

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

ทำการทดลองหาคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งก่อนและหลังการผสม คือทดลองหาค่าความหนาแน่น ทดลองหาค่าความหนืดเชิงจลน์และ ทดลองหาค่าความร้อน ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

#### 4.1 ผลการทดลองความหนาแน่น

จากการทดลองหาความหนาแน่นของน้ำมันทั้งหมดคือ

1. น้ำมันดีเซล
2. น้ำมันปาล์ม
3. น้ำมันมะพร้าว
4. น้ำมันก๊าด
5. น้ำมันดีเซล 80 ส่วน ต่อ น้ำมันปาล์ม 20 ส่วน
6. น้ำมันดีเซล 50 ส่วน ต่อ น้ำมันปาล์ม 50 ส่วน
7. น้ำมันดีเซล 20 ส่วน ต่อ น้ำมันปาล์ม 80 ส่วน
8. น้ำมันมะพร้าว 20 ส่วน ต่อน้ำมันก๊าด 1 ส่วน

โดยต้อน้ำมันที่เตรียมไว้ 3 ปริมาตรคือ 10 ml , 20 ml , และ 30 ml แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก โดยทำปริมาตรละ 3 ครั้ง ได้ผลดังนี้คือ

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความหนาแน่นของน้ำมันมะพร้าว (ทดลองที่อุณหภูมิ 28°C, ความดัน 1 บรรยากาศ)

ปริมาตร ครั้งที่ 1	10 ml	20 ml	30 ml
	น้ำหนัก (g)	น้ำหนัก (g)	น้ำหนัก (g)
1	9.461	18.487	27.1
2	9.192	17.706	26.192
3	9.659	18.721	27.636
ความหนาแน่น (g/ml)	0.9437	0.9152	0.9001
ความหนาแน่นรวม(g/ml)	0.9197		

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความหนาแน่นของน้ำมันปาล์ม (ทดลองที่อุณหภูมิ 28°C, ความดัน 1 บรรยากาศ)

ปริมาตร ครั้งที่ 1	10 ml	20 ml	30 ml
	น้ำหนัก (g)	น้ำหนัก (g)	น้ำหนัก (g)
1	9.075	17.693	26.175
2	9.168	17.818	26.283
3	9.207	17.894	26.097
ความหนาแน่น(g/ml)	0.9150	0.8901	0.8728
ความหนาแน่นรวม(g/ml)	0.8926		

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความหนาแน่นของน้ำมันดีเซล (ทดลองที่อุณหภูมิ 28°C, ความดัน 1 บรรยากาศ)

ปริมาตร ครั้งที่ 1	10 ml	20 ml	30 ml
	น้ำหนัก (g)	น้ำหนัก (g)	น้ำหนัก (g)
1	8.1640	16.2825	24.3414
2	8.1075	16.306	24.2486
3	8.0169	16.2042	24.2933
ความหนาแน่น(g/ml)	0.8096	0.8102	0.8098
ความหนาแน่นรวม(g/ml)	0.8099		

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความหนาแน่นของน้ำมันก๊าด(ทดลองที่อุณหภูมิ 28°C, ความดัน 1 บรรยากาศ)

+ ปริมาตร ครั้งที่ 1	10 ml	20 ml	30 ml
	น้ำหนัก (g)	น้ำหนัก (g)	น้ำหนัก (g)
1	7.875	15.728	23.589
2	7.823	15.651	23.508
3	7.851	15.669	23.494
ความหนาแน่น(g/ml)	0.7849	0.7841	0.7843
ความหนาแน่นรวม(g/ml)	0.7844		

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าความหนาแน่นของน้ำมันมะพร้าว 20 ส่วน ต่อน้ำมันก๊าด 1 ส่วน (ทดลองที่ อุณหภูมิ 28°C, ความดัน 1 บรรยากาศ)

ปริมาตร ครั้งที่ 1	10 ml	20 ml	30 ml
	น้ำหนัก (g)	น้ำหนัก (g)	น้ำหนัก (g)
1	9.244	18.727	27.021
2	9.053	18.086	27.264
3	9.294	18.26	27.822
ความหนาแน่น(g/ml)	0.91977	0.9178	0.9123
ความหนาแน่นรวม(g/ml)	0.9166		

เมื่อกำหนดอัตราส่วนได้ ก็สามารถหาความหนาแน่นของแต่ละอัตราส่วนได้จากสมการ

$$\bar{\rho} = X_1\rho_1 + X_2\rho_2$$

$X_1$  = อัตราส่วนน้ำมันชนิดที่ 1 ,  $X_2$  = อัตราส่วนน้ำมันชนิดที่ 2

$\rho_1$  = ความหนาแน่นน้ำมันชนิดที่ 1 ,  $\rho_2$  = ความหนาแน่นน้ำมันชนิดที่ 2

∴ น้ำมันปาล์ม 80 : น้ำมันดีเซล 20

$$\bar{\rho} = 0.8(0.8926) + 0.2(0.8099) = 0.87606 \text{ (g/ml)}$$

ค่าความหนาแน่นที่ได้จากการทดลอง = 0.87153(g/ml) ค่าความผิดพลาด = 0.517 %

น้ำมันปาล์ม 50 : น้ำมันดีเซล 50

$$\bar{\rho} = 0.5(0.8926) + 0.5(0.8099) = 0.85125 \text{ (g/ml)}$$

ค่าความหนาแน่นที่ได้จากการทดลอง = 0.85320(g/ml) ค่าความผิดพลาด = 0.23 %

น้ำมันปาล์ม 20 : น้ำมันดีเซล 80

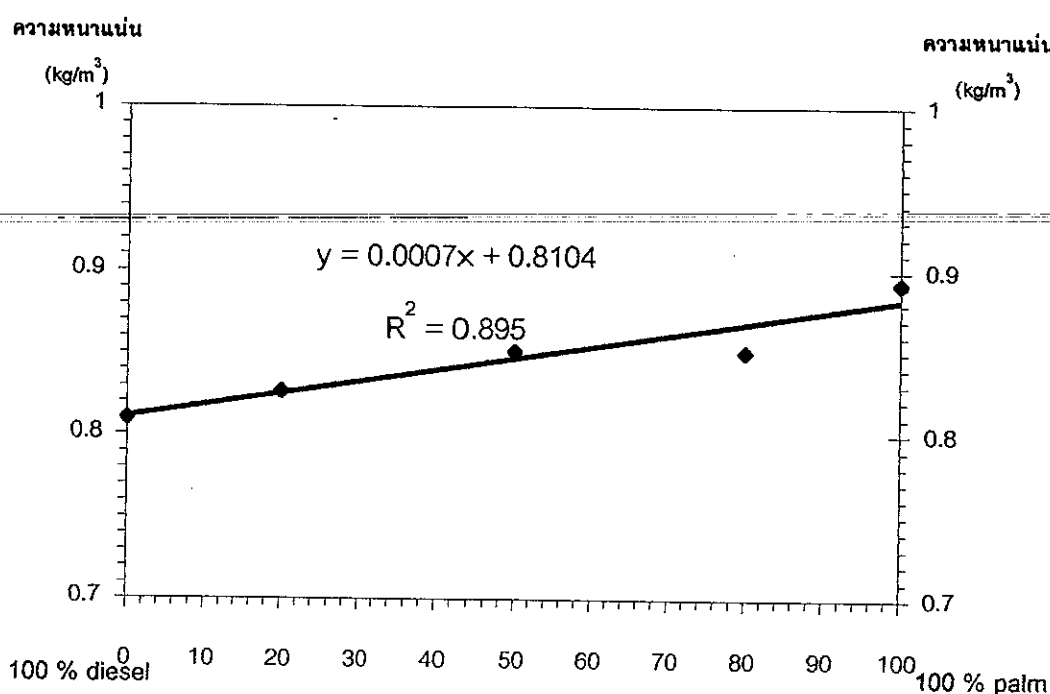
$$\bar{\rho} = 0.2(0.8926) + 0.8(0.8099) = 0.82644 \text{ (g/ml)}$$

ค่าความหนาแน่นที่ได้จากการทดลอง = 0.8293(g/ml) ค่าความผิดพลาด = 0.346 %

น้ำมันมะพร้าว 20 : น้ำมันก๊าด 1

$$\bar{\rho} = \frac{20}{21}(0.9197) + \frac{1}{21}(0.7844) = 0.9138 \text{ (g/ml)}$$

ค่าความหนาแน่นที่ได้จากการทดลอง = 0.9166(g/ml) ค่าความผิดพลาด = 0.306 %



กราฟที่ 4.2 แสดงค่าความหนาแน่นเมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนของน้ำมันดีเซลกับน้ำมันปาล์ม

วิเคราะห์ กราฟค่าความหนาแน่นเปรียบเทียบกับอัตราส่วนของน้ำมันดีเซลกับน้ำมันปาล์ม

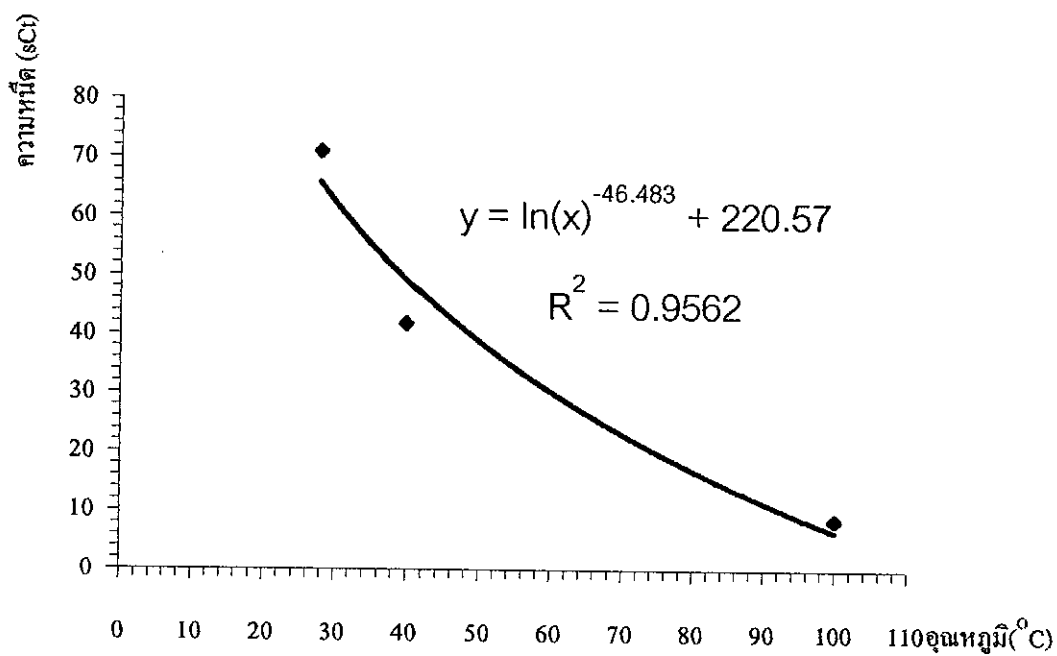
น้ำมันปาล์มมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำมันดีเซล เพราะฉะนั้นในอัตราส่วนที่มีน้ำมันปาล์มปริมาณมากกว่าน้ำมันดีเซลนั้น ค่าความหนาแน่นจะมากกว่าด้วย จะเห็นได้ว่าค่าความหนาแน่นนั้นจะเปลี่ยนไปตามอัตราส่วนที่ผสม โดยที่อัตราส่วนที่มีค่าของน้ำมันปาล์มมากค่าความหนาแน่นก็จะมีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันปาล์ม 100 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าน้ำมันดีเซลซึ่งสามารถคำนวณหาความหนาแน่นได้ในทุกอัตราส่วนการผสม

#### 4.2 ผลการทดลองค่าความหนืด

จากการทดลองหาความหนืดของน้ำมันทั้ง 4 ชนิด โดยใช้การวัดแบบ Flow viscometer โดยให้ของไหลไหลผ่านบริเวณที่เป็นคอคอดหรือหลอดแก้วรูปร่างเพียวซึ่งเลือดหลอดแก้วแบบ Canon-Fenske และเรียกอุปกรณ์วัดความหนืดแบบนี้ว่า Cannon-Fenske Rotire viscometer ทำการจับเวลาเมื่อของไหล ไหลผ่านบริเวณที่กำหนดหลอดแก้วจะมีค่าคงที่ (k) ของแต่ละหลอดเมื่อทราบเวลาที่ของไหล ไหลผ่านบริเวณที่กำหนดแล้ว จะสามารถคำนวณหาความหนืดเชิงจลน์ได้จากสมการ  $V = kt$  ซึ่งหลอดที่ใช้มีค่า  $k = 0.488 \text{ cSt/s}$

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าความหนืดของน้ำมันปาล์ม(ทดลองที่อุณหภูมิ 28°C,ความดัน 1 บรรยากาศ)

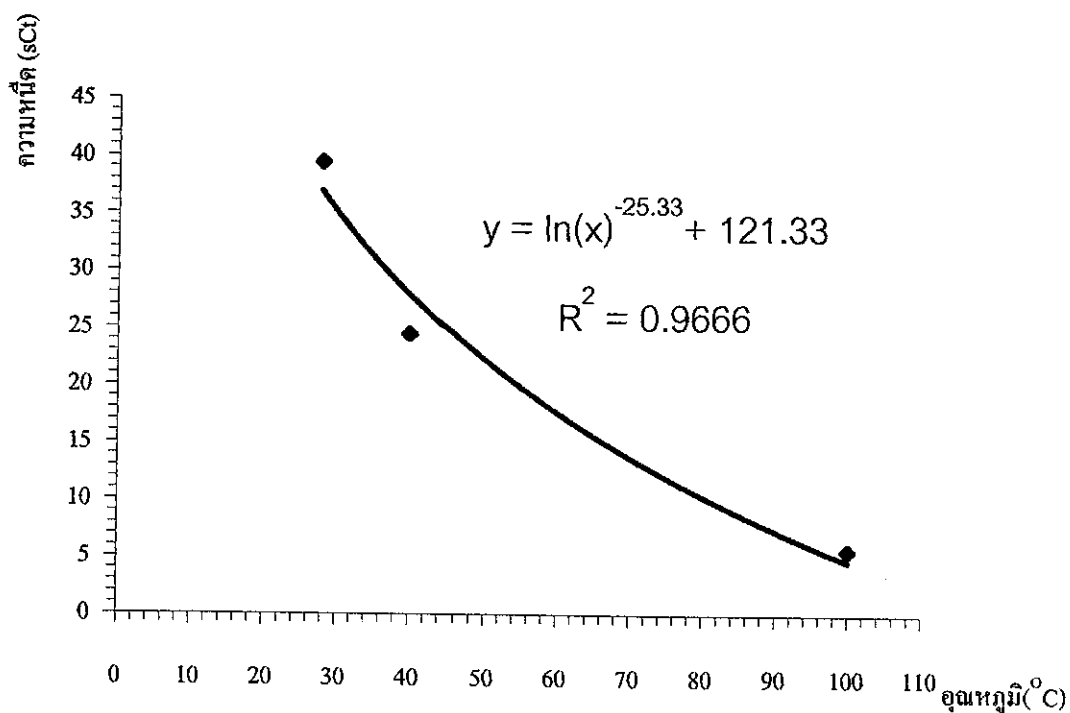
อุณหภูมิ ครั้งที่	อุณหภูมิ ห้อง (28°C)		อุณหภูมิ (40°C)		อุณหภูมิ (100°C)	
	เวลา (S)	ความหนืด เชิงจลน์ (sCt)	เวลา (S)	ความหนืด เชิงจลน์ (sCt)	เวลา (S)	ความหนืด เชิงจลน์ (sCt)
1	155.06	75.669	85.25	41.602	17.47	8.525
2	140.58	68.603	86.31	42.119	17.59	8.584
3	140.50	68.564	85.34	41.646	17.56	8.569
ความหนืดเฉลี่ย (sCt)	70.945		41.789		8.559	



กราฟที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืด กับอุณหภูมิของน้ำมันปาล์ม

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าความหนืดของน้ำมันมะพร้าว(ทดลองที่อุณหภูมิ 28°C,ความดัน 1 บรรยากาศ)

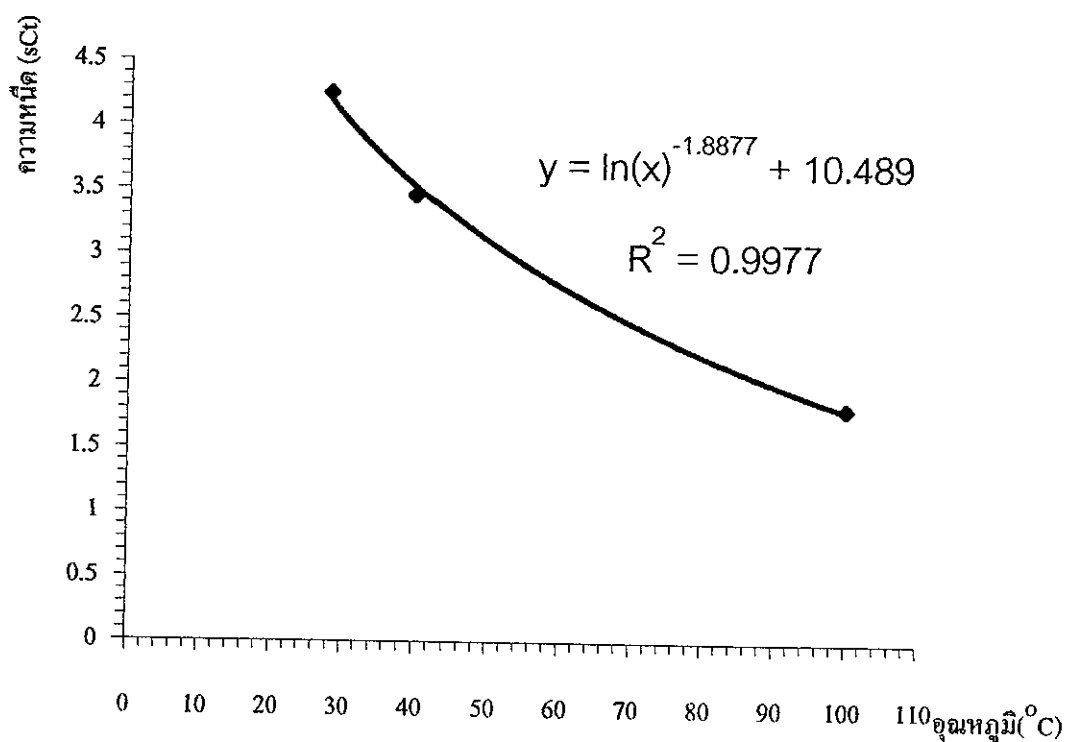
อุณหภูมิ ครั้งที่	อุณหภูมิ ห้อง (28°C)		อุณหภูมิ (40°C)		อุณหภูมิ (100°C)	
	เวลา (S)	ความหนืด เซ็งจลน์ (sCt)	เวลา (S)	ความหนืด เซ็งจลน์ (sCt)	เวลา (S)	ความหนืด เซ็งจลน์ (sCt)
1	80.78	39.421	50.34	24.566	11.57	5.646
2	81.25	39.650	49.94	24.371	11.56	5.641
3	80.32	39.196	49.94	24.371	11.65	5.685
ความหนืดเฉลี่ย (sCt)	39.422		24.436		5.657	



กราฟที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืด กับอุณหภูมิของน้ำมันมะพร้าว

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าความหนืดของน้ำมันดีเซล(ทดลองที่อุณหภูมิ 28°C,ความดัน 1 บรรยากาศ)

ครั้งที่ อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ห้อง (28°C)		อุณหภูมิ (40°C)		อุณหภูมิ (100°C)	
	เวลา (S)	ความหนืด เซ็งจลน์ (sCt)	เวลา (S)	ความหนืด เซ็งจลน์ (sCt)	เวลา (S)	ความหนืด เซ็งจลน์ (sCt)
1	8.59	4.192	7.09	3.460	3.66	1.786
2	8.78	4.285	7.10	3.464	3.72	1.815
3	8.74	4.265	7.08	3.459	3.78	1.845
ความหนืดเฉลี่ย (sCt)	4.247		3.46		1.815	



กราฟที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืด กับอุณหภูมิของน้ำมันดีเซล 100 ส่วน

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าความหนืดของน้ำมันก๊าด(ทดลองที่อุณหภูมิ 28°C,ความดัน 1 บรรยากาศ)

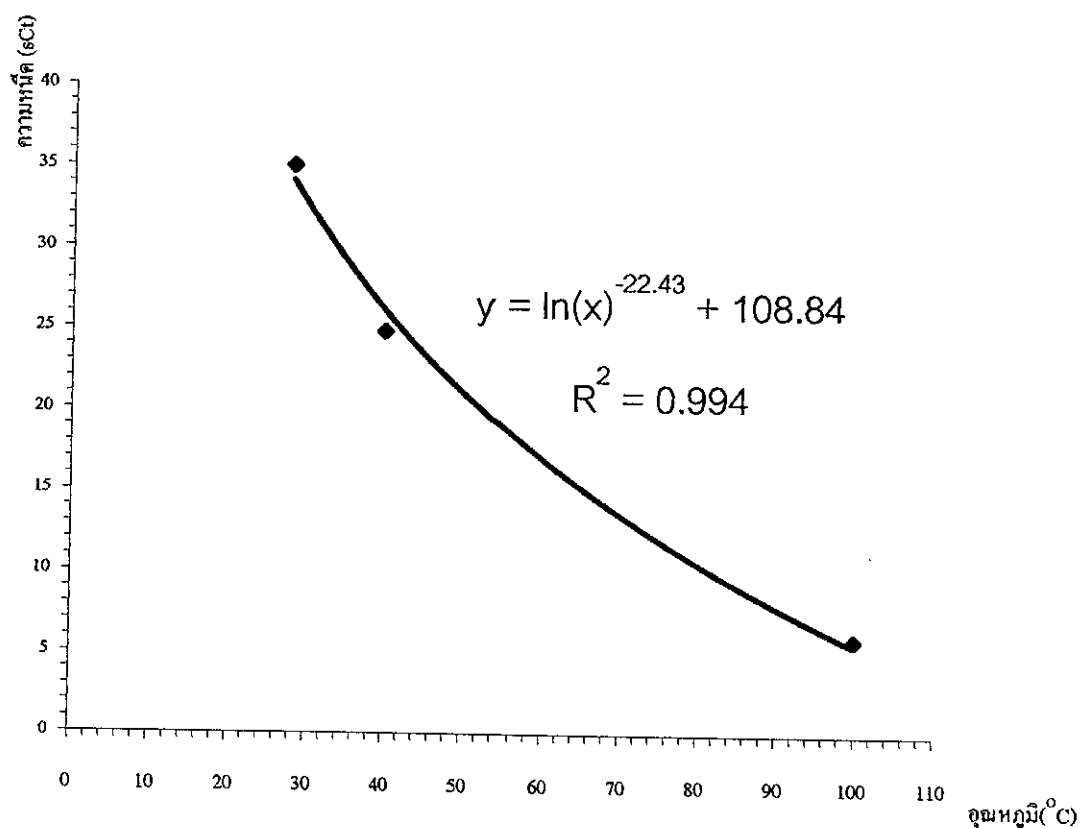
ครั้งที่	อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ห้อง (28°C)		อุณหภูมิ (40°C)	
		เวลา (S)	ความหนืด เซ็งจลน์ (sCt)	เวลา (S)	ความหนืด เซ็งจลน์ (sCt)
1		4.06	1.981	3.72	1.815
2		3.94	1.923	3.65	1.781
3		4.00	1.953	3.69	1.801
ความหนืดเฉลี่ย (sCt)		1.952		1.799	

หมายเหตุ : สาเหตุที่ไม่ได้ทำการทดสอบหาค่าความหนืดของน้ำมันก๊าด ที่ 100 C° เนื่องจากน้ำมันก๊าดมีความไวไฟต่ำ ซึ่งอาจเกิดการลุกติดไฟได้ ถ้าหากมีประกายไฟ ซึ่งอาจจะเป็นอันตรายและทำให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์การทดลองได้



ตารางที่ 4.13 แสดงค่าความหนืดน้ำมันดีเซล 20 ส่วน ต่อ น้ำมันปาล์ม 80 ส่วน (ทดลองที่ อุณหภูมิ 28°C, ความดัน 1 บรรยากาศ)

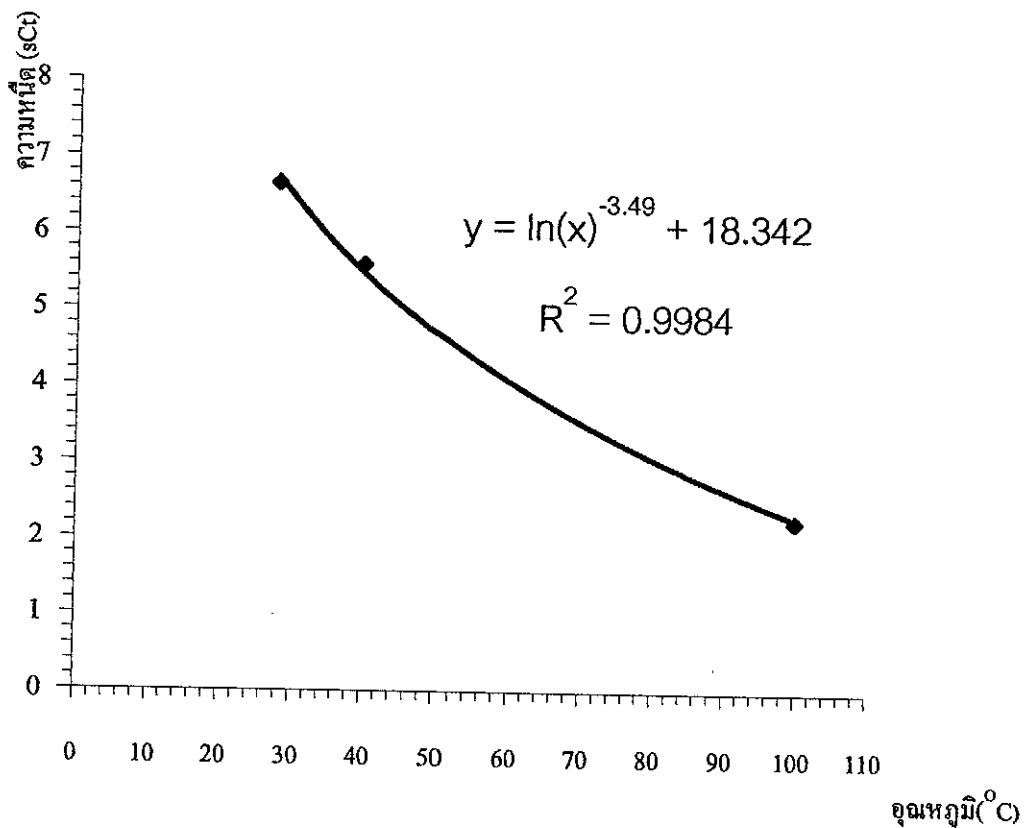
ครั้งที่	อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ห้อง (28°C)		อุณหภูมิ (40°C)		อุณหภูมิ (100°C)	
		เวลา (S)	ความหนืด	เวลา (S)	ความหนืด	เวลา (S)	ความหนืด
			เรจจลน์ (sCt)		เรจจลน์ (sCt)		เรจจลน์ (sCt)
1		72.41	35.336	50.89	24.839	12.04	5.876
2		71.89	35.082	50.84	24.812	12.12	5.915
3		70.95	34.624	50.93	24.857	12.10	5.905
ความหนืดเฉลี่ย (sCt)		35.014		24.836		5.898	



กราฟที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืด กับอุณหภูมิของน้ำมันดีเซล 20 ส่วน ต่อ น้ำมันปาล์ม 80 ส่วน

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าความหนืดของน้ำมันดีเซล 80 ส่วน ต่อน้ำมันปาล์ม 20 ส่วน (ทดลองที่ อุณหภูมิ 28°C, ความดัน 1 บรรยากาศ)

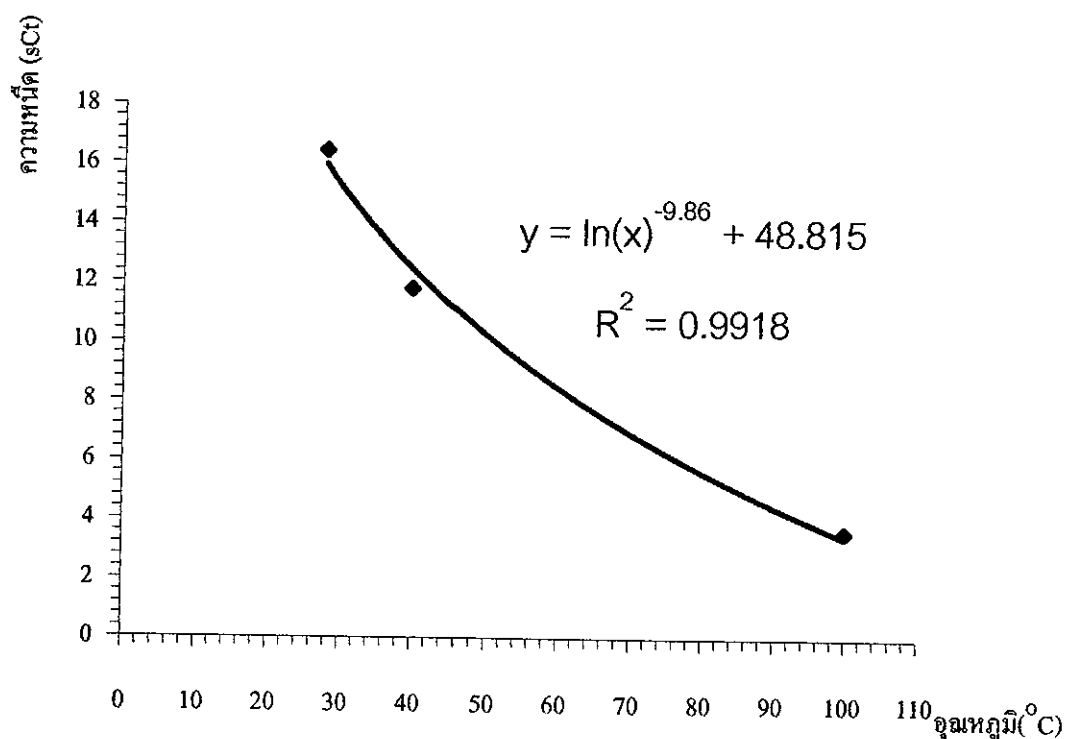
ครั้งที่	อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ห้อง (28°C)		อุณหภูมิ (40°C)		อุณหภูมิ (100°C)	
		เวลา (S)	ความหนืด	เวลา (S)	ความหนืด	เวลา (S)	ความหนืด
			เซ็งจลน์ (sCt)		เซ็งจลน์ (sCt)		เซ็งจลน์ (sCt)
1		13.53	6.603	11.41	5.568	4.62	2.255
2		13.55	6.612	11.41	5.568	4.64	2.264
3		13.77	6.72	11.47	5.597	4.57	2.23
ความหนืดเฉลี่ย (sCt)		6.645		5.578		2.25	



กราฟที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืด กับอุณหภูมิของน้ำมันดีเซล 80 ส่วน ต่อน้ำมันปาล์ม 20 ส่วน

ตารางที่ 4.15 แสดงค่าความหนืดของน้ำมันดีเซล 50 ส่วน ต่อ น้ำมันปาล์ม 50 ส่วน (ทดลองที่ อุณหภูมิ 28°C, ความดัน 1 บรรยากาศ)

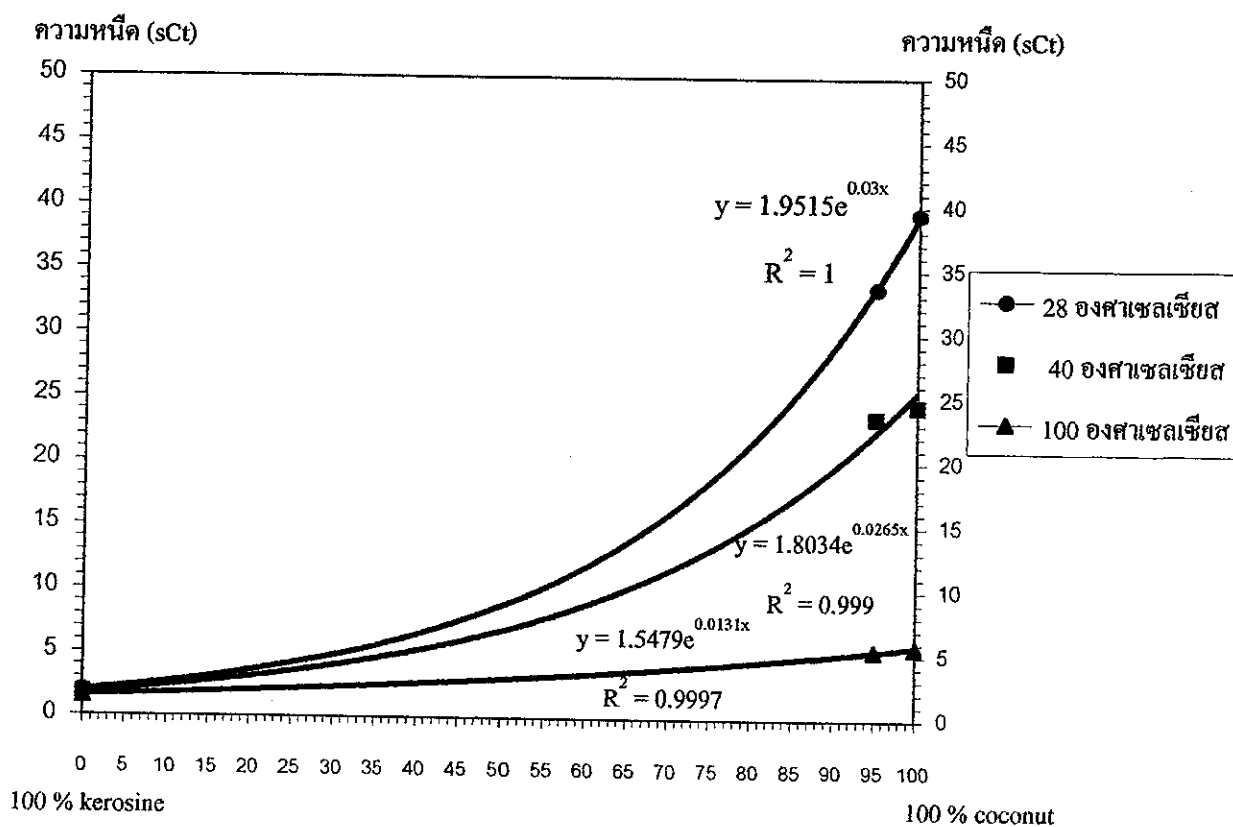
ครั้งที่	อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ห้อง (28°C)		อุณหภูมิ (40°C)		อุณหภูมิ (100°C)	
		เวลา (S)	ความหนืด เซจจลน์ (sCt)	เวลา (S)	ความหนืด เซจจลน์ (sCt)	เวลา (S)	ความหนืด เซจจลน์ (sCt)
1		33.77	16.478	24.35	11.883	7.32	3.572
2		33.62	16.407	23.99	11.707	7.37	3.597
3		33.67	16.431	24.14	11.78	7.44	3.631
ความหนืดเฉลี่ย (sCt)		16.439		11.79		3.60	



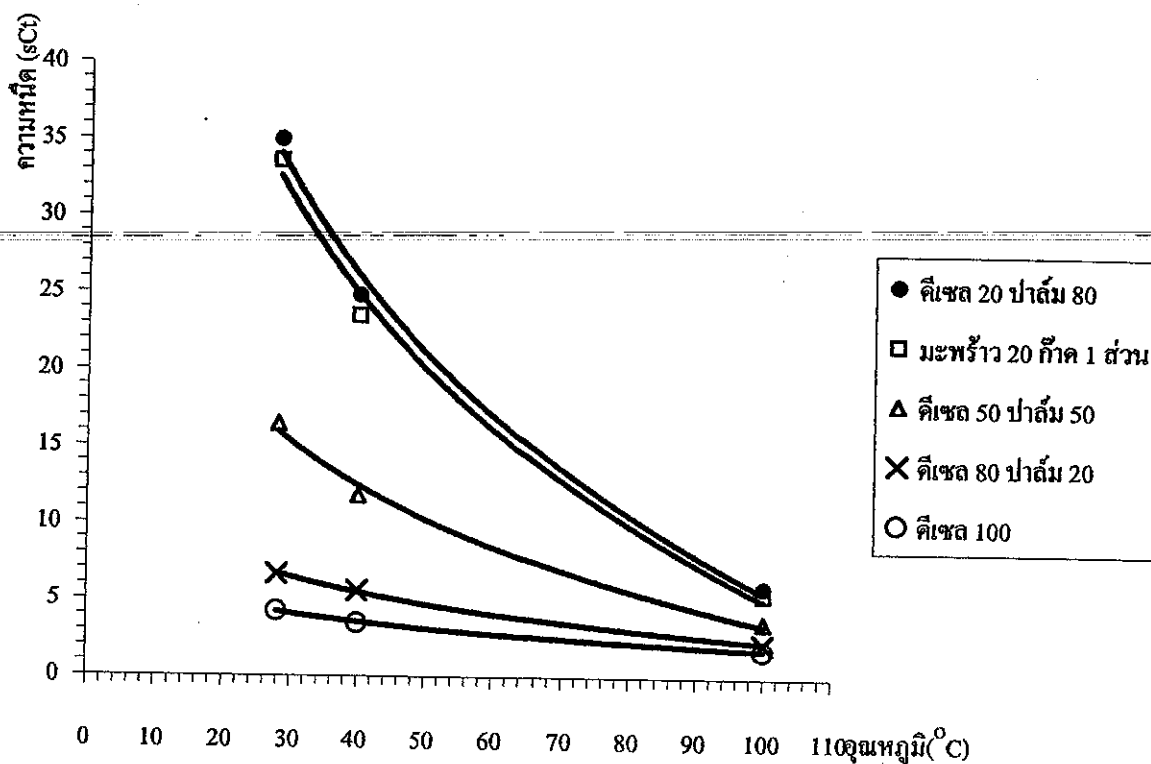
กราฟที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืด กับอุณหภูมิของน้ำมันดีเซล 50 ส่วน ต่อ น้ำมันปาล์ม 50 ส่วน

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าความหนืดของน้ำมันมะพร้าว 20 ส่วน ต่อ น้ำมันก๊าด 1 ส่วน (ทดลองที่ อุณหภูมิ 28°C, ความดัน 1 บรรยากาศ)

ครั้งที่	อุณหภูมิ	อุณหภูมิ ห้อง (28°C)		อุณหภูมิ (40°C)		อุณหภูมิ (100°C)	
		เวลา (S)	ความหนืด เชิงจลน์ (sCt)	เวลา (S)	ความหนืด เชิงจลน์ (sCt)	เวลา (S)	ความหนืด เชิงจลน์ (sCt)
1		69.88	34.101	48.27	23.556	11.17	5.451
2		68.76	33.555	48.23	23.536	11.12	5.427
3		67.97	33.169	48.17	23.507	11.13	5.431
ความหนืดเฉลี่ย (sCt)		33.609		23.533		5.436	



กราฟที่ 4.9 แสดงค่าความหนืดที่ 28°C, 40°C และ 100°C เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำมันก๊าดกับน้ำมันมะพร้าว



กราฟที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดกับอุณหภูมิที่ 28°C, 40°C และ 100 °C ของน้ำมันผสมแบบต่างๆ

#### วิเคราะห์ผลการทดลองค่าความหนืด

จากผลการทดลองค่าความหนืดของน้ำมันที่ยังไม่ได้ทำการผสม พบว่า น้ำมันปาล์ม จะมีค่าความหนืดสูงที่สุด รองลงมาคือ น้ำมันมะพร้าว น้ำมันดีเซล และน้ำมันก๊าด ตามลำดับ ส่วนค่าความหนืดของน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อทำการผสมในแต่ละอัตราส่วนแล้ว จะได้ว่าน้ำมันปาล์ม 80:น้ำมันดีเซล 20 มีค่าความหนืดมากที่สุด รองลงมาคือ น้ำมันมะพร้าว 20 : น้ำมันก๊าด 1, น้ำมันปาล์ม 50: น้ำมันดีเซล 50, น้ำมันปาล์ม 20 : น้ำมันดีเซล 80 ตามลำดับ จากกราฟค่าความหนืดเชิงจลน์กับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงของน้ำมันผสมแต่ละชนิดและน้ำมันดีเซลนั้น พบว่าในน้ำมันทุกอัตราส่วน ค่าความหนืดจะเปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง โดยเมื่ออุณหภูมิของน้ำมันแต่ละชนิดเพิ่มมากขึ้น ค่าความหนืดจะมีค่าลดลง เนื่องจากความหนืด คือ ความสามารถในการยึดติดหรือเกาะติดของอณูของของไหลจึงทำให้เกิดแรงต้านเมื่ออณูของของไหลเพิ่มขึ้นแรงยึดติดกันระหว่างอณูจะลดลงจึงทำให้ความหนืดลดลงด้วย

### 4.3 ผลการทดลองการวัดค่าความร้อนจากการเผาไหม้

ได้ทำการทดลองโดยนำสารตัวอย่างมาเผาโดยใช้กระแสไฟฟ้า ซึ่งเผาภายใน Oxygen combustion bomb โดยเครื่องจะปรับอุณหภูมิภายใน และภายนอกให้เท่ากัน เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนออกภายนอก bomb โดยจะวัดค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นหลังจากการเผาไหม้ซึ่งจะส่งผ่าน ความร้อนให้น้ำ ซึ่งหาค่าความร้อน ( $H_c$ ) ได้จาก

$$H_c = \frac{WT - (\text{ค่าความร้อนของฟิวส์} \times \text{ความยาวของฟิวส์ที่เหลือ})}{m}$$

โดยค่าความร้อนของ fuse = 2.3 cal/cm

$W$  = ค่าความจุความร้อนของบอมบ์แคลอรีมิเตอร์

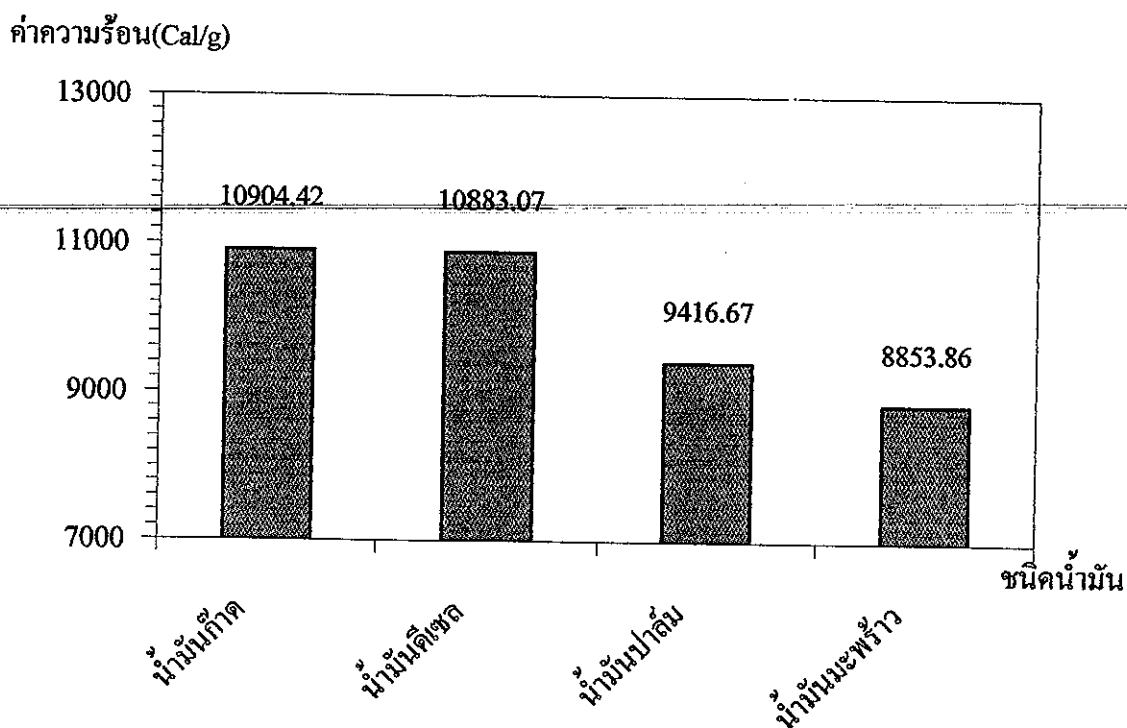
$T$  = อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

$m$  = มวลของสารตัวอย่าง

$$\therefore \text{สรุปสูตร } H_c = \frac{2372.5(T) - (2.3 \times \text{fuse})}{m}$$

ตารางที่ 4.17 สรุปคุณสมบัติน้ำมันชนิดต่างๆ (ทดลองที่อุณหภูมิ 28°C, ความดัน 1 บรรยากาศ)

	น้ำมันก๊าด	น้ำมันดีเซล	น้ำมันปาล์ม	น้ำมันมะพร้าว
มวลสาร (g)	0.5831	0.502	0.6162	0.5825
Fuse ที่ใช้ (cm)	5.8	9.9	9.05	11.6
อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (°C)	2.686	2.31235	2.45433	2.18505
ค่าความร้อน $H_c$ (Cal/g)	10,904.42	10,883.07	9416.67	8853.86



กราฟที่ 4.11 แสดงค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงก่อนผสมชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าจากผลการทดลองค่าความร้อน (ทดลองที่อุณหภูมิ 28°C, ความดัน 1 บรรยากาศ)

	ดีเซล : ปาล์ม 80 : 20	ดีเซล : ปาล์ม 50 : 50	ดีเซล : ปาล์ม 20 : 80	มะพร้าว : กัด 20 : 1
มวลสาร (g)	0.5005	0.5009	0.5073	0.5057
Fuse ที่ใช้ (cm)	8.3	9.5	9.8	11.3
อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (°C)	2.26040	2.13738	2.05215	1.90595
ค่าความร้อน $H_c$ (Cal/g)	10,676.79	10,080.07	9,552.94	8,890.44

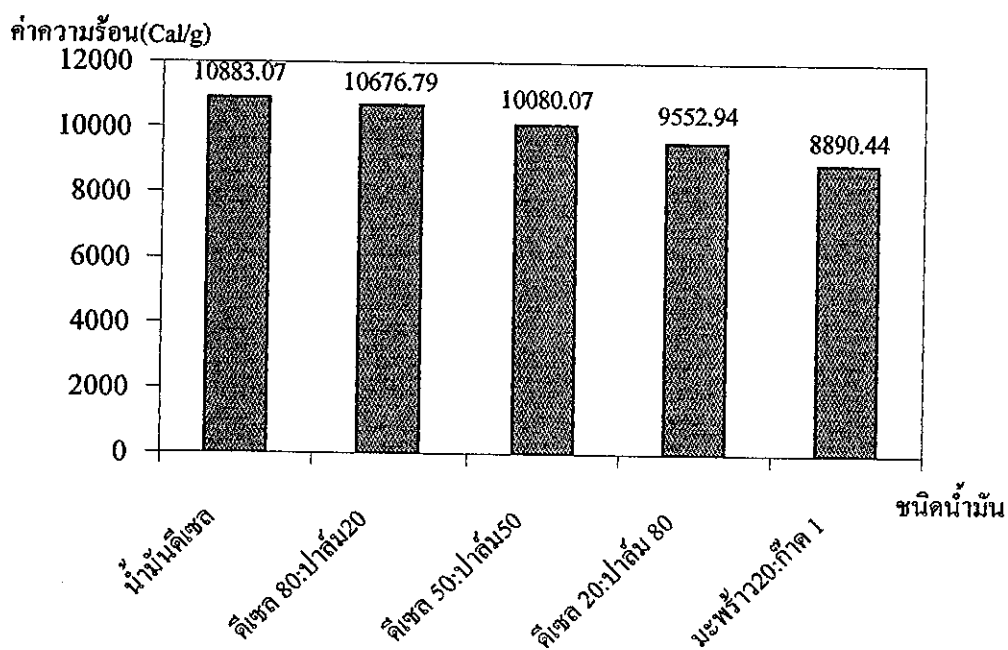
### วิเคราะห์ผลการทดลองค่าความร้อนจากการเผาไหม้

จากผลการทดลองการหาค่าความร้อนของน้ำมันที่ยังไม่ทำการผสมจะทราบค่าความร้อนซึ่งเรียงลำดับจากมากไปน้อยคือ

- น้ำมันก๊าด
- น้ำมันดีเซล
- น้ำมันปาล์ม
- น้ำมันมะพร้าว

ในส่วนของน้ำมันที่ทำการผสมในแต่ละอัตราส่วนแล้วนั้นจะทราบถึงค่าความร้อนซึ่งเรียงลำดับจากมากไปน้อยคือ

- น้ำมันดีเซล 80 : น้ำมันปาล์ม 20
- น้ำมันดีเซล 50 : น้ำมันปาล์ม 50
- น้ำมันดีเซล 20 : น้ำมันปาล์ม 80
- น้ำมันมะพร้าว 20 : น้ำมันก๊าด 1



กราฟที่ 4.12 แสดงค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ



จากผลการทดลองค่าความร้อน จะทราบได้ว่าเมื่ออัตราส่วนผสม โดยปริมาตรเปลี่ยนไปค่าความร้อนก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามอัตราส่วนที่ทำการผสม โดยน้ำมันดีเซลมีค่าความร้อนมากกว่าน้ำมันปาล์ม เมื่อมีอัตราส่วนการผสมของน้ำมันดีเซลมากกว่าน้ำมันปาล์มแล้ว ค่าความร้อนก็มีค่าใกล้เคียงน้ำมันดีเซลตามไปด้วย โดยน้ำมันมะพร้าวก็เช่นกัน ซึ่งแม้ว่าค่าความร้อนของน้ำมันมะพร้าวจะมีค่าน้อยกว่าน้ำมันก๊าด แต่เมื่อผสมกันแล้วค่าความร้อนจะมีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันมะพร้าวเนื่องจาก อัตราส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าวมีมากกว่าน้ำมันก๊าด คือ 20 : 1