

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างข้อมูลดิบ และตัวอย่างวิธีการคำนวณ

ข้อมูลดิบที่ปรากฏในภาคผนวก ข นี้ เป็นข้อมูลดิบที่ใช้สำหรับการคำนวณหาค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ของน้ำมันปาล์มใช้แล้ว และเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตได้จากน้ำมันชนิดนี้ ได้แก่ ปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid content), ค่าความหนืดเชิงจลน์ (Kinematic Viscosity), ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value), ค่าไอโอดีน (Iodine Value), ค่าอายุชั้ยของน้ำมัน (induction period), ค่าร้อยละผลได้ของเมทิลเอสเทอร์ (%Yield), และค่าร้อยละของเมทิลเอสเทอร์ที่คงเหลืออยู่ (%Ester content)

โดยในส่วนท้ายของภาคผนวกนี้ เป็นรายละเอียดผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาที่มีต่อสมบัติต่าง ๆ ของน้ำมันพืชใช้แล้ว ได้แก่ ค่า Acid Value, ค่าความหนืดเชิงจลน์ ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าไอโอดีน และผลของอุณหภูมิที่ใช้ที่มีต่อคุณภาพของเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตได้ ได้แก่ ค่า %Yield และค่า %Ester content

ข-1 การหาปริมาณกรดไขมันอิสระ (%FFA)

ตารางที่ ข-1 ปริมาณสารละลาย KOH ที่ใช้ไตเตรตตัวอย่างน้ำมันปาล์มจากการทดลองที่ 1
ทำการวัดค่าในเดือนกุมภาพันธ์ 2550

ตัวอย่างที่	ตัวอย่างทำการเก็บ ที่สภาวะต่าง ๆ	ปริมาณ KOH ที่ใช้ ไตเตรตตัวอย่าง (ml) [A]	ปริมาณ KOH ที่ใช้ ไตเตรต blank (ml) [B]	Acid Value	%FFA
1	Reference	0.525	0.20	0.46	0.23
2	20 °C	2.65	0.20	3.43	1.715
3	30 °C	2.90	0.20	3.78	1.89
4	40 °C	3.15	0.20	4.13	2.065

$$AV = \frac{(A-B) \times N \times M.W.}{W}$$

จากตารางที่ ข-1 และจากสมการต่อไปนี้

$$FFA(\%) = \frac{AV(\%)}{2} \quad (1)$$

สามารถคำนวณค่า Acid Value และ %FFA ของตัวอย่างที่ 1 ได้ดังนี้

$$AV = \frac{(0.525 - 0.20) \times 0.025 \times 56}{1.00} = 0.46$$

$$FFA(\%) = \frac{0.46}{2} = 0.23\%$$

เมื่อ

N = ความเข้มข้นของสารละลาย KOH = 0.025 N (mol/l)

M.W. = มวลโมเลกุลของเบส (ในกรณีนี้ KOH = 56)

W = ปริมาณตัวอย่างน้ำมัน = 1.00 g

ท-2 การหาค่าความหนืดเชิงจลน์ (Kinematic Viscosity)

การหาค่าความหนืดเชิงจลน์ของน้ำมันพืช และเมทิลเอสเทอร์ ทำได้โดยใช้ Cannon-Pensky Calibrated Viscometer No.200 L79 และ No.75 P573 ซึ่งมีค่า Viscometer Constant = 0.1047 และ 0.007617 cSt/s ตามลำดับ จากนั้น จึงสามารถคำนวณค่าความหนืดเชิงจลน์ได้ตามสมการต่อไปนี้

$$\text{Kinematic Viscosity (cSt)} = \text{Viscometer Constant (cSt/s)} * \text{Efflux Time (s)}$$

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างน้ำมันปาล์ม (Reference) จากการทดลองที่ 1 ทำการวัดค่าในไดอิเล็กตริก 2550 ได้
ค่าเฉลี่ยของ Efflux Time ทั้ง 3 ครั้ง
$$= \frac{(359.50 + 361.35 + 359.44)}{3} = 360.097 \text{ s}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{Kinematic Viscosity (cSt)} &= 0.1047 \text{ (cSt/s)} * 360.097 \text{ (s)} \\ &= 37.70 \text{ cSt} \end{aligned}$$

ข-3 การหาค่าไอโอดีน (Iodine Value)

ตารางที่ ข-3 ปริมาณสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ไทเทรตตัวอย่างเมทิลเอสเทอร์ (Reference)

จากการทดลองที่ 1 ทำการวัดค่าในเดือนมกราคม 2550 สำหรับการหาค่าไอโอดีน

ครั้งที่	ปริมาณ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ ไทเทรตตัวอย่าง (ml) [V ₁]	ปริมาณ KOH ที่ใช้ ไทเทรต blank (ml) [V ₂]	Iodine Value
1	16.5	26.6	64.085
2	16.5	26.6	64.085
ค่าเฉลี่ย	16.5	26.6	64.085

จากตารางที่ ข-3 และจากสมการต่อไปนี้
$$W_I = \frac{12.69 C (V_2 - V_1)}{M} \quad (2)$$

สามารถคำนวณค่า Iodine Value ของตัวอย่างได้ดังนี้

$$\begin{aligned} W_I &= \frac{12.69 \times 0.10 (26.6 - 16.5)}{0.20 \text{ g}} \\ &= 64.085 \text{ g/100g fat} \end{aligned}$$

เมื่อ W_I = Iodine Value, g / 100 g fat

C = ความเข้มข้นของสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ = 0.10 โมลต่อลิตร

M = ปริมาณของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ = 0.20 กรัม

ข-4 การหาค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value)

ตารางที่ ข-4 ปริมาณสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ไทเทรตตัวอย่างเมทิลเอสเทอร์ (Reference)
จากการทดลองที่ 1 ทำการวัดค่าในเดือนมกราคม 2550 สำหรับการหาค่าเปอร์ออกไซด์

ครั้งที่	ปริมาณ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ ไทเทรตตัวอย่าง (ml) [V]	ปริมาณ KOH ที่ใช้ ไทเทรต blank (ml) [V ₀]	Peroxide Value
1	21.5	0.40	60.29
2	28.3	0.40	79.71
เฉลี่ย	24.9	0.40	70.00

จากตารางที่ ข-4 และจากสมการต่อไปนี้

$$P = \frac{1000(V - V_0)C}{M} \quad (3)$$

สามารถคำนวณค่า Peroxide Value ของตัวอย่างได้ดังนี้

$$P = \frac{1000 \times (24.9 - 0.40) \times 0.01}{3.50 \text{ g}}$$

$$= 70.00 \text{ meq/kg}$$

เมื่อ P = Peroxide Value, meq / kg

C = ความเข้มข้นของสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 0.01$ โมลต่อลิตร

M = ปริมาณของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ = 3.50 กรัม

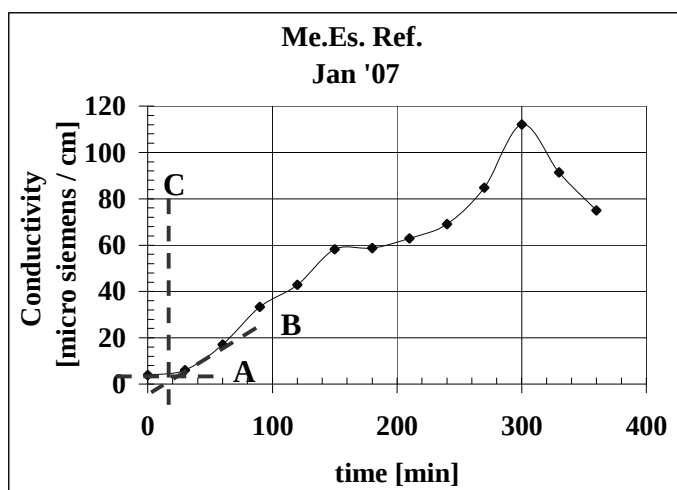
ท-5 การวิเคราะห์ Oxidation Stability

จากภาพที่ 4.7 ซึ่งแสดงข้อมูล Conductivity curve ของเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตจากน้ำมันพืชบริสุทธิ์ (Reference) จะสามารถหาค่าอายุขัยของน้ำมัน (induction period) ได้ตามขั้นตอนต่อไปนี้

- 1.) ลากเส้นขนานกับจุดแรกที่ Conductivity curve เริ่มเปลี่ยนแปลงในลักษณะเพิ่มขึ้น ดังเส้น A
- 2.) ลากเส้นขนานกราฟอีกเส้นหนึ่งบริเวณที่เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วให้ไปตัดกับแกน X ดังเส้น B จะได้จุดตัดของเส้นทั้งสองตามเส้น C ซึ่งก็คือค่าอายุขัยของน้ำมันนั่นเอง

ภาพที่ 4.7

การหาความเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชัน ณ เดือนที่ 10 ของการทดลอง (มกราคม 2550) ของเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ เก็บรักษาในภาชนะปิด ที่อุณหภูมิห้อง



ข-6 การหาค่าร้อยละผลได้ของเมทิลเอสเทอร์ (%Yield)

จากตัวอย่างข้อมูลน้ำหนักของเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตได้เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันวัตถุดิบ ซึ่งเป็นน้ำมันปาล์มใช้แล้วจากการทดลองที่ 2 ทำการเก็บตัวอย่างมาในเดือนธันวาคม 2549 แล้วเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ในภาชนะปิด วัดค่าต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังทำปฏิกิริยาได้ดังนี้

$$\begin{array}{lcl} \text{น้ำหนักของน้ำมันที่ใช้เป็นวัตถุดิบ} & = & 84.66 \text{ กรัม} \\ \text{น้ำหนักของเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตได้} & = & 73.46 \text{ กรัม} \end{array}$$

$$\text{ดังนั้น ค่าร้อยละผลได้ของตัวอย่างนี้} = \frac{73.46}{84.66} \times 100 (\%) = 86.77\%$$

ข-7 การวิเคราะห์ค่าร้อยละของเอสเทอร์ด้วยวิธี Gas Chromatography

จากตัวอย่างโครมาโตแกรมของเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตจากน้ำมันปาล์ม (Reference) ในการทดลองที่ 1 ทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ตั้งแต่เดือนเมษายน 2549 นำมาวิเคราะห์ด้วย GC ในเดือนเมษายน 2550 ตัวอย่างของโครมาโตแกรมที่ได้เป็นดังภาพที่ ข-7

การหาค่า *ester content*: C [mass fraction in percent] สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$C = \frac{(\sum A) - A_{EI}}{A_{EI}} \times \frac{C_{EI} \times V_{EI}}{m} \times 100\% \quad (4)$$

