

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการย่อยที่ 3 เรื่อง

การปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันสบู่ดำดิบ

QUALITY IMPROVEMENT OF RAW CURCAS OIL

ชุดโครงการวิจัย เรื่อง

การใช้สบู่ดำเพื่อเป็นเชื้อเพลิงทดแทน

A USE OF CURCAS SEED AND CURCAS OIL AS ALTERNATIVE
FUELS

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สีนสุภา จ้อยจตุลเจิม หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิชัย อัมภมมงคล ผู้ร่วมโครงการ

พฤษภาคม 2551

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการย่อยที่ 3 เรื่อง

การปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันสบู่ดำดิบ

QUALITY IMPROVEMENT OF RAW CURCAS OIL

ชุดโครงการวิจัย เรื่อง

การใช้สบู่ดำเพื่อเป็นเชื้อเพลิงทดแทน

A USE OF CURCAS SEED AND CURCAS OIL AS ALTERNATIVE
FUELS

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สนิศุภา จุ้ยจตุลเจิม หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิชัย อัมมมงคล ผู้ร่วมโครงการ

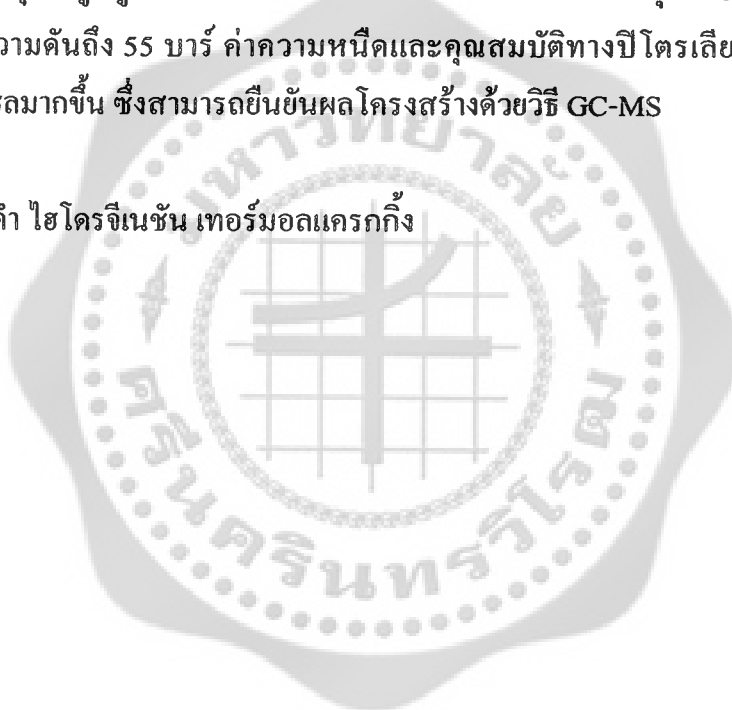
พฤษภาคม 2551

การปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันสนุ่นดำดิบ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการปรับปรุงคุณสมบัติน้ำมันจากเมล็ดสนุ่นดำดิบ โดยใช้กระบวนการให้ความร้อนร่วมกับความดัน หรือกระบวนการเทอร์มอลแครกกิ่ง การใช้อุณหภูมิคั่ว น้ำมันในช่วง 200 ถึง 450 องศาเซลเซียสที่ความดัน 30 และ 55 บาร์ ทำให้คุณสมบัติของน้ำมันเปลี่ยนแปลง เมื่อทำการทดสอบคุณสมบัติของน้ำมันปิโตรเลียม (ความหนืด จุดวาบไฟ จุดเทไหล ค่ากรดไขมันอิสระ และค่าความร้อนจากการเผาไหม้) ตามมาตรฐาน ASTM และวิเคราะห์ปริมาณ และคุณภาพด้วยเครื่องวิเคราะห์ด้วยวิธีแก๊สโครมาