หัวข้อวิทยานิพนธ์	จลนศาสตร์ปฏิกิริยาทรานส์เมทิเลชันของน้ำมันปาล์มในเครื่องปฏิกรณ์ต่อเนื่อง
หน่วยกิต	12
ผู้เขียน	นายสุริยา พันธ์โกศล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. ดร.คณิต กฤษณังกูร
	ดร.เก้ากันยา สุดประเสริฐ
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีพลังงาน
สายวิชา	เทคโนโลยีพลังงาน
คณะ	พลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
พ.ศ.	2555

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษา การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เมทิเลชันของน้ำมันปาล์ม โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในเครื่องปฏิกรณ์ต่อเนื่องแบบท่อปริมาตร 15.5 มิลลิลิตร ที่อัตราการไหล 0.5 มิลลิลิตรต่อนาที ทำการศึกษาที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเท่ากับ 3:1, 6:1, 9:1, 12:1 และ 15:1 ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 0.1, 0.25, 0.5, 1 และ 2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรเมทานอล อุณหภูมิ 30, 40, 45, 50 และ 60 องศาเซลเซียส ผลิตผลของปฏิกิริยาวิเคราะห์ผลด้วยวิธีไฮเพอร์ฟอร์มานซ์ลิควิดโครมาโตกราฟี

งานวิจัยนี้แบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วน ในส่วนแรกเป็นการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตไบโอดีเซล จากการศึกษาพบว่าไบโอดีเซลเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิ ความเข้มข้นตัวเร่งปฏิกิริยาและสัดส่วนโดยโมลเมทา-นอลต่อน้ำมันปาล์มเพิ่มขึ้นโดยช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 40 ถึง 50 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรเมทานอล โมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มเท่ากับ 6:1 ถึง 9:1 เป็นช่วงที่น้ำมันปาล์มเปลี่ยนเป็นไบโอดีเซลมากกว่าร้อยละ 90 ส่วนที่สองเป็นการศึกษาจลนศาสตร์ปฏิกิริยาทรานส์เมทิเลชันพบว่าอันดับการเกิดปฏิกิริยาเป็นปฏิกิริยาอันดับ 1 กับไตรกลีเซอไรด์และพบว่าความสัมพันธ์ของค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยา (k) กับสัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันปาล์ม (M_R) มีความสัมพันธ์ในลักษณะเอ็กโพเนนเชียล ($k = Ae^{BM_R}$) เมื่อ A และ B คือค่าคงที่

คำสำคัญ : เครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่อง/จลนศาสตร์/ทรานส์เมทิเลชัน/ไบโอดีเซล

Thesis Title	Kinetics of Transmethylation of Palm Oil in a Continuous Reactor
Thesis Credits	12
Candidate	Mr. Suriya Phankosol
Thesis Advisors	Assoc. Prof. Dr. Kanit Krisnangkura Dr. Kaokanya Sudaprasert
Program	Master of Engineering
Field of Study	Energy Technology
Department	Energy Technology
Faculty	School of Energy, Environment and Materials
B.E.	2555

Abstract

Transmethylation of pure palm oil with NaOH as the catalyst was carried out in a 15.5 milliliters multiport tubular reactor with the volumetric flow rate of 0.5 mL/min. The operation variables were methanol to palm oil molar ratio 3:1, 6:1, 9:1, 12:1 and 15:1, catalyst concentration 0.1, 0.25, 0.5, 1 and 2% weight by volume of methanol and temperature of reaction (30 to 60^{o}C). The product of reaction analyze by high performance liquid chromatography.

The experiments were divided into two sections, effect of parameters (temperature, catalyst concentration and molar ratio of methanol to palm oil, M_R) and the kinetic reaction.

