแบบของสมการ $Me + Fa \longrightarrow MFa + g$

$$C_{Meo} - C_{Me} = C_{Fao} - C_{Fa}$$

$$C_{Meo}X_{Me} = C_{Fao}X_{Fa}$$

$$X_{Me} = \frac{C_{Fao}}{C_{Meo}} X_{Fa}$$

และให้ $M = \frac{C_{Fao}}{C_{Meo}}$

$$\frac{d}{dt} X_{Me} = K C_{Meo}(1-X_{Me}) \left(\frac{C_{Fao}}{C_{Meo}} - \frac{C_{Fao}}{C_{Meo}} X_{Fa}\right)$$

$$\frac{d}{dt} X_{Me} = K C_{Meo}(1-X_{Me})(M-X_{Me})$$

$$\int_0^{X_{Me}} \frac{d\, X_{Me}}{(1-X_{Me})(M-X_{Me})} = K C_{Meo} \int_0^t dt$$

partial fraction

$$\int_0^{X_{Me}} \frac{d\, X_{Me}}{(M-1)(1-X_{Me})} + \int_0^{X_{Me}} \frac{d\, X_{Me}}{(1-M)(M-X_{Me})} = C_{Meo}K\, t$$

$$-\frac{1}{(M-1)} \ln (1-X_{Me}) + \frac{\ln (M-X_{Me})}{M(M-1)} = C_{Meo} K t$$

$$-\ln (1-X_{Me}) + \frac{\ln (M-X_{Me})}{M} = (M-1) C_{Meo} K t$$

$$\ln \frac{M-X_{Me}}{M(1-X_{Me})} = (M-1) C_{Meo} K t$$

$$t = \frac{1}{KC_{Meo}(M-1)} \ln \left[\frac{M-X_{Me}}{M(1-X_{Me})}\right]$$

2. ตัวอย่างการคำนวณ

2.1 การคำนวณ conversion (%) ของกรดไขมัน

จากสูตร $X_{Fa} = 1 - \frac{C_{Fa}}{C_{Fao}}$

<u>ตัวอย่าง</u> การทดลองชุด CA_1 (หน้า 101) methyl laurate

C_{Fao} คำนวณจากปริมาณสารที่ใช้ (หน้า 99) และโมลเอสเทอร์/น้ำมันมะพร้าว 100 g (หน้า 56) โดย

$$C_{Fao} = \frac{300}{(300+315+3)} \times \frac{0.2214}{100} \times 1000$$

C_{Fao} = 1.0747 โมล/1000 กรัม

C_{Fa} คำนวณจากปริมาณ methyl laurate ที่เกิดขึ้น (mole/1000 g.) หน้า 105 โดย

$C_{Fa} = C_{Fao}$ - ปริมาณ methyl laurate

C_{Fa} = 1.0747 - 0.771

C_{Fa} = 0.3037 โมล/1000 กรัม

ฉะนั้น $X_{Fa} = 1 - \frac{0.3037}{1.0747} = 0.7174$

conversion (%) $= X_{Fa} \times 100 = 71.74\ \%$

2.2 การคำนวณเพื่อทดสอบรูปแบบสมการอัตราเร็ว

(1) $-r_{Fa} = KC_{Fa}$

$$t = \frac{1}{K} \ln \left[\frac{1}{1-X_{Fa}}\right]$$

เขียนกราฟระหว่าง t กับ $\ln (1/1-X_{Fa})$ ใช้ค่า X_{Fa} จากข้อ 2.1

(2) $-r_{Fa} = K C_{Fa}^2$

$$t = \frac{1}{K\ C_{Fao}} \left[\frac{X_{Fa}}{1-X_{Fa}}\right]$$

เขียนกราฟระหว่าง t กับ $(X_{Fa}/1-X_{Fa})$

(3) $-r_{Fa} = K\ C_{Meo} C_{Fa}$

$$t = \frac{1}{K\ C_{Meo}(M-1)} \ln \left[\frac{M-X_{Me}}{M(1-X_{Me})}\right]$$

เขียนกราฟระหว่าง t กับ $\ln (M-X_{Me}/M(1-X_{Me}))$

โดย $X_{Me} = 1 - \frac{C_{Me}}{C_{Meo}}$

2.3 การหาค่าคงที่อัตราเร็ว

การหาค่า K_{Fa} หาได้จาก slope จากกราฟระหว่าง t กับ $X_{Fa}/1-X_{Fa}$

ตามสมการ $t = \frac{1}{K\ C_{Fao}} \left[\frac{X_{Fa}}{1-X_{Fa}}\right]$ โดย

slope $= K\ C_{Fao}$ (Linear Regression Method)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

และ $K = K_{Fa} C_{Meo}$

ฉะนั้น $K_{Fa} = \frac{K}{C_{Meo}}$

3. Linear Regression

จากสมการเส้นตรง $\hat{Y} = A + B \cdot X$

ค่า Y จริงคือ $Y = A + B \cdot X + E$

เมื่อ E คือค่าแตกต่างระหว่าง Y จริงและ $\hat{Y}$ จากการพยากรณ์

จุดประสงค์ในการเลือกเส้นตรงเราต้องการ

$$\text{Minimize} \sum_{i=1}^{n} E_i = \sum_{i=1}^{n} \left| Y_i - \hat{Y}_i \right|^2$$

จะเขียนได้ว่า

$$\text{Minimize} \sum_{i=1}^{n} E_i^2 = \sum_{i=1}^{n} \left| Y_i - (A + BX_i) \right|^2$$

ดังนั้น

$$\frac{\partial \left[\sum_{i=1}^{n} E_i^2 \right]}{\partial B} = -2 \sum_{i=1}^{n} X_i \left| Y_i - (A + BX_i) \right| = 0$$

$$\frac{\partial \left[\sum_{i=1}^{n} E_i^2 \right]}{\partial A} = -2 \sum_{i=1}^{n} \left| Y_i - (A + BX_i) \right| = 0$$

เมื่อแก้สมการจะได้

$$A = \bar{Y} - B\bar{X} \quad \text{และ} \quad B = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i - n \bar{X}\bar{Y}}{\sum_{i=1}^{n} X_i^2 - n\bar{X}^2}$$

โดยที่ $\bar{x} = \sum_{i=1}^{n} X_i / n$

$$\bar{Y} = \sum_{i=1}^{n} Y_i / n$$

ในการใช้เส้นฟิตจุดดังกล่าว ต้องการทราบว่ามีข้อผิดพลาดมากขนาดไหน ทราบได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (cocfficient of correlation)

$$r = \frac{n\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i - \sum_{i=1}^{n} X_i \sum_{i=1}^{n} Y_i}{\sqrt{\left[n\sum_{i=1}^{n} X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} X_i\right)^2\right]\left[n\sum_{i=1}^{n} Y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} Y_i\right)^2\right]}}$$

ค่าสัมประสิทธิ์ของการพิจารณา (coefficient of determination) คือค่า r^2 ถ้า $r^2 = 1$ แสดงว่า เส้นตรงดังกล่าวอธิบายการเปลี่ยนแปลงได้ทั้ง 100 %

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของส่วนผิดพลาด (standard error of the estimate) เขียนได้ดังนี้

$$SE = \sum_{i=1}^{n} (Y_i - \hat{Y}_i)^2 / (n-2)$$

โปรแกรมการฟิตสมการเชิงเส้นชนิดตัวแปรเดียว
(Linear Regression Program)

```
1000 REM   SIMPLE LINEAR REGRESSION
1001 REM   ************************
1010 REM Using linear regression this program will estimate a
1020 REM line, Y=A+BX, where X is the independent variable and
1030 REM Y is the dependent variable. If more than 30
1040 REM observations are used, the dimension statements must
1050 REM be changed. Subroutine regression may be used by other
1060 REM programs if data is provided in the arrays X and Y and
1070 REM number observations is provided in variable IN.
1080 DEFINT I
1090 DIM X(30), Y(30)
1094 PRINT:PRINT
```

```
1095 PRINT "      SIMPLE LINEAR REGRESSION :  Y = A + B.X"
1096 PRINT "      ----------------------------------------":PRINT
1100 PRINT:INPUT "INPUT THE TOTAL NUMBER OF DATA POINTS"; IN
1110 IF IN(=0 THEN 1100
1120 IF IN(4 THEN PRINT "NO. MUST BE ) 3":GOTO 1100
1130 PRINT "INPUT DATA IN PAIRS:X,Y"
1140 PRINT "WHERE X IS INDEPENDENT VARIABLE, Y IS DEPENDENT VARIABLE"
1150 FOR I=1 TO IN
1160 PRINT "INPUT X,Y FOR POINT"; I;
1170 INPUT X(I), Y(I)
1180 NEXT I
1190 PRINT:PRINT "AVAILABLE OPTIONS:"
1200 PRINT TAB(7) "1-LIST INPUT DATA"
1210 PRINT TAB(7) "2-MODIFY INPUT DATA"
1220 PRINT TAB(7) "3-PERFORM REGRESSION ANALYSIS"
1230 PRINT TAB(7) "4-QUIT"
1240 INPUT "OPTION"; IP
1250 IF(IP(1) OR (IP)4) THEN 1190
1260 IF IP=1 THEN GOSUB 1330
1270 IF IP=2 THEN GOSUB 1450
1280 IF IP=3 THEN GOSUB 1520
1290 IF IP=4 THEN 1870
1300 GOTO 1190
1310 REM ******************************************************
1320 REM SUBROUTINE: LIST DATA
1330 PRINT:PRINT "LISTING OF DATA"
1340 PRINT "   X", "   Y"
1350 IC=1
1360 FOR I=1 TO IN
1370 IF I()(IC*15) THEN 1400
1380 IC=IC+1
1390 PRINT:INPUT "PRESS ENTER TO CONTINUE";Y$:PRINT
1400 PRINT X(I),Y(I)
1410 NEXT I
1420 RETURN
1430 REM ******************************************************
1440 REM SUBROUTINE: MODIFY DATA
1450 PRINT:INPUT "ENTER NUMBER OF DATA POINT TO BE MODIFIED"; ID
1460 PRINT "NEW VALUES FOR X AND Y FOR POINT"; ID;
1470 INPUT X(ID), Y(ID)
1480 INPUT "ANY MORE DATA POINTS TO BE MODIFIED (Y/N)"; Y$
1490 IF Y$="Y" THEN 1450
1500 RETURN
1510 REM ******************************************************
1520 REM SUBROUTINE: REGRESSION
1530 SX=0:SY=0:SX2=0:SY2=0:SXY=0
1540 FOR I=1 TO IN
1550 SX=SX+X(I)                          'Sum of X
1560 SY=SY+Y(I)                          'Sum of Y
1570 SX2=SX2+X(I)^2                      'Sum of X^2
1580 SY2=SY2+Y(I)^2                      'Sum of Y^2
1590 SXY=SXY+X(I)*Y(I)                   'Sum of X*Y
1600 NEXT I
1610 B=(IN*SXY-SX*SY)/(IN*SX2-SX^2)      'Slope of line
1620 A=(SY-B*SX)/IN                      'Intercept of line
1630 REM Coefficient of correlation
1640 CC=(SXY-SX*SY/IN)/(SQR((SX2-(SX^2)/IN)*(SY2-(SY^2)/IN)))
1650 CR=CC^2                             'Coefficient of determination
1660 SSE=SY2-SY^2/IN-B*(SXY-SX*SY/IN)    'Error sum of squares
1670 SE=SQR(SSE/(IN-2))                  'Std deviation of estimate
```