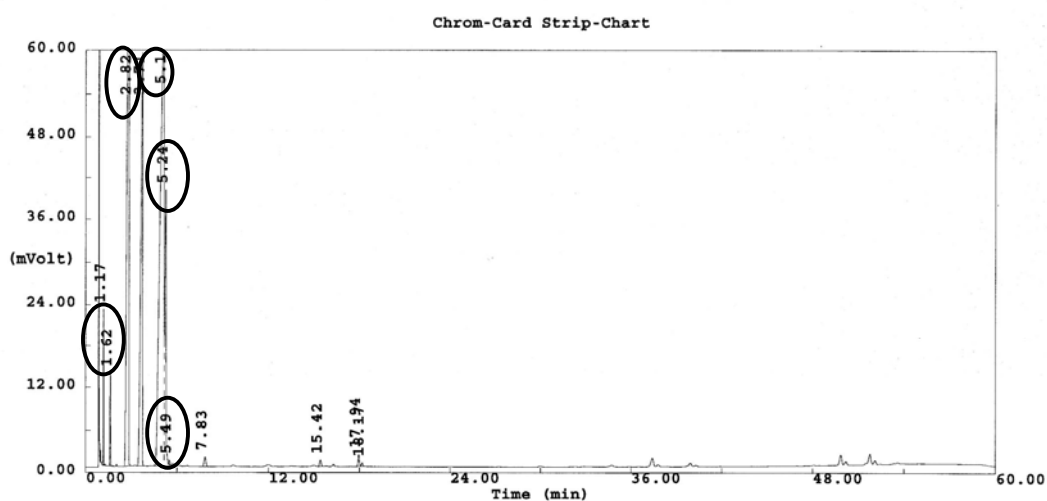
โดยในที่นี้

$$\begin{aligned} \sum A &= 320955 + 8567674 + 4951116 + 11437050 + 2390514 + 31118 \\ &= 27698427 \\ A_{EI} &= \text{พื้นที่ใต้กราฟของ Methyl heptadecanoate} = 4951116 \\ C_{EI} &= \text{ความเข้มข้นของสารละลาย Methyl heptadecanoate} = 10.56 \text{ mg / ml} \\ V_{EI} &= \text{ปริมาตรของสารละลาย Methyl heptadecanoate ที่ใช้} = 1.0 \text{ ml} \\ m &= \text{น้ำหนักของตัวอย่าง} = 55.5 \text{ mg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore C &= \frac{27698427 - 4951116}{4951116} \times \frac{10.56(\text{mg/ml}) \times 1.0\text{ml}}{55.5\text{mg}} \times 100(\%) \\ &= 87.45 \% \end{aligned}$$

ทำการคำนวณในลักษณะเดียวกันต่อไป (ทำการฉีดซ้ำอีก 3 ครั้ง) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ ข-7

ภาพที่ ข-7 ตัวอย่างโครมาโตแกรมของเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตจากน้ำมันปาล์ม (Reference) ใน
การทดลองที่ 1 เก็บรักษามาตั้งแต่เดือนที่ 1 (เมษายน 2549) ทำการวิเคราะห์ผล
ในเดือนที่ 13 ของการทดลอง (เมษายน 2550)



Component	Name	ppm	Ret.Time	Area	BC	Resp. Fact.
1		0.0000	1.17	352177	FU	0.0000
✓ 2	C14:0	0.0000	<u>1.62</u>	320955	FU	0.0000
✓ 3	C16:0 & C16:1	0.0000	<u>2.82</u>	8567674	FU	0.0000
4	Int. std.	0.0000	3.71	4951116	RS	0.0000
✓ 5	C18:0 & C18:1	0.0000	<u>5.10</u>	11437050	FU	0.0000
✓ 6	C18:2	0.0000	<u>5.24</u>	2390514	TL	0.0000
✓ 7	C18:3	0.0000	<u>5.49</u>	31118	CR	0.0000
8		0.0000	7.83	114612	FU	0.0000
9		0.0000	15.42	70859	FU	0.0000
10		0.0000	17.94	106651	FU	0.0000
11		0.0000	18.17	30517	FU	0.0000
Totals		0.0000		28373240		

ตารางที่ ข-7 พื้นที่ใต้กราฟจากการวิเคราะห์ด้วย GC ของตัวอย่างเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิต
จากน้ำมันปาล์ม (Reference) ในการทดลองที่ 1 เก็บรักษามาตั้งแต่
เดือนที่ 1 (เมษายน 2549) วิเคราะห์ผลในเดือนที่ 13 (เมษายน 2550)

การฉีดครั้งที่	ΣA	A_{EI}	C (%)
1	27698427	4951116	87.45 %
2	27678623	4895618	88.58 %
3	28167480	4978910	88.65 %
4	28792283	5069446	89.07 %
ดังนั้น ค่าร้อยละของเอสเทอร์โดยเฉลี่ย =			88.44 %

ข-8 ข้อมูลผลการทดลองโดยละเอียด

ข้อมูลในส่วนนี้เป็นรายละเอียดผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาที่มีต่อสมบัติต่าง ๆ ของ
น้ำมันพืชใช้แล้ว ได้แก่ ค่า Acid Value ค่าความหนืดเชิงจลน์ ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าไอโอดีน และผล
ของอุณหภูมิที่ใช้ที่มีต่อคุณภาพของเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตได้ ได้แก่ ค่า %Yield และค่า %Ester
content

ตารางที่ ข-8.1 ค่า Acid Value [mg KOH / g oil] ของน้ำมันปาล์มใช้แล้วจากเดือนที่ 4 ของการเก็บรักษาในภาชนะปิด ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาต่าง ๆ วัดค่าทั้งก่อนและหลังทำปฏิกิริยา (Before & After Rxn)

Temperatures \ Conditions	20 °C	Room temperature (about 30°)	40 °C
Before Rxn	37.46	40.19	39.18
After Rxn	4.38	4.45	4.52

Note ค่า Acid Value เมื่อเริ่มต้นเก็บตัวอย่าง = 3.18 mg KOH / g oil

ตารางที่ ข-8.2 ค่าความหนืดเชิงจลน์ [cSt] ของน้ำมันปาล์มใช้แล้วจากเดือนที่ 4 ของการเก็บรักษาในภาชนะปิด ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาต่าง ๆ วัดค่าทั้งก่อนและหลังทำปฏิกิริยา

Temperatures \ Conditions	20 °C	Room temperature (about 30°)	40 °C
Before Rxn	3.93	3.65	5.40
After Rxn	0.70	0.53	0.84

Note ค่าความหนืดเชิงจลน์เมื่อเริ่มต้นเก็บตัวอย่าง = 40.05 cSt

ตารางที่ ข-8.3 ค่าเปอร์ออกไซด์ [meq / kg oil] ของน้ำมันปาล์มใช้แล้วจากเดือนที่ 4 ของการเก็บรักษาในภาชนะปิด ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาต่าง ๆ วัดค่าทั้งก่อนและหลังทำปฏิกิริยา

Temperatures \ Conditions	20 °C	Room temperature (about 30°)	40 °C
Before Rxn	12.14	20.55	14.96
After Rxn	45.74	26.52	48.80

ตารางที่ ข-8.4 ค่าไฮโดรดิน [g / 100 g oil] ของน้ำมันปาล์มใช้แล้วจากเดือนที่ 4 ของการเก็บรักษาในภาชนะปิด ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาต่าง ๆ วัดค่าทั้งก่อนและหลังทำปฏิกิริยา

Temperatures \ Conditions	20 °C	Room temperature (about 30°)	40 °C
Before Rxn	71.13	72.53	71.45
After Rxn	89.03	86.05	81.80

ตารางที่ ข-8.5 ค่าร้อยละผลได้ (% Yield) ของเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มใช้แล้วจาก
เดือนที่ 4 ของการเก็บรักษาในภาชนะปิด ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาต่าง ๆ

Storage Temperatures [°C]	20 °C	Room temperature (about 30°)	40 °C
%Yield	89.2	92.1	86.7

ตารางที่ ข-8.6 ค่าร้อยละของเอสเทอร์ (%Ester content) ที่คงเหลืออยู่ในเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตจาก
น้ำมันปาล์มใช้แล้วจากเดือนที่ 4 ของการเก็บรักษาในภาชนะปิด ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาต่าง ๆ

Temperatures \ Conditions	20 °C	Room temperature (about 30°)	40 °C
%Ester content	90.48	93.37	88.79

Note ค่าร้อยละของเอสเทอร์ที่คงเหลืออยู่ในเมทิลเอสเทอร์ที่ผลิตจากน้ำมันพืชบริสุทธิ์ = 92.0 %