It was found that the reaction rate constant (k) increases with increasing temperature, catalyst concentration and molar ratio of methanol to oil. The optimum conditions for biodiesel production were; temperature 40-50^{o}C, catalyst concentration 1% weight by volume of methanol and molar ratio of methanol to palm oil 6:1 to 9:1. When kinetic data were collected at the initial times and assumed at the irreversible stage, all data were well fit to first order in triglyceride. The k and M_R can be correlated as exponential ($k = Ae^{BM_R}$), where A and B are constants.

Keywords: Biodiesel/Continuous Reactor/Kinetic/Transmethylation

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี โดยได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก รศ. ดร.ธนิต คูสำราญ ประธานกรรมการ รศ. ดร.คณิต กฤษณังกูร กรรมการและที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.เก้ากันยา สุดประเสริฐ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผศ. ดร.รัตนชัย ไพรินทร์ กรรมการ และ ผศ. ดร.กรณ์กนก อายุสุข กรรมการ ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และตรวจแก้ไขในการดำเนินการจัดทำวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งและถือเป็นพระคุณอย่างยิ่ง ขอขอบคุณคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยีที่อนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการและอุปกรณ์ในการทำวิจัย ขอขอบคุณครอบครัว ที่คอยให้กำลังใจและเป็นแรงผลักดันให้ผู้วิจัยทำงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

คุณค่าและประโยชน์จากการค้นคว้าอันพึงมีของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบทดแทนบุญคุณค่าต่อ บิดา มารดา และ ผศ. ดร.พนารัตน์ รัตนพานี ที่ประสาทวิชาความรู้ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ค
กิตติกรรมประกาศ		ง
สารบัญ		จ
รายการตาราง		ฌ
รายการรูปประกอบ		ณ
ประมวลศัพท์และคำย่อ		ฐ
บทที่		
1. บทนำ		**1**
1.1	ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2	วัตถุประสงค์งานวิจัย	1
1.3	ประโยชน์และผลที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	1
1.4	ขอบเขตงานวิจัย	2
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง		**3**
2.1	ความหมายของไบโอดีเซล	3
2.2	เทคโนโลยีผลิตไบโอดีเซล	3
2.2.1	การใช้โดยตรงและการผสม	3
2.2.2	ไมโครอิมัลชัน (Microemulsion)	4
2.2.3	กระบวนการแตกสลายด้วยความร้อน (Pyrolysis)	4
2.2.4	การทำปฏิกิริยากับเมทานอลในสภาวะเหนือวิกฤต	5
2.2.5	ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification)	5
2.3	ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification)	5
2.3.1	ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน	6
2.3.2	กลไกลของปฏิกิริยาทรานส์เอส	7
2.3.3	ชนิดตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน	7

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
2.3.3.1	ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบส (Base Catalyst)	8
2.3.3.2	ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรด (Acid Catalyst)	9
2.3.3.3	เอนไซม์ไลเปส (Lipase)	9
2.3.3.4	ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธ์ (Heterogeneous Catalyst)	9
2.3.4	แอลกอฮอล์ที่ใช้ในกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน	10
2.3.4.1	เมทิลแอลกอฮอล์ (Methyl Alcohol)	10
2.3.4.2	เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl Alcohol)	11
2.3.5	ไขมันและน้ำมัน	12
2.4	ปัจจัยตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อปฏิกิริยา	14
2.4.1	อุณหภูมิ	14
2.4.2	เวลา	15
2.4.3	ชนิดและความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยา	16
2.4.4	อัตราส่วนโมลระหว่างแอลกอฮอล์กับไตรกลีเซอไรด์	17
2.4.5	กรดไขมันอิสระ	18
2.4.6	ความชื้น	19
2.4.7	ความรุนแรงในการผสม	20
2.5	แบบจำลองอันดับการเกิดปฏิกิริยาในเครื่องปฏิกรณ์ต่อเนื่องแบบท่อ	20
2.5.1	เครื่องปฏิกรณ์แบบท่อ (Plug Flow Reactor, PFR)	21
2.5.2.1	ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (1^{st} Order Reaction)	22
2.5.2.2	ปฏิกิริยาอันดับสอง (2^{nd} Order Reaction)	23
2.6	การวิเคราะห์องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ไบโอดีเซลด้วยเทคนิคไฮเพอร์ฟอร์มานซ์ลิควิดโครมาโตกราฟี (High Performance Liquid Chromatography, *HPLC*)	24
2.7	การวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำมันปาล์มด้วยแก๊สโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography, *GC*)	25