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
1680 REM ************************************************************
1690 REM SUBROUTINE: PRINT RESULTS
1700 PRINT:PRINT "REGRESSION EQUATION:"
1710 PRINT "Y=";A;"+";B;"X":PRINT
1720 PRINT "COEFFICIENT OF DETERMINATION=";CR
1730 PRINT "COEFFICIENT OF CORRELATION=";CC
1740 PRINT "STANDARD DEVIATION OF THE ESTIMATE=";SE
1750 PRINT:PRINT "ACTUAL VERSUS ESTIMATED VALUES"
1760 PRINT "X", "Y", "ESTIMATED Y", "ERROR"
1770 IC=1
1780 FOR I=1 TO IN
1790 IF I<>(IC*15) THEN 1820
1800 PRINT:INPUT "PRESS ENTER TO CONTINUE";Y$:PRINT
1810 IC=IC+1
1820 EY=A+B*X(I)
1830 PRINT X(I), Y(I), EY, Y(I)-EY
1840 NEXT I
1850 PRINT:INPUT "PRESS ENTER TO CONTINUE";Y$
1860 PRINT:RETURN
1870 PRINT:PRINT TAB(7) "END OF PROGRAM"
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ค่าความผิดพลาด

การวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าคงที่อัตราเร็วการผลิตเมทธิลเอสเทอร์จากน้ำมันมะพร้าว และน้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์ม

ค่าคงที่อัตราเร็ว (rate constant) ของกรดไขมันชนิดต่าง ๆ K_{Fa} หาได้จาก

$$K_{Fa} = \frac{1}{t\, C_{Meo} C_{Fao}} \left[\frac{X_{Fa}}{1-X_{Fa}} \right]$$

โดย $X_{Fa} = 1 - \frac{C_{Fa}}{C_{Fao}}$

ค่าความผิดพลาดที่ยอมให้มีในการวัดตัวแปรต่าง ๆ

$\Delta t = \pm 0.05$ นาที (ช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่าง 3 วินาที)

$\Delta C_{Meo} = \pm 0.002$ โมล/1000 กรัม

$\Delta C_{Fao} = \pm 0.002$ โมล/1000 กรัม

$\Delta C_{Fa} = \pm 0.002$ โมล/1000 กรัม

(1) หาค่าความผิดพลาดของ X_{Fa}

$$\frac{\partial X_{Fa}}{\partial C_{Fa}} = \frac{-1}{C_{Fao}}$$

$$\frac{\partial X_{Fa}}{\partial C_{Fao}} = \frac{C_{Fa}}{(C_{Fao})^2}$$

$$\Delta X_{Fa} = \frac{C_{Fa}}{(C_{Fao})^2} \Delta C_{Fao} - \frac{1}{C_{Fao}} \Delta C_{Fa}$$

การทดลองชุด CA_1 methyl laurate $C_{Fa} = 0.3037$

$C_{Fao} = 1.0747$

$$\Delta X_{Fa} = 0.2629\ \Delta C_{Fao} - 3.2927\ \Delta C_{Fa}$$

ΔC_{Fa} เป็น - จะให้ค่าความผิดพลาด ΔX_{Fa} สูงสุด

ΔC_{Fao} เป็น + จะให้ค่าความผิดพลาด ΔX_{Fa} สูงสุด

$$\Delta X_{Fa} = 0.0005 + 0.0066 = 0.007$$

$$\Delta X_{Fa} = \pm 0.007$$

(2) หาความผิดพลาดของ K_{Fa}

$$\frac{\partial K_{Fa}}{\partial t} = \frac{-1}{t^2 C_{Meo} C_{Fao}} \left[\frac{X_{Fa}}{1-X_{Fa}}\right]$$

$$\frac{\partial K_{Fa}}{\partial C_{Meo}} = \frac{-1}{t\ C_{Meo}^2\ C_{Fao}} \left[\frac{X_{Fa}}{1-X_{Fa}}\right]$$

$$\frac{\partial K_{Fa}}{\partial C_{Fao}} = \frac{-1}{t\ C_{Meo}\ C_{Fao}^2} \left[\frac{X_{Fa}}{1-X_{Fa}}\right]$$

$$\frac{\partial K_{Fa}}{\partial X_{Fa}} = \frac{1}{t\ C_{Meo}\ C_{Fao}} \left[\frac{1}{1-X_{Fa}} + \frac{X_{Fa}}{(1-X_{Fa})^2}\right]$$

จะได้

$$\Delta K_{Fa} = \frac{1}{t\ C_{Meo}\ C_{Fao}} \left[\frac{1}{1-X_{Fa}} + \frac{X_{Fa}}{(1-X_{Fa})^2}\right] \Delta X_{Fa} - \frac{1}{t^2\ C_{Meo} C_{Fao}} \left[\frac{X_{Fa}}{1-X_{Fa}}\right] \Delta t - \frac{1}{t\ C_{Meo}^2\ C_{Fao}} \left[\frac{X_{Fa}}{1-X_{Fa}}\right] \Delta C_{Meo} - \frac{1}{t C_{Meo}\ C_{Fao}^2} \frac{X_{Fa}}{1-X_{Fa}} \Delta C_{Fao}$$

จากการทดลองชุด CA_1 methyl laurate

C_{Fao} = 1.0747 โมล/1000 กรัม

C_{Meo} = 15.1699 โมล/1000 กรัม

t = 1.0 นาที

X_{Fa} = 0.7174

$$\Delta K_{Fa} = 0.768\ \Delta X_{Fa} - 0.1557\ \Delta t - 0.0103\ \Delta C_{Meo} - 0.1449\ \Delta C_{Fao}$$

$$\Delta K_{Fa} = \pm\ 0.0135 \quad (1000 \text{ กรัม})^2 / (\text{โมล})^2\ (\text{นาที})$$

จะเห็นว่าค่าคงที่อัตราเร็ว (K_1) สำหรับน้ำมันมะพร้าว และน้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์ม จากตารางที่ 18 อยู่ในช่วงของค่าความผิดพลาดอันเนื่องมาจากการวัด ซึ่งยอมให้มีได้ จึงสรุปได้ว่า สำหรับน้ำมันมะพร้าวและน้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์มจะมีค่าคงที่อัตราเร็วเหมือนกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

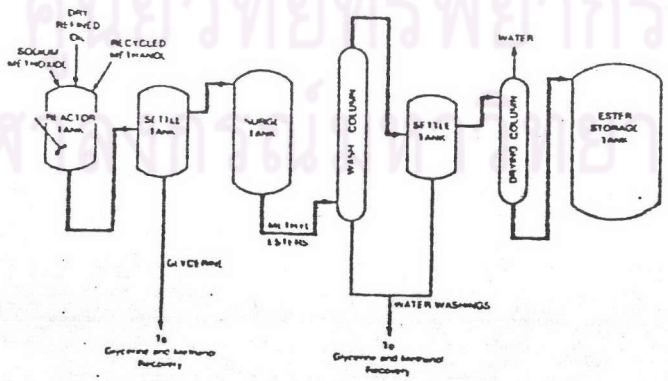
ภาคผนวก จ

การผลิตและการนำไปใช้ในทางอุตสาหกรรม*

1. <u>กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม</u>

เมทธิลเอสเทอร์ สามารถผลิตจากน้ำมันพืชหรือไขสัตว์โดยตรงด้วยปฏิกิริยา methanolysis หรือผลิตจากกรดไขมัน

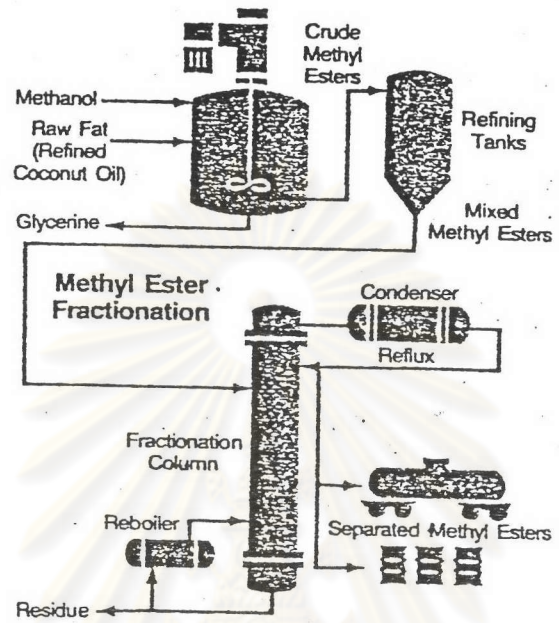
การผลิตด้วยกระบวนการ methanolysis สามารถกระทำได้ที่อุณหภูมิต่ำ 50-70°C ภายใต้ความดันบรรยากาศ โดยใช้ เมทานอลมากเกินพอ และใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา แต่น้ำมันพืชที่ใช้ต้องค่อนข้างเป็นกลาง (มีกรดไขมันอิสระไม่มากนัก) ทั้ง เมทานอลตัวเร่งปฏิกิริยา และน้ำมันพืชบริสุทธิ์ จะถูกป้อนเข้าไปในเครื่องปฏิกรณ์แบบถังกวน แล้วปล่อยให้เกิดปฏิกริยา หลังจากนั้นของผสมจะถูกส่งไปยังถังพัก เพื่อปล่อยให้ชั้นกลีเซอรอล แยกออกมาอยู่ด้านล่าง เพื่อนำไปแยกเอากลีเซอรอลบริสุทธิ์ ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากปฏิกิริยา ส่วนชั้นบนซึ่งประกอบด้วยเมทธิลเอสเทอร์ ตัวเร่งปฏิกิริยาและเมทานอลที่เหลืออยู่จะถูกส่งไปถังล้าง โดยป้อนสวนทางกับน้ำอุ่น เพื่อแยกเอา เมทานอล ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหลืออยู่ออกไป ภายหลังจากการแยกน้ำออกแล้ว จะได้เมทธิลเอสเทอร์ เพื่อนำไปกลั่นลำดับส่วนเพื่อแยกเมทธิลเอสเทอร์แต่ละตัว



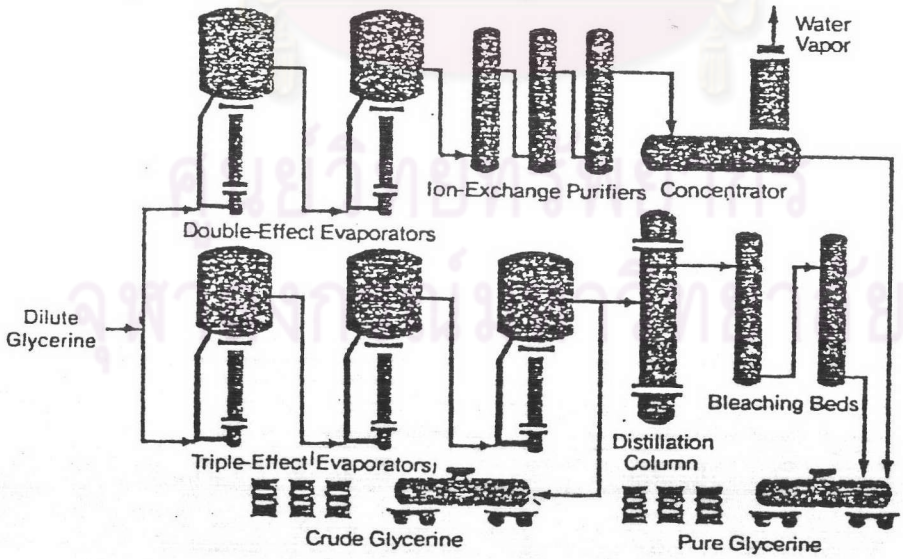
<u>รูปที่ 37</u> แสดงแผนผังการผลิตเมทธิลเอสเทอร์ (11)

* วารสารปริทัศน์นี้ได้รวบรวมเอาไว้สำหรับผู้ที่สนใจจะได้ศึกษาต่อไป

หรือนำไปกลั่นลำดับส่วนเลย โดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนการล้างด้วยน้ำ

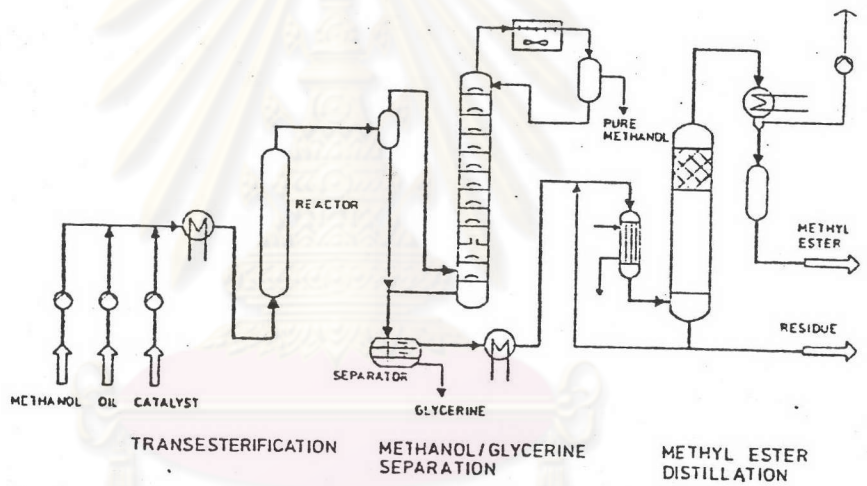


รูปที่ 38 แสดงแผนผังการกลั่นลำดับส่วนเมทธิลเอสเทอร์ (12)



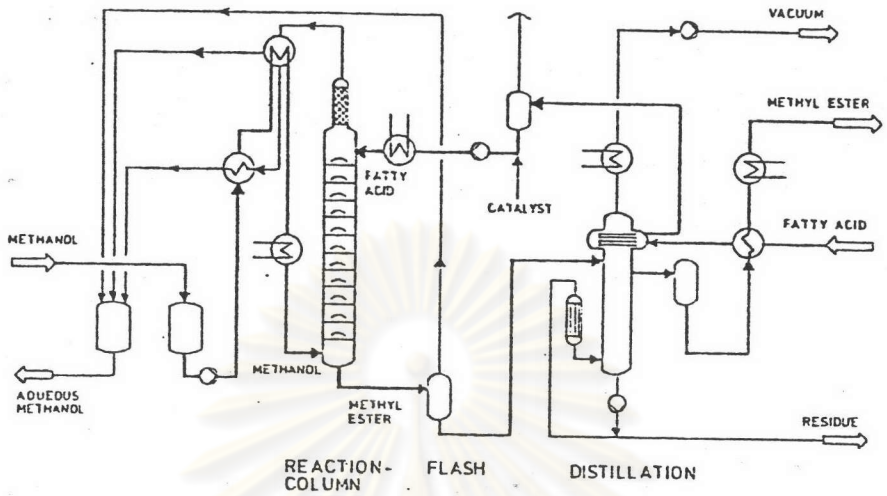
รูปที่ 39 แสดงแผนผังการแยกกลีเซอรอล (12)

สำหรับน้ำมันพืชที่คุณภาพต่ำ สามารถทำปฏิกริยา methanolysis ได้ด้วยกระบวนการแบบต่อเนื่อง (continuous) ที่อุณหภูมิและความดันสูง โดยน้ำมันพืชและเมทานอล ซึ่งมากเกินพอ พร้อมทั้งตัวเร่งปฏิกริยาจะถูกทำให้ร้อน จนมีอุณหภูมิ 240°c แล้วจึงป้อนแบบขนานกัน เข้าทางด้านล่างของเครื่องปฏิกรณ์ ด้วย metering pumps หลังจากนั้นของผสมจะเข้าสู่ถังแยก เพื่อแยกชั้นล่าง ซึ่งเป็นกลีเซอรอลออก ชั้นบนจะส่งไปยัง bubble tray column เพื่อแยกเอาเมทานอล กลับมาใช้อีก และจะได้เมทิลเอสเทอร์ เพื่อกลั่นลำดับส่วนต่อไป



รูปที่ 40 แสดงแผนผังการผลิตเมทิลเอสเทอร์ โดยใช้ความดันและอุณหภูมิสูง (13)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

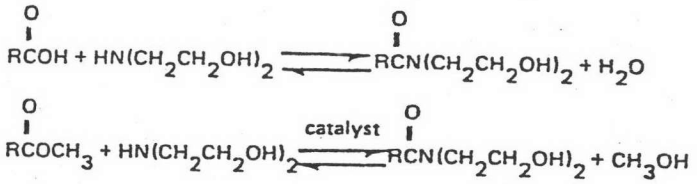


รูปที่ 41 แสดงแผนผังการผลิตเมทธิลเอสเทอร์จากกรดไขมัน (13)

2. การนำเมทธิลเอสเทอร์ไปใช้ประโยชน์

เมทธิลเอสเทอร์จากน้ำมันพืชและไขสัตว์ สามารถใช้แทนกรดไขมัน ในการผลิตอนุพันธ์ต่าง ๆ เช่น alkanolamides, fatty alcohols, isopropyl esters และ sucrose polyesters นอกจากนั้นยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์โดยตรงได้ เช่น ใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิง (fuel afternatives) ผลิตเป็น ∝-sulfonated fatty acid ester เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการผลิต surfactant

2.1 Alkanolamides (๓) ในการผลิต fatty alkanolamides สามารถผลิตได้จากทั้งกรดไขมันและจากเมทธิลเอสเทอร์ สารตัวนี้นิยมใช้ในอุตสาหกรรมผงซักฟอก เป็นสารเพิ่มฟอง (foam boosters) สารเพิ่มความเหนียว (thickening agents) emulsifying และ wetting agents ในอุตสาหกรรมพลาสติก ใช้เป็นตัว plasticizers, antiblocking agents และ germicides สารตัวนี้มีคุณสมบัติเป็น nonionic surfactants ทำให้ฟองอยู่ตัวและทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น



รูปที่ 42 แสดงปฏิกิริยาการผลิต alkanolamides (11)

ในกระบวนการผลิต alkanolamides จากเมทธิลเอสเทอร์ ผลพลอยได้ (coproduct) จากปฏิกิริยาคือ เมทานอล ซึ่งกลายเป็นไอได้ง่าย ทำให้แยกออกจากสารผสมได้ง่ายกว่า น้ำ ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการผลิตโดยใช้กรดไขมัน นอกจากนั้นยังใช้อุณหภูมิต่ำกว่า และเครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ไม่จำเป็นต้องทำจากสารที่ทนต่อการกัดกร่อนเหมือนกับการผลิตจากกรดไขมัน

ตารางที่ 29 แสดงสภาวะของปฏิกิริยาการเกิด alkanolamide (11)

Characteristic	Starting material	
	O R C OH	O R C OCH_3
Reactant ratio (molar)	2:1 (amine:acid)	1:1 (amine:ester)
Catalyst	None	$NaOCH_3$
Co-product	Water	Methanol
Temperature	140–160 C	90–115 C
Time	6 hr	4 hr
Pressure	Atmospheric	Reduced
Material of construction	Stainless steel	Carbon steel/explosion proof

ส่วนประกอบทางเคมีของ alkanolamide ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของสารตั้งต้น เมื่อใช้กรดไขมันเป็นสารตั้งต้น ต้องใช้อัตราส่วน amine ต่อกรดเป็น 2: 1 โมล ทำให้ส่วนประกอบของ diethanolamides ต่ำ มี amino-amine สูง รวมทั้ง diethanolamine และ amine soap ส่วนการผลิตจากเมทธิลเอสเทอร์ ใช้สารตั้งต้นตาม stoichiometric ทำให้มีส่วนประกอบ diethanolamides มากกว่า

ตารางที่ 30 องค์ประกอบของสารภายหลังปฏิกิริยาการเกิด alkanolamide (11)

Component	Composition	
	Low active or 2:1 amide (from fatty acid)	Super amide or 1:1 amide (from methyl ester)
Diethanolamide[a]	55%	90%
Amido-amine[a]	10%	Trace
Free diethanolamine	22%	5%
Amine soap	10%	Trace
Amide ester	1%	4%
Water	2%	Trace
Methanol	—	0.2%
Methyl ester	—	0.8%

[a]The Amido-amine portion is usually reported in the diethanolamide content.

super amides มีลักษณะเป็นวุ้น หรือของแข็งที่อุณหภูมิห้อง จากการที่มีส่วนประกอบของ alkanolamides สูง ทำให้การละลายน้ำของ super amides ละลายได้น้อย แต่จะละลายได้ดีถ้ามี surfactants ชนิดอื่นรวมอยู่ด้วย ในทางตรงข้าม low active alkanolamides จะเป็นของเหลว เมื่อทำจาก coconut fatty acid ซึ่งจะละลายน้ำได้ดี เพราะว่า มี free amine และ amine soap เป็นส่วนประกอบด้วย

จากคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่แตกต่างกันของ super amide และ low active amide ทำให้การนำมาใช้มีความเหมาะสมแตกต่างกัน super amide เหมาะในการนำมาใช้ทำ shampoos และ light duty liquids ด้วยคุณสมบัติที่สามารถทำให้ฟองอยู่ตัว และเพิ่มความหนืดได้ดีกว่า ส่วน low active amide เหมาะสำหรับใช้ทำ hard surface cleanners เพราะว่า ละลายน้ำได้ดี และมี detergency สูง

2.2 Fatty alcohol ในบรรดา intermediates ที่ใช้ในการผลิตสารลดแรงตึงผิว (surfactant) ทั้งหมดทั่วโลกจะเป็น fatty alcohol ประมาณ 35% ในอีก 10 ปี ข้างหน้า คาดกันว่า fatty alcohol จะมีความสำคัญในอุตสาหกรรมผงซักฟอกมากขึ้น อันเนื่องมาจากคุณสมบัติเฉพาะหลายประการ อาทิเช่น สลายตัวใน-

ธรรมชาติได้ง่ายกว่า alkylbenzenes คุณสมบัติในการละลายดีกว่า ทนทานต่อน้ำกระด้างดีกว่า และมีค่า detergency สูงกว่า

ในปี พ.ศ. 2526 มีการผลิต fatty alcohol ประมาณ 1 ล้านเมตริกตัน ซึ่งประมาณ 60% สังเคราะห์มาจากอุตสาหกรรมปิโตเลียม (petrochemical feedstocks) และ 40% ผลิตจากไขมันและน้ำมันพืชจากธรรมชาติ

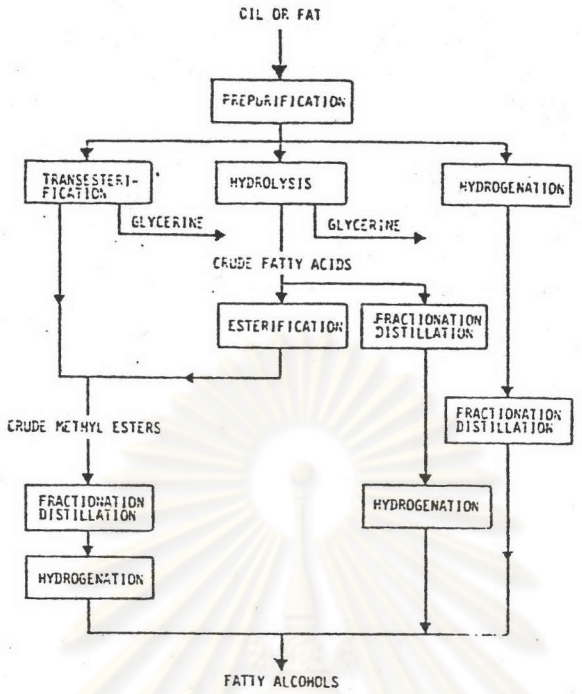
World Capacity 1983 – Natural and Synthetic Fatty Alcohols (13)

	Natural	Synthetic
	(1,000 metric tons)	
Europe	220	130
USA	130	400
Asia	60	50
Total	410	580

fatty alcohol มีหลายชนิด แต่ละชนิดจะมีความเหมาะสมในการใช้แตกต่างกันไป อาทิเช่น C_6-C_{11} alcohol เรียกว่า plasticizer alcohol มักนำมาใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติก น้ำมันหล่อลื่น และเป็นสารเคมีทางการเกษตร C_{12}-C_{14} หรือเรียกว่า detergent range alcohols ใช้ในการทำสารลดแรงตึงผิว emulsifiers, lubricant additives และเป็นสาร antioxidants ส่วน C_{16}-C_{18} alcohols นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง (cosmetic) หรือในอุตสาหกรรมการผลิตยา

ในกระบวนการผลิต วิธีการที่เหมาะสมที่สุดและนิยมใช้กันมากก็คือ การทำน้ำมันพืชและไขสัตว์ ให้เป็นเมทธิลเอสเทอร์ก่อน แล้วจึงทำการ hydrogenation ให้เป็น fatty alcohol กระบวนการ hydrogenation ต้องทำที่ความดันสูงและใช้ตัวเร่งปฏิกริยาแบบ heterogeneous ซึ่งวิธีการก็มีสองแบบคือ suspension และ fixed bed processes

suspension processes เริ่มด้วยเมทธิลเอสเทอร์และไฮโดรเจน ถูกทำให้ร้อนก่อน แล้วจึงถูกป้อนเข้าทางด้านล่างของเครื่องปฏิกรณ์ ตัวเร่งปฏิกริยา

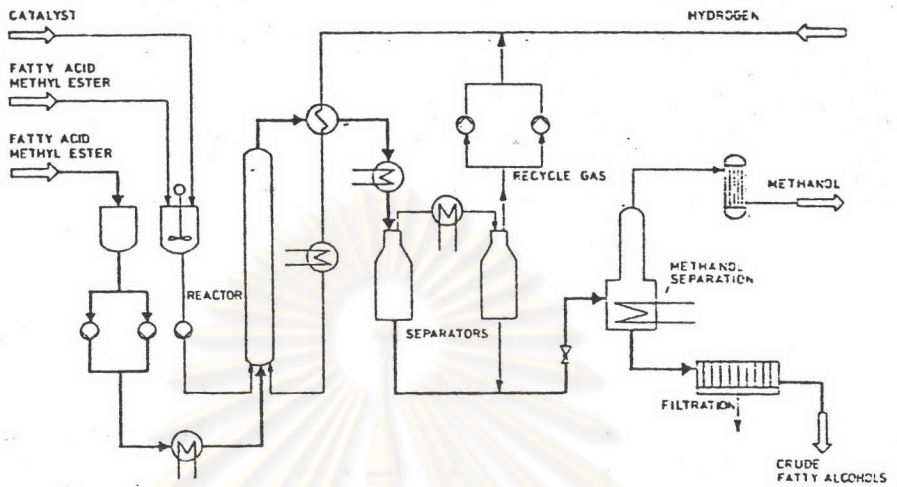


รูปที่ 43 แสดงแผนผังการผลิต fatty alcohol จากน้ำมันพืชและไขสัตว์ (13)

(2% copper chromite) ซึ่งละลายอยู่ในเมทธิลเอสเทอร์ จะป้อนเข้าเครื่องปฏิกรณ์ด้วยปั๊มแบบ metering เข้าทางด้านล่างเครื่องปฏิกรณ์ ซึ่งเป็นแบบท่อ ไม่มี packing ภายใน ปฏิกิริยานี้จะใช้อุณหภูมิ 250-300°c ความดัน 250-300 บาร์ ปริมาณไฮโดรเจนจะใช้ 20 โมล ต่อเอสเทอร์ 1 โมล อุณหภูมิที่ใช้ขึ้นกับจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลของสาร ถ้ามีพันธะคู่มากจะต้องใช้อุณหภูมิต่ำลงมา เพื่อป้องกันการเกิดไฮโดรคาร์บอน

ของผสมจะถูกทำให้เย็นลง และแยกออกเป็นส่วนของเหลวและส่วนก๊าซ ก๊าซส่วนใหญ่คือ ไฮโดรเจน จะนำกลับมาใช้ใหม่ fatty alcohol และ เมทานอล จะถูกแยกออกจากกัน แล้วจึงกรองเอาตัวเร่งปฏิกริยาออก fatty alcohol ที่ได้จะมีเอสเทอร์อยู่ประมาณ 2-5% ซึ่งจะแยกออกโดยการเติมด่างเพื่อให้เกิดสบู่ ตัวเร่งปฏิกิริยาจะถูกใช้ไป 0.5-0.7% และ fatty alcohol ที่ได้ส่วนใหญ่จะเป็นชนิดอิ่มตัว

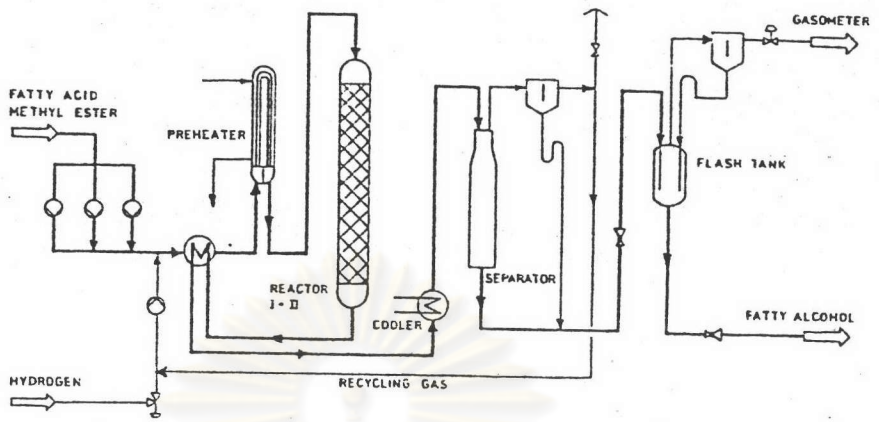
fixed bed process ใช้ตัวเร่งปฏิกริยาแบบ massive เกาะเป็นชั้นอยู่ในเครื่องปฏิกรณ์ สารตั้งต้นจะป้อนเข้าเครื่องปฏิกรณ์ในลักษณะที่เป็นไอ โดยใช้ไฮโดรเจน



รูปที่ 44 แสดงแผนผังการผลิต fatty alcohol ด้วยกระบวนการ suspension (13)

มากเกินพอ 20-50 โมล ปฏิกริยาจะกระทำที่ความดัน 200-300 บาร์ และอุณหภูมิ 200-250° C ในการผลิต fatty alcohol ชนิดอิ่มตัว ต้องใช้ตัวเร่งปฏิกริยาแบบผสม เช่น copper กับ zine oxide หรือ reduced form ของมันคือ pyrophoric ซึ่งไม่ทนต่อกรด จึงเหมาะสำหรับ hydrogenation เมทธิลเอสเทอร์เท่านั้น

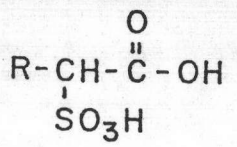
หลังจากผ่านเครื่องปฏิกรณ์แล้ว ของผสมจะถูกทำให้เย็นลง และแยกเป็นชั้นของเหลวและก๊าซ ก๊าซส่วนมากคือ ไฮโดรเจน ที่เหลือจากปฏิกริยา เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ส่วนที่เป็นของเหลว จะถูก expanded ใน flash tank เพื่อแยก เมทานอลออกจาก fatty alcohol ผลผลิตทั้งหมดจะมีไฮโดรคาร์บอนและเอสเทอร์ที่เหลือจากปฏิกริยา ไม่เกิน 1.0% และตัวเร่งปฏิกริยาจะถูกใช้ไปน้อยกว่า 0.3%



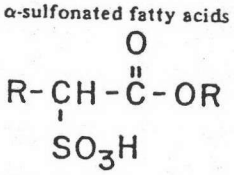
รูปที่ 45 แสดงแผนผังการผลิต fatty alcohol ด้วยกระบวนการ fixed bed (13)

2.3 α - sulfonated fatty acid esters (14) เมทธิลเอสเทอร์เป็นตัวหนึ่งที่สามารถนำไปสังเคราะห์ให้เป็นสารลดแรงตึงผิวชนิดต่าง ๆ ได้ การผลิตให้เป็นสารลดแรงตึงผิวชนิดแอนอิออนนิค เป็นสิ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากเมทธิลเอสเทอร์ที่ได้จากน้ำมันพืชและไขสัตว์ ย่อยสลายได้ง่ายคายมากในธรรมชาติ กระบวนการผลิตทางหนึ่งโดยการ ทำให้เป็น fatty alcohol ก่อน แล้วจึงนำไปทำให้เป็นสารลดแรงตึงผิวด้วยปฏิกริยา sulfonation ทำได้ง่าย แต่ขั้นตอนการทำให้เป็น fatty alcohol ดังได้กล่าวมาแล้ว ต้องการอุณหภูมิและความดันสูงมาก มีทางใดบ้างที่จะผลิตสารลดแรงตึงผิวชนิดนี้จากเมทธิลเอสเทอร์ได้โดยตรง

ในปี พ.ศ. 2517 W. Stein และ H. Saumann ชาวเยอรมันตะวันตกได้เสนอผลงานที่น่าสนใจ คือ การผลิต α - sulfonated ซึ่งสามารถผลิตได้จากทั้งกรดไขมันและเอสเทอร์ สารที่ได้เขาเรียกว่า fatty acid sulfonates (FAS) ถ้าผลิตจากกรดไขมัน และเรียกว่า ester sulfonated (ES) ถ้าผลิตจากเอสเทอร์ มีสูตรดังนี้

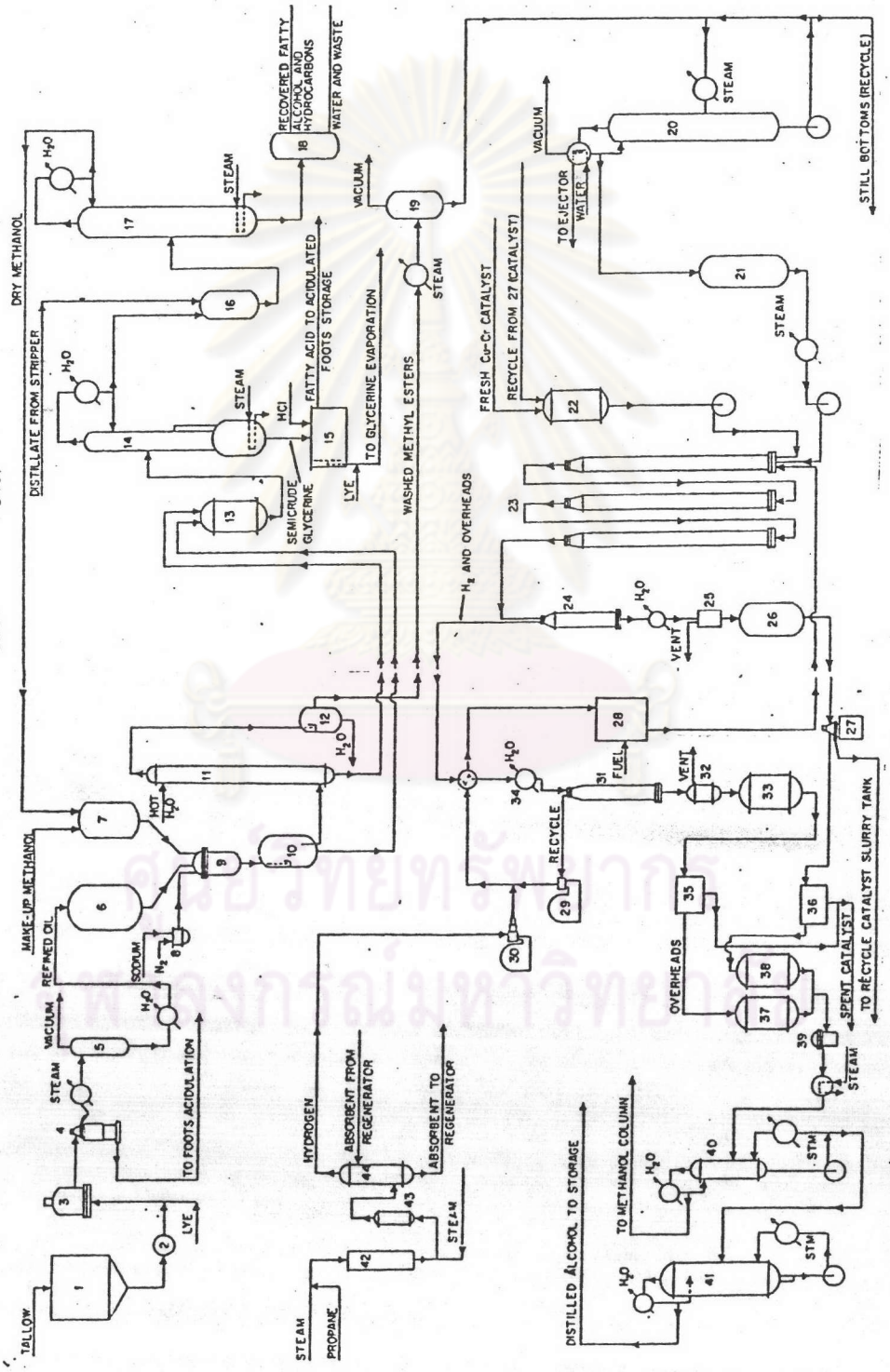


α-sulfonated fatty acids



α-sulfonated fatty acid esters

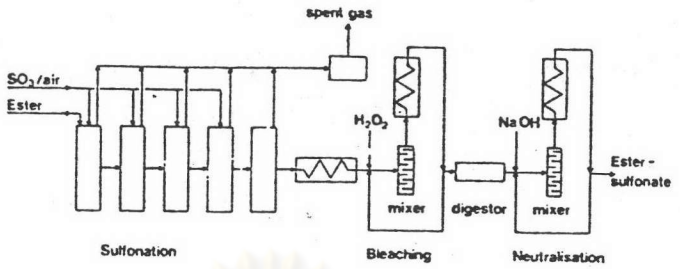
รูปที่ 46 แสดงกระบวนการผลิต fatty alcohol จากไขสัตว์อย่างต่อเนื่อง (14)



ปัญหาที่สำคัญของกระบวนการผลิต เนื่องจาก α-hydrogen อะตอม และกลุ่มเอสเทอร์ไม่ค่อย active ทำให้เกิดปฏิกิริยายาก จึงต้องใช้ sulfonating agents ที่ค่อนข้างแรง ภายใต้สภาวะที่รุนแรง ทำให้ผลผลิตที่ได้มักจะมีสีดำ กระบวนการฟอกสีจึงต้องการการพัฒนาอีก เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง FAS และ ES แล้วพบว่า ES มีความเป็นไปได้ในทางอุตสาหกรรมมากกว่า เขาจึงทดลองผลิต ES จากทั้งขนาดในห้องทดลอง (laboratory scale) และศึกษาขั้นประลองทางอุตสาหกรรม (pilot plant scale)

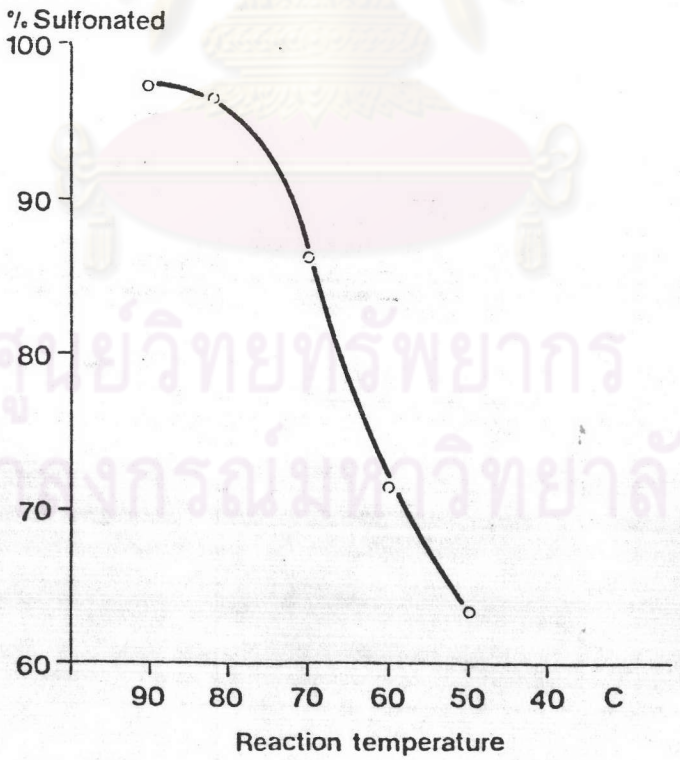
ขนาดในห้องทดลอง การทดลองแบบไม่ต่อเนื่อง ใช้เครื่องปฏิกรณ์เป็นแบบท่อทำด้วยแก้ว มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 4 เซนติเมตร และมีส่วนสูง 45 เซนติเมตร มี jacket สำหรับเติมน้ำหล่อเย็นอยู่ภายนอก ท่อป้อนก๊าซเข้าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ป้อนเข้าทางด้านบนลงมาถึงด้านล่างของเครื่องปฏิกรณ์ และมีท่อนำก๊าซออกขนาดเท่ากัน พร้อมทั้งเทอร์โมมิเตอร์ สำหรับวัดอุณหภูมิภายใน ส่วนการทดลองแบบต่อเนื่อง ใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบ thin film reactor มีลักษณะเป็นท่อแก้วยาว 1 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 6 มิลลิเมตร มี jacket น้ำหล่อเย็นอยู่ภายนอก เอสเทอร์จะป้อนเข้าเครื่องปฏิกรณ์โดยเครื่องพ่น (nozzle) ทำให้เกิดเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ เกาะบนชั้นในของท่อแก้ว ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับก๊าซผสมระหว่าง SO_3 กับอากาศ ซึ่งป้อนเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์ทางด้านบนเหมือนกัน นอกจากนี้ยังมีเครื่องแยกก๊าซเพื่อแยกก๊าซออกจากส่วนที่เป็นของเหลว เอสเทอร์ถูกป้อนเข้าด้วยอัตรา 600 กรัม/ชั่วโมง ส่วนความเข้มข้นของ SO_3 : อากาศจะเป็น 5% โดยปริมาตร

การศึกษาในขั้นประลองทางอุตสาหกรรม กระบวนการเป็นแบบต่อเนื่อง เครื่องปฏิกรณ์เป็นของ Chemithon ขนาด 2 นิ้ว ลักษณะเป็นท่อสองชั้น ต่อกันเป็นอนุกรม จำนวน 5 ท่อ สามารถส่งผ่านเอสเทอร์ได้ 45 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



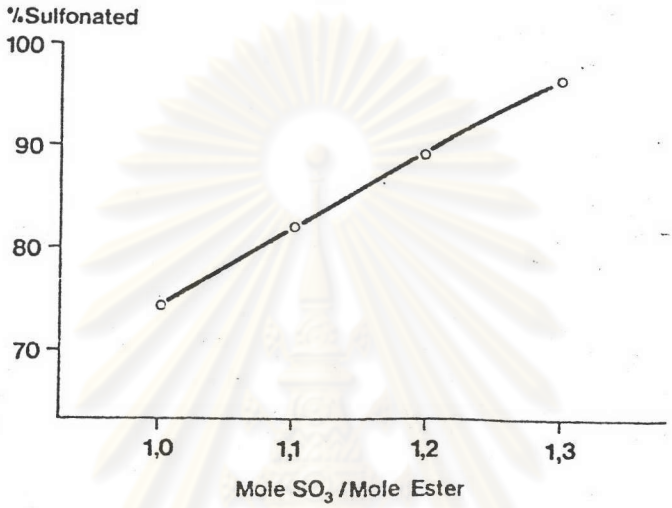
รูปที่ 47 แผนผังการทดลองผลิต ∝-sulfonated ในขั้นประลองทางอุตสาหกรรม (14)

ผลการทดลองแบบต่อเนื่องในทางห้องทดลอง โดยใช้เมทธิลเอสเทอร์จากน้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์ม พบว่าอุณหภูมิ 70-90°C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสม



รูปที่ 48 แสดงผลของอุณหภูมิต่ออัตราการเกิดปฏิกริยา ∝-sulfonated (14)

ผลการทดลองในห้องทดลองแบบไม่ต่อเนื่อง พบว่าปริมาณการเกิดปฏิกริยา จะเป็นฟังก์ชั่นกับจำนวน SO_3 ที่ใช้

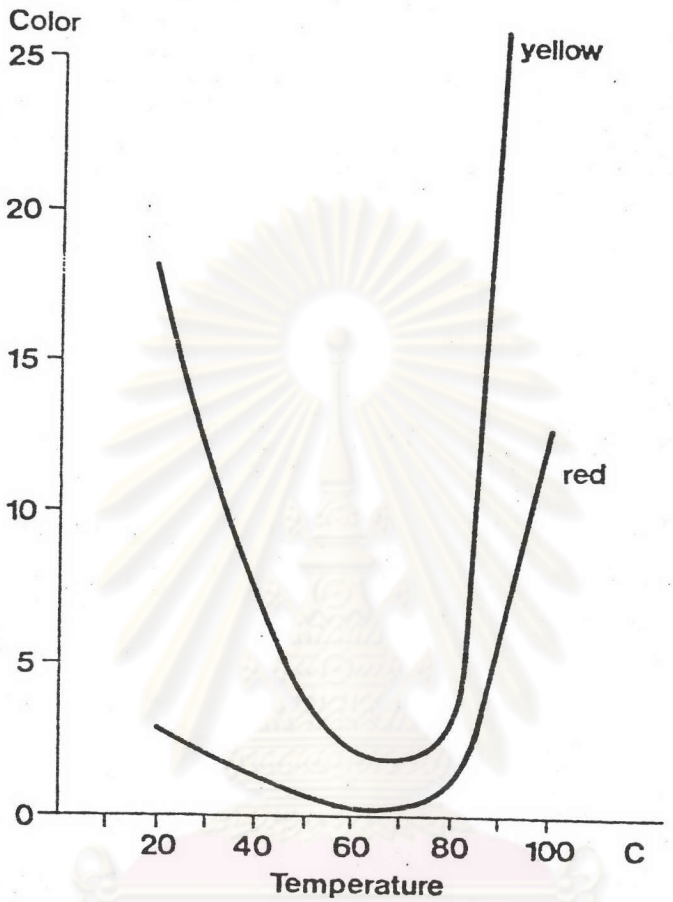


รูปที่ 49 แสดงผลของอัตราส่วนโมลต่อการผลิต α-sulfonated (14)

เมื่อเวลาผ่านไป 50-60 นาที อัตราการเปลี่ยนแปลง คือ 95% เมื่อใช้ก๊าซ SO_3 มากเกินพอ 30% อุณหภูมิ 80° c

ในการศึกษาขั้นประลองทางอุตสาหกรรม ใช้อุณหภูมิ 50° c ที่เครื่องปฏิกรณ์ตัวแรก และ 60° c, 70° c, 80-85° c ในเครื่องปฏิกรณ์ตัวถัดไป และอัตราส่วนก๊าซ SO_3 ที่ป้อนเครื่องปฏิกรณ์แต่ละตัวเป็น 40: 20: 20: 20

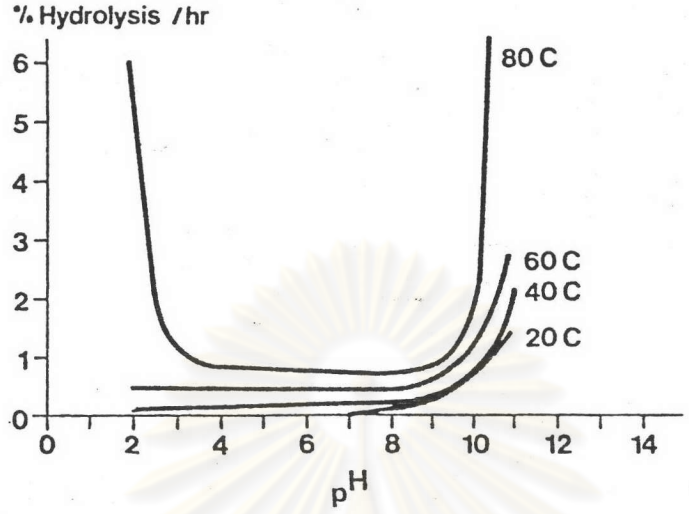
การฟอกสี เนื่องจาก ester sulfonate ที่ได้มักจะมีสีดำ จึงต้องมีการฟอกสีก่อนนำไปใช้ ด้วยการทำปฏิกริยากับ hydrogen peroxide (H_2O_2) โดยมีตัวแปรที่สำคัญคือ ความเข้มข้นของ H_2O_2 อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการฟอกสี การทำให้ α-sulfonated esters เป็นกลาง เพื่อทำให้เป็นสารลดแรงตึงผิวชนิดแอออิออนิคอย่างสมบูรณ์ ทำได้โดยการนำ α-sulfonated esters ที่ผ่านการฟอกสีแล้ว มาทำปฏิกริยากับสารละลายด่าง ด่างที่ใช้คือ sodium hydroxide อุณหภูมิจะ



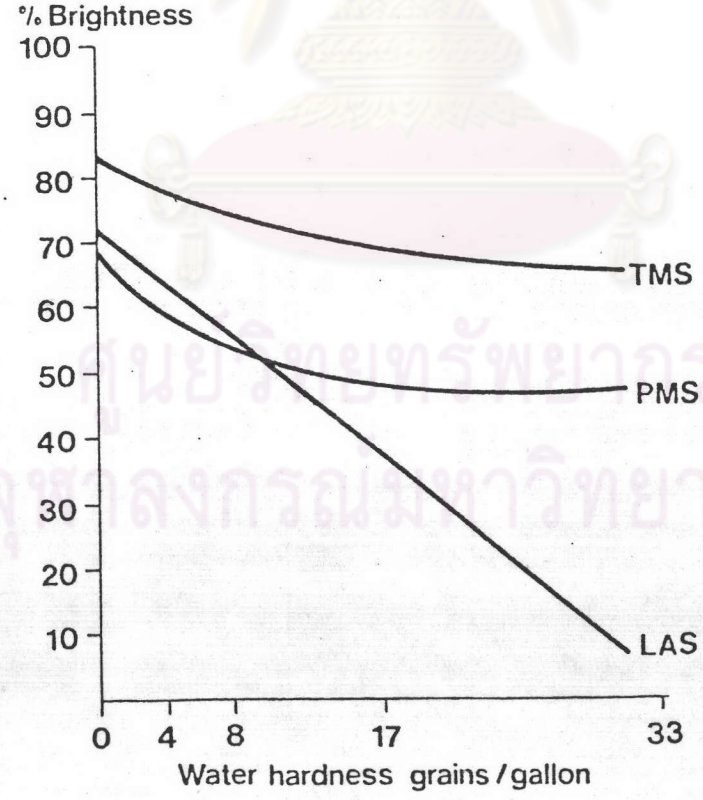
รูปที่ 50 แสดงผลของอุณหภูมิต่อการฟอกสี ∝-sulfonated (14)

ต้องไม่เกิน 45 °c เพื่อป้องกันการ hydrolysis ของเอสเทอร์ และจะต้องควบคุม pH ของปฏิกริยาให้อยู่ระหว่าง 7.5-9

จากการทดสอบคุณสมบัติของ ES ที่ได้ พบว่า ความกระด้างของน้ำจะมีผลน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับสารลดแรงตึงผิวชนิดอื่น



รูปที่ 51 แสดงผลของ pH ต่อเปอร์เซนต์การ hydrolysis ของ ∝-sulfonated (14)



รูปที่ 52 การทดสอบผลกระทบของน้ำกระด้างต่อสารลดแรงตึงผิวชนิดต่าง ๆ (14)

เมื่อนำ TMS มาใช้เป็น light-duty detergent พบว่า จะมีคุณสมบัติดี โดยเฉพาะที่ความเข้มข้นต่ำ แต่ PMS จะให้ฟองมากกว่า

ตารางที่ 31 ผลการใช้ α-sulfonated esters เป็น light duty detergent (14)

Wool Detergency Tests[a] of Light Duty Detergent Formulations[b]

Surfactant[c]	Concentration (g/liter)		
	2	4	6
TMS	78.5	85.0	83.0
PMS	63.0	73.5	75.0
LAS	60.0	84.0	85.0

[a]Values expressed as % brightness.

[b]Formulation: 26.5% surfactant, 15.0% sodium tripolyphosphate 50.0% sodium sulfate, up to 100% with other compounds and water; washing bath = 1:50; temperature = 30 C; water hardness = 300 ppm $CaCO_3$/gallon.

[c]TMS = Tallow methyl ester sulfonate; PMS = palm kernel methyl ester sulfonate; LAS = alkylbenzenesulfonate.

จากการทดสอบคุณสมบัติการใช้เป็น heavy duty detergent โดยใช้เครื่องซักผ้า พบว่า TMS มีคุณสมบัติที่ดีกว่าตัวอื่น ๆ เมื่อใช้ความเข้มข้นต่ำ

ตารางที่ 32 ผลการใช้ α-sulfenated esters เป็น heavy duty detergent (14)

Washing-Tests in the Launder-O-Meter With and Without Tripolyphosphate[a]

Textile	Nonfinished cotton			Finished cotton			Polyester/Finished cotton		
Washing temperature	90 C			90 C			60 C		
Concentration (g/liter)	0.75[b]	2[c]	6[c]	0.75[b]	2[c]	6[c]	0.75[b]	2[c]	6[c]
Surfactant[d]									
LAS	40.4	66.0	76.0	43.6	47.5	73.5	38.4	43.0	60.0
TMS	61.7	72.0	76.0	58.7	51.5	73.0	57.5	45.0	60.0
PMS	46.4	64.0	76.0	53.0	49.0	74.0	50.9	42.5	58.0

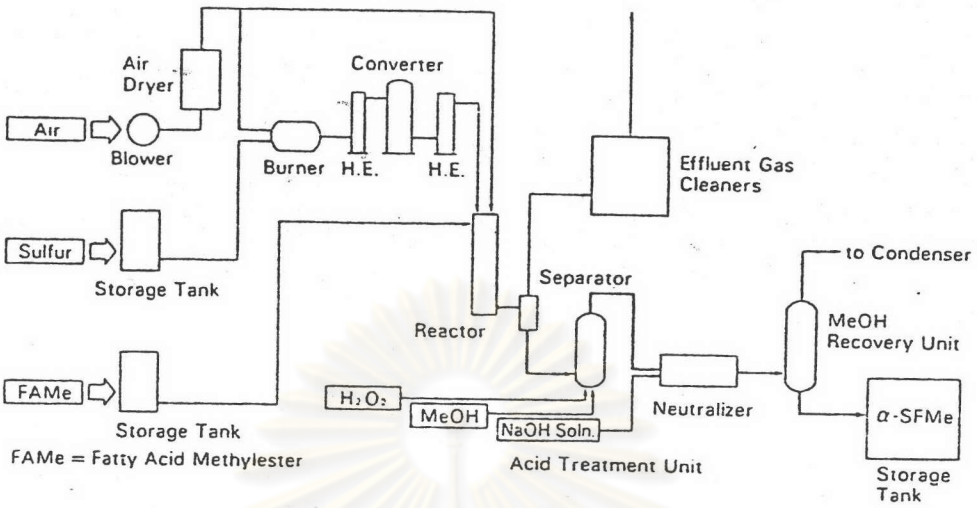
[a]Values expressed as % remission; water hardness = 300 ppm $CaCO_3$/gallon.

[b]Anionic surfactant only, without tripolyphosphate.

[c]Formulation: 7.1% anionic surfactant, 2.4% nonionic surfactant, 38.8% tripolyphosphate, up to 100% with complexing agents, sodium perborate and foam inhibitors.

[d]LAS = Alkylbenzenesulfonate; TMS = tallow methyl ester sulfonate; PMS = palm kernel methyl ester sulfonate.

ในปี พ.ศ. 2528 T. ogoshi และ Y. migawaki ได้เสนอกระบวนการผลิต ES โดยใช้เครื่องปฏิกรณ์จากการพัฒนาของบริษัท Lion (T.O. Reactor)



รูปที่ 53 แสดงแผนผังการผลิต α-sulfonated เสนอโดยชาวญี่ปุ่น (15)

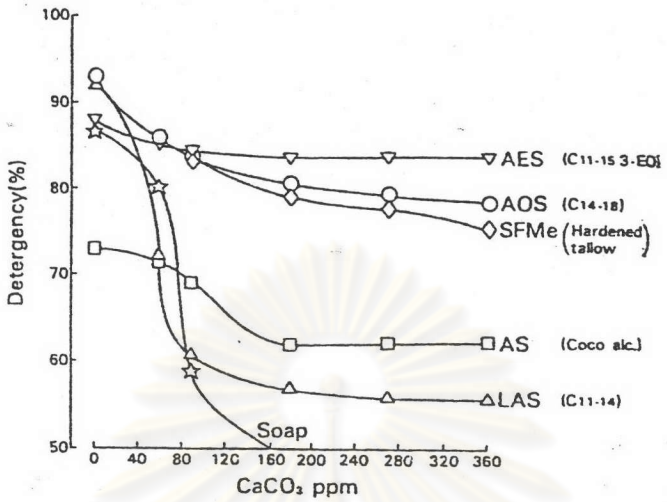
ซึ่งมีข้อดีหลายประการ และ ES ที่ได้จากปฏิกริยาจะมีคุณสมบัติที่ดีกว่า ดังนี้

Typical Qualities of α-SFMe (15)

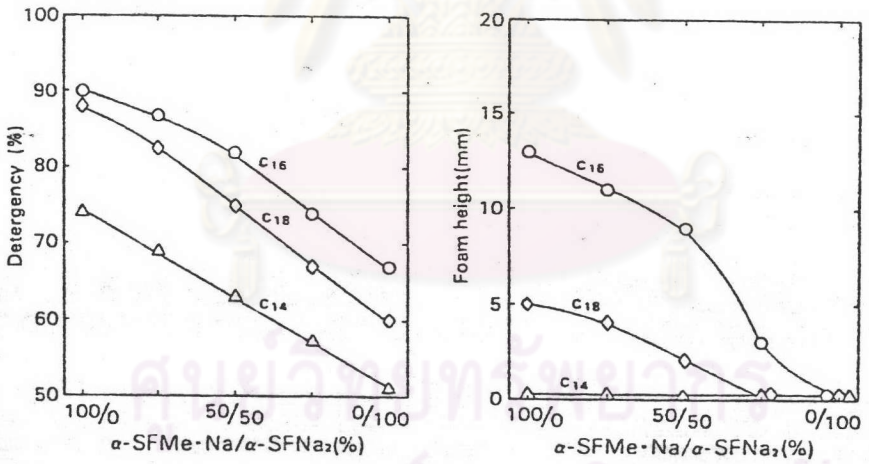
		New process	Previous process
Active matter	(%)	55	35
α-SFMe	(%)	55	26
α-$SFNa_2$	(%)	trace	9
$\frac{\alpha\text{-SFMe}}{\alpha\text{-SFMe} + \alpha\text{-SFNa}_2} \times 100$	(%)	ca. 100	74
Color (5% Klett)[a]		50	200
Un-reacted oil	(%)[b]	1.6	3.0

Raw material: Palm stearin methyl ester (hardened, distilled).
[a]5% A.M. soln., 40 mm cell, No. 42 Blue filter.
[b]% based on A.M.

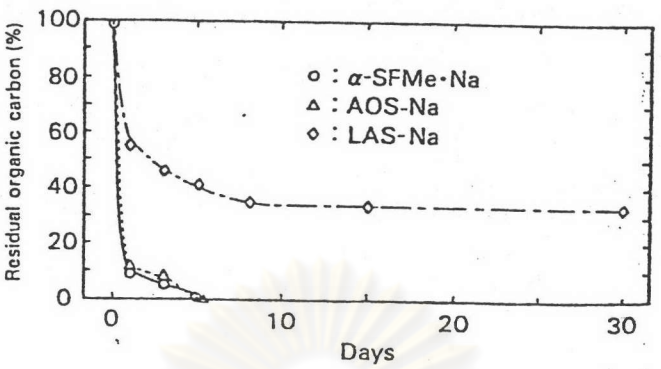
เมื่อนำมาใช้เป็นสารลดแรงตึงผิวในผงซักฟอกจะมีคุณสมบัติดีกว่าตัวอื่น ๆ หลายประการ ดังนี้



รูปที่ 54 แสดงผลกระทบของน้ำกระด้างต่อ α-sulfonated (15)



รูปที่55 แสดงการใช้ α-sulfo แบบผสม (15)



รูปที่ 56 แสดงอัตราการย่อยสลายในธรรมชาติของ ∝-sulfonated (15)

2.4 การใช้ methyl esters แทนน้ำมันดีเซล ความพยายามในการใช้น้ำมันพืช เพื่อทดแทนน้ำมันดีเซลนั้น เริ่มกันตั้งแต่ปี พ.ศ. 2473 ด้วยความเชื่อที่ว่าพลังงานจากน้ำมันปิโตเลียมจะต้องหมดไปจากโลกในวันหนึ่งข้างหน้า ถ้าหากปริมาณการใช้ยังคงมากอย่างที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน มีการหาแหล่งพลังงานใหม่เพื่อทดแทนแหล่งพลังงานนี้มากมาย แต่การหาแหล่งพลังงานใหม่ที่เหมาะสมยังไม่เป็นผลสำเร็จ มีข้อมูลมากมายที่แสดงให้เห็นว่าน้ำมันพืชสามารถใช้แทนน้ำมันดีเซลได้ แนวทางในการวิจัยแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ การใช้น้ำมันพืชทดแทนน้ำมันดีเซลโดยตรง การใช้เอสเทอร์จากน้ำมันพืช และการใช้น้ำมันพืชหรือเอสเทอร์ ผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน

การทดลองใช้น้ำมันพืชบริสุทธิ์กับเครื่องยนต์ดีเซล ที่ไม่ได้รับการดัดแปลง ได้ผลเป็นที่น่าพอใจในระยะสั้น โดยกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์จะต่ำลงเล็กน้อย และอัตราความสิ้นเปลือง จะมากกว่าการใช้น้ำมันดีเซลประมาณ 10% ปัญหาการใช้งานในระยะสั้นได้แก่ การติดเครื่องยากในที่ ๆ มีอุณหภูมิต่ำ การอุดตัน และการมียางเหนียวเกาะติดตามท่อ ตามหม้อกรองน้ำมัน และหัวฉีดน้ำมัน รวมทั้งการนอตของเครื่องยนต์ ส่วนในระยะยาวนั้นพบว่า เมื่อใช้ไปนาน ๆ ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องยนต์จะต่ำลงหรืออาจจะทำให้เครื่องยนต์สึกในที่สุด อันเนื่องมาจากการอุดตันของหัวฉีดน้ำมัน มีเขม่าคาร์บอนเกาะติดตามกระบอกสูบ น้ำมันหล่อลื่นใน crankcase เจือจางลง รวมทั้งเกิดการ oxidation และ polymerization ทำให้น้ำมันเครื่องเสีย

จากการวิจัยพบว่าปัญหาเหล่านี้เกิดเนื่องจากคุณสมบัติเบื้องต้นของน้ำมันพืชเอง อันได้แก่ การมียางเหนียว มีความหนืดสูง มีส่วนประกอบของกรดและกรดไขมันอิสระ รวมทั้งการมีค่าซีเทน (cetane number) ต่ำ ยางเหนียว (gum) ในน้ำมันพืช ก่อให้เกิดปัญหาการอุดตันทั้งหลาย ปัญหานี้จะลดลงถ้ามีการกรองน้ำมันพืชก่อนนำไปใช้ โดยให้ผ่านตะแกรงขนาด 4- micron กรดไขมันอิสระก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการกัดกร่อนทั้งหลาย จำเป็นจะต้องกำจัดออกไปด้วยการนำน้ำมันพืชมาผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์

ตารางที่ 33 แสดงปัญหาและแนวทางแก้ไขในการนำน้ำมันพืชมาใช้แทนน้ำมันดีเซล (16)

Known Problems, Probable Causes and Potential Solutions for Using Straight Vegetable Oils in Diesels

Problem	Probable cause	Potential solution
Short-term		
1. Cold weather starting.	High viscosity, low cetane, and low flash point of vegetable oils.	Preheat fuel prior to injection. Chemically alter fuel to an ester.
2. Plugging and gumming of filters, lines and injectors.	Natural gums (phosphatides) in vegetable oil. Other ash.	Partially refine the oil to remove gums. Filter oil to 4 microns.
3. Engine knocking.	Very low cetane of some oils. Improper injection timing.	Adjust injection timing. Use higher compression engines. Same as (1).
Long-term		
4. Coking of injector nozzles.	High viscosity of vegetable oil, incomplete combustion of fuel. Poor combustion at part load with vegetable oils.	Heat fuel prior to injection. Switch engine to diesel fuel when operating at part load. Chemically alter the vegetable oil to an ester.
5. Carbon deposits on piston and head of engine.	Same as (4).	Same as (4).
6. Excessive engine wear.	Same as (4). Possibly free fatty acids in vegetable oil. Dilution of engine lubricating oil due to blow-by of vegetable oil.	Same as (4). Increase motor oil changes. Motor oil additives to inhibit oxidation.
7. Failure of engine lubricating oil due to polymerization.	Collection of polyunsaturated vegetable oil blow-by in crankcase to the point where polymerization occurs.	Same as (4) and (6). Use vegetable oils low in polyunsaturates.