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
3.	**การดำเนินการวิจัย**	**27**
3.1	วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี	27
3.1.1	วัสดุ	27
3.1.2	อุปกรณ์	27
3.1.3	สารเคมี	28
3.2	วิธีการทดลอง	28
3.2.1	การออกแบบกระบวนการผลิตไบโอดีเซลในเครื่องปฏิกรณ์ต่อเนื่องแบบท่อ	29
3.2.2	ศึกษาผลกระทบของตัวแปรที่มีผล	30
3.2.2.1	ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิ	30
3.2.2.2	ศึกษาผลกระทบของอัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมันปาล์ม	30
3.2.2.3	ศึกษาผลกระทบของความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ในเมทานอล	31
3.2.2.4	การวิเคราะห์หาปริมาณไตรกลีเซอไรด์ วิธีไฮเพอร์ฟอร์มานซ์ลิควิดโครมาโตกราฟี	32
3.2.2.5	การวิเคราะห์กรอไขมันของเมทิลเอสเทอร์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี	32
3.2.3	การหาอันดับการเกิดปฏิกิริยาและค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยาของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์ม	33
3.3	การวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันเมทิลเอสเทอร์	34
3.3.1	ค่าสะปอนิฟิเคชัน (Saponification Number, *SN*)	34
3.3.2	การคำนวณหาค่าไอโอดีน (Iodine Value, *IV*)	35
3.3.3	วิเคราะห์ค่าซีเทน (Cetane Index, *CI*)	35
3.3.4	วิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อนในกระบวนการสันดาป (Heat of Combustion, *HG*)	35
4.	**ผลการทดลอง**	**36**
4.1	ผลการวิเคราะห์น้ำมันปาล์มที่ใช้เป็นวัตถุดิบ	36
4.2	อิทธิพลของเวลาในการทำปฏิกิริยา	38
4.3	อิทธิพลของอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา	39
4.4	อิทธิพลของสัดส่วนโมลเมทานอลกับน้ำมันปาล์ม	41
4.5	อิทธิพลของตัวเร่งปฏิกิริยา	44
4.6	อันดับของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน	48
4.7	ผลกระทบของอุณหภูมิต่อค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยาอันดับ 1	52

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
4.8	ค่าพลังงานกระตุ้น	53
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ปฏิกิริยากับสัดส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมัน	55
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ		**58**
5.1	สรุปผลการทดลอง	58
5.2	ข้อเสนอแนะ	58
อ้างอิง		**59**
ภาคผนวก		**64**
ก.	ตัวอย่างการคำนวณมวลโมเลกุลน้ำมันปาล์ม	65
ข.	คำนวณปริมาณสาร	66
ค.	ตัวอย่างโครมาโตแกรมได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องโครมาโตกราฟฟีของเหลวสมรรถนะภาพสูง	68
ง.	ผลการทดลอง	70
จ.	คำนวณหาอันดับและค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยา และค่าพลังงานก่อกัมมันต์	76
ฉ.	ตัวอย่างการคำนวณคุณสมบัติทางกายภาพไบโอดีเซล	90
ประวัติผู้วิจัย		**94**

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันพืช	13
3.1	ปริมาตรของแอลกอฮอล์และน้ำมันปาล์มที่ใช้ในอัตราส่วนต่างๆ	31
3.2	ปริมาณร้อยละความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ในเมทานอล	31
4.1	องค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันปาล์มและคุณสมบัติเชิงเชื้อเพลิงที่คำนวณได้	37
4.2	เปรียบเทียบค่า R^2 ที่ได้จากการหาอันดับของปฏิกิริยา	51
4.3	ค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยาที่ปริมาณตัวเร่งร้อยละ 1 กรัมต่อปริมาตรเมทานอล และสัดส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 15:1	53
4.4	ค่าพลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง	54
ก.1	องค์ประกอบของกรดไขมันเมทิลเอสเทอร์	65
ข.1	อัตราการป้อนน้ำมันปาล์มและเมทานอล ที่อัตราการไหล 0.5 มิลลิลิตร	67
ง.1	ผลการทดลอง	73
จ.1	ผลการทดลองที่สัดส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมัน15:1 อุณหภูมิ 40°C ตัวเร่งปฏิกิริยา 1%	79
จ.2	ผลการคำนวณเพื่อหาวาดกราฟหาค่าคงที่ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง	79
จ.3	ผลการคำนวณเพื่อหาวาดกราฟหาค่าคงที่ปฏิกิริยาอันดับสอง	80
จ.4	ค่าคงที่ปฏิกิริยา	84
จ.5	ค่าพลังงานก่อกัมมันต์	89
ฉ.1	ผลการคำนวณค่าไอโอดีน	92
ฉ.2	ผลการคำนวณค่าสะปอนิฟิเคชัน	93
ฉ.3	ผลการคำนวณค่าความหนืด	95

รายการรูปประกอบ

รูป		หน้า
2.1	กระบวนการแตกสลายทางความร้อน	4
2.2	ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันระหว่างไตรกลีเซอไรด์กับแอลกอฮอล์	5
2.3	ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน	6
2.4	ขั้นตอนย่อยของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน	6
2.5	กลไกลการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันแบบใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา	7
2.6	ปฏิกิริยาเคมีในการเตรียมสารอัลคอกซี	8
2.7	โครงสร้างโมเลกุลของโซเดียมไฮดรอกไซด์	10
2.8	โครงสร้างโมเลกุลของเมทานอล	11
2.9	โครงสร้างโมเลกุลของเอทานอล	12
2.10	ปฏิกิริยาการเกิดไตรกลีเซอไรด์ (กลีเซอโรไลซิส)	12
2.11	น้ำมันปาล์ม	14
2.12	ปฏิกิริยาการเกิดสบู่	18
2.13	เครื่องปฏิกรณ์แบบท่อ	21
3.1	ขั้นตอนการดำเนินงาน	28
3.2	เครื่องปฏิกรณ์ต่อเนื่องแบบท่อ	29
3.3	แผนผังจำลองกระบวนการผลิตไบโอดีเซลในเครื่องปฏิกรณ์ต่อเนื่องแบบท่อ	29
4.1	โครมาโตแกรมน้ำมันปาล์ม วิเคราะห์ด้วย *HPLC* โดยใช้คอลัมน์ Phenogel ต่อกับเครื่องตรวจวัดชนิด Evaporative Light Scattering Detector (*ELSD*) และใช้วัฏภาคเคลื่อนที่คือ ไอโซออกเทน 65%, โทลูอีน 35% และกรดอะซิติก 0.15% อัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิ 30°C ที่ความดันแก๊สไนโตรเจน 2 bar	36
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับเปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ที่ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 2 (น้ำหนักต่อปริมาตรเมทานอล) ที่สัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 15:1 ที่อุณหภูมิ 30, 40, 45, 50 และ 60°C	38
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ที่สัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 15:1, 12:1, 9:1, 6:1 และ 3:1ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 2.0 (ก), 1.0 (ข), 0.5 (ค) และ 0.1 (ง) (น้ำหนักต่อปริมาตรเมทานอล)	39

รูป (ต่อ) **หน้า**

4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนโมลเมทานอลต่อโมลน้ำมันกับเปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ ที่อุณหภูมิขอปฏิกิริยา 30, 40, 45, 50 และ 60°C ที่ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 2 (ก), 1 (ข), 0.5 (ค) และ 0.1 (ง) (น้ำหนักต่อปริมาตรเมทานอล) 42

4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยากับเปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ ที่อุณหภูมิของปฏิกิริยา 30, 40, 45, 50 และ 60°C ที่สัดส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 15:1 (ก), 12:1 (ข), 9:1 (ค), 6:1 (ง) และ 3:1 (จ) 45

4.6 กลไกปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเกชัน 49

4.7 ผลการคำนวณค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยาแบบปฏิกิริยาอันดับ 1 (ก) และปฏิกิริยาอันดับ 2 (ข) ที่อุณหภูมิทำปฏิกิริยา 40°C, ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 1 (น้ำหนักต่อปริมาตรเมทานอล), สัดส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 15:1 50

4.8 เปรียบเทียบค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยาแบบปฏิกิริยาอันดับ 1 และปฏิกิริยาอันดับ 2 กับผลการทดลอง ที่อุณหภูมิทำปฏิกิริยา 40°C, ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 1 (น้ำหนักต่อปริมาตรเมทานอล), สัดส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 15:1 52

4.9 Arrhenius plot ระหว่างค่า ln$k$ กับค่าอุณหภูมิสมบูรณ์ 1/T ของปฏิกิริยาแบบปฏิกิริยาอันดับ 1 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 1 (น้ำหนักต่อปริมาตรเมทานอล), สัดส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 15:1 53

4.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง M_R (สัดส่วนโมลเมทานอล) ต่อ ln$k$ ที่อุณหภูมิขอปฏิกิริยา 30, 40, 45, 50 และ 60°C ตามลำดับ ที่ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 2, 1, 0.5 และ 0.25 (น้ำหนักต่อปริมาตรเมทานอล) 55

ค.1 มาโตแกรมที่สัดส่วนโดยโมล (เมทานอล: น้ำมันปาล์ม) 6:1, ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อย 2 (น้ำหนักต่อปริมาตรเมทานอล) อุณหภูมิ 60°C และเวลา 1 นาที 71

จ.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลา (t) กับ ln[1/(1-x)] 80

จ.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลา (t) กับ $x/[C_{TG,0}(1-x)]$ 81

จ.3 เปรียบเทียบค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยาแบบปฏิกิริยาอันดับ 1 และปฏิกิริยาอันดับ 2 กับผลการทดลอง ที่อุณหภูมิทำปฏิกิริยา 40°C, ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 1 (น้ำหนักต่อปริมาตรเมทานอล), สัดส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 15:1 82

รูป (ต่อ) **หน้า**

จ.4 กราฟหาค่าพลังงานก่อกัมมันต์ (*Ea*) ของปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 1 (น้ำหนักต่อปริมาตรเมทานอล), สัดส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 15:1 83

ประมวลศัพท์และคำย่อ

T	=	Absolute Temperature (K)
Ea	=	Activation Energy
CI	=	Cetane Index
C	=	Concentration
x	=	Conversion Fraction
^{o}C	=	Degree of Celsius
DG	=	Diglyceride
FFA	=	Free Fatty Acid
GC	=	Gas Chromatography
GL	=	Glycerol
g/ml	=	Gram per Milliliter
g/mol	=	Gram per Mole
HG	=	Heat Gross of Combustion
$HPLC$	=	High Performance Liquid Chromatography
IV	=	Iodine Value
$MeOH$	=	Methanol
M_R	=	Methanol per Oil Molar Rratio
mm	=	Millimeter
ml/min	=	Milliliter per Minutes
F	=	Molar Flow Rate
MG	=	Monoglyceride
KOH	=	Potassium Hydroxide
r	=	Rate of Reaction
k	=	Reaction rate Constant
τ	=	Reaction Time
SN	=	Saponification Nnumber
$NaOH$	=	Sodium Hydroxide
TG	=	Triglyceride