ความหนืด (viscosity) ของน้ำมันพืช ซึ่งมีค่าสูงกว่าน้ำมันดีเซลมากมาย เป็นปัญหาหลักในการนำพลังงานแหล่งนี้มาใช้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

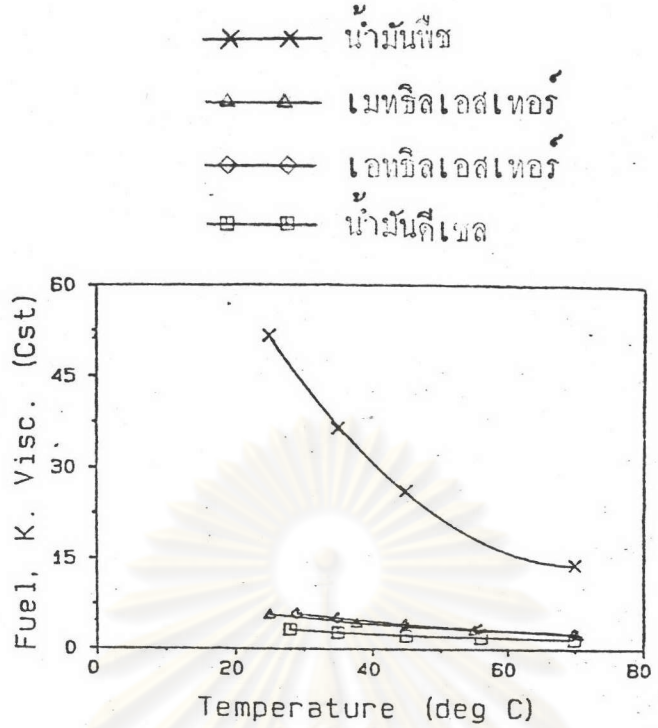
ตารางที่ 34 เปรียบเทียบความหนืดของน้ำมันดีเซลกับน้ำมันพืช (16)

Viscosity of Various Vegetable Oils Compared to Diesel Fuel (7)

Oil	Viscosity (centipoise) @ 21 C (70 F)
Diesel fuel (#2)	3.8
Soybean	57.2
Sunflower	60.0
Coconut	51.9
Peanut	67.1
Palm	88.6

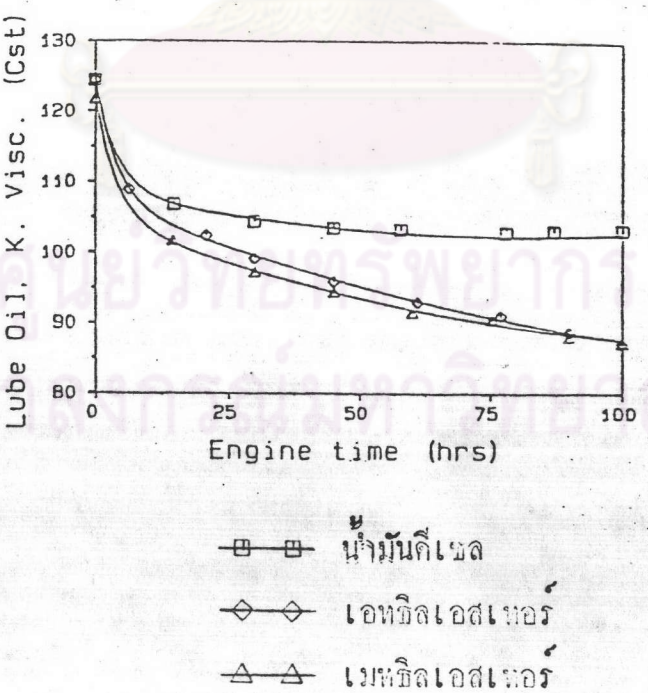
การที่น้ำมันพืชมีความหนืดสูง จะทำให้การแตกตัวเพื่อการเผาไหม้ ไม่สมบูรณ์ ทำให้มีเขม่าคาร์บอนเกาะติดในกระบอกสูบและลูกสูบมาก บางส่วนของน้ำมันพืชที่ไม่เผาไหม้จะซึมผ่านแหวนลูกสูบเข้าไปยัง crankcase ซึ่งจะทำให้น้ำมันเครื่องเจือจางลง ความร้อนและความดันสูงจากเครื่องยนต์ ทำให้เกิด oxidation และ polymerization ซึ่งผลผลิตที่ได้จะเป็นของแข็ง ซึ่งจะก่อให้เกิดปัญหากับเครื่องยนต์

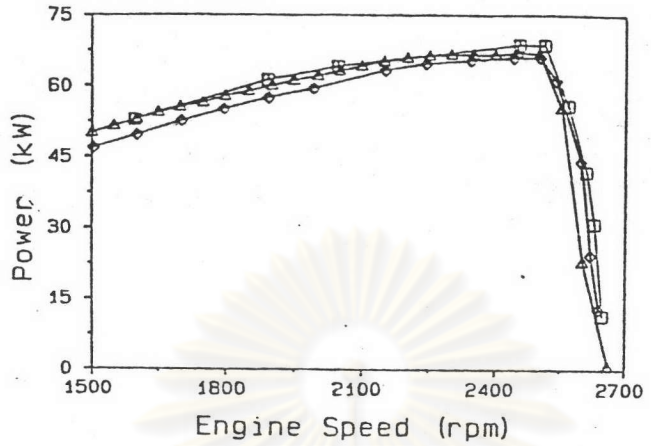
การแก้ปัญหาเกี่ยวกับความหนืดของน้ำมันพืชนั้น วิธีที่ดีที่สุดก็คือใช้เอสเทอร์จากน้ำมันพืช โดยการนำน้ำมันพืชมาทำปฏิกริยา alcoholysis ทำให้ได้เอสเทอร์ ซึ่งมีความหนืดต่ำกว่าน้ำมันพืชมาก ทำให้การแตกตัวเพื่อเผาไหม้ดีขึ้น การทำงานของเครื่องยนต์ดีขึ้น เป็นการแก้ปัญหาการเจือจางของน้ำมันเครื่อง ทำให้เครื่องยนต์ไม่หลวมง่าย แต่จากการทดสอบโดยบริษัทผู้ผลิตเครื่องยนต์ดีเซลในสหรัฐอเมริกา พบว่า เอสเทอร์มีแนวโน้มที่จะเกิดการ polymerize ได้ดีกว่า น้ำมันพืชดิบและบริสุทธิ์ แม้ว่าจะมีปริมาณน้อยกว่าก็ตาม ปัญหานี้ไม่ได้เกิดเฉพาะน้ำมันพืชหรือเอสเทอร์ แม้แต่น้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์เองก็เกิด แต่เขาแก้ไขด้วยการเติม additive บางตัว เพื่อป้องกันการ polymerization โดยเฉพาะ กรณีน้ำมันพืชก็อาจจะต้องแก้ไขด้วยวิธีเดียวกัน จึงต้องการงานวิจัยและประสบการณ์มากกว่านี้

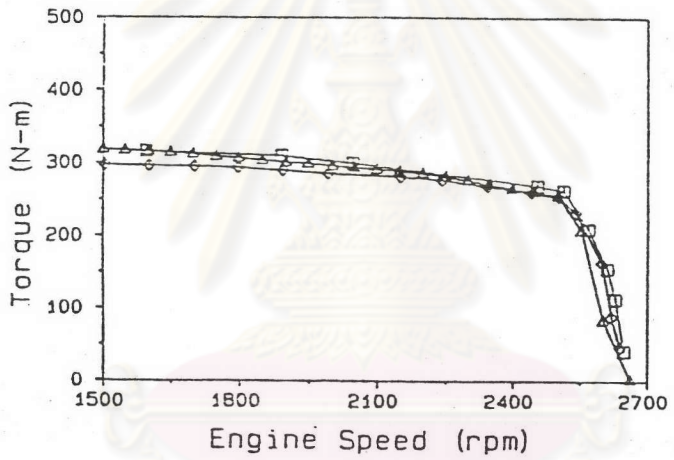


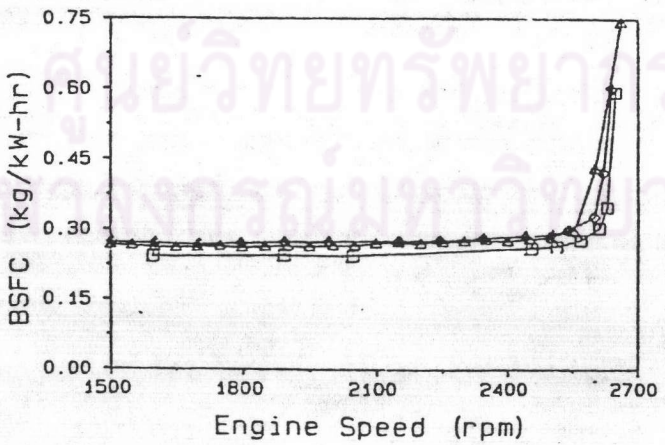
รูปที่ 57 เปรียบเทียบความหนืดของเอสเทอร์กับน้ำมันดีเซล (17)

การทดสอบการใช้เอสเทอร์กับเครื่องยนต์ดีเซล เปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลโดยตรง สรุปได้ดังนี้







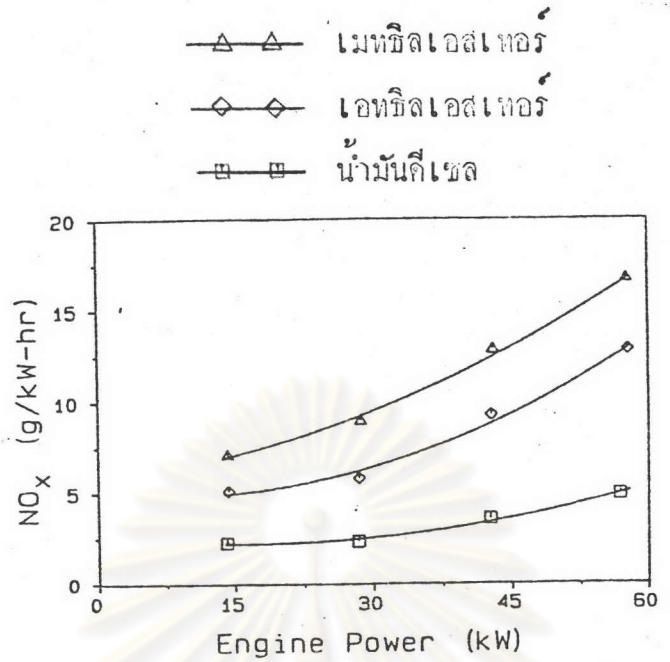


เมทธิลเอสเทอร์

เอทธิลเอสเทอร์

น้ำมันดีเซล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



การใช้น้ำมันพืชผสมน้ำมันดีเซลได้มีการศึกษากันมากในบราซิล และฟิลิปปินส์ ในบราซิลนั้น ใช้น้ำมันถั่วเหลือง (soybean oil) ผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 30% พบว่าได้ผลดี มีบางบริษัทพยายามพัฒนาเครื่องยนต์เพื่อใช้กับน้ำมันผสมนี้ โดยตรง ในฟิลิปปินส์เขาใช้น้ำมันมะพร้าวผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 5% นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการนำน้ำมันพืชมาผสมกับแอลกอฮอล์และน้ำมันดีเซล ซึ่งน้ำมันพืชกับแอลกอฮอล์เมื่อผสมกันแล้วจะไม่เป็นเนื้อเดียวกัน จะเป็น microemulsion ซึ่งใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้ดีเช่นกัน แต่การศึกษาในเรื่องนี้ยังใหม่อยู่มาก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายอดิศร ศรีสวัสดิ์ เกิดเมื่อวันที่ 10 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2503 ที่จังหวัดเลย จบปริญญาตรีเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปี พ.ศ. 2525 หลังจากนั้นได้ทำงานในตำแหน่ง chemist supervisor บริษัท ฟินิคส์พัลน์แอนด์เพเพอร์ จำกัด ที่อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น ต่อมาปี พ.ศ. 2526 ทำงานในตำแหน่ง compressor operator บริษัท Thai Petrochemical Industry จำกัด ปัจจุบันทำงานในตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ 3 กลุ่มงานวิจัยวัตถุมีพิษที่ใช้กับพืชไร่ กองวัตถุมีพิษการเกษตร กรมวิชาการเกษตร บางเขน กรุงเทพมหานคร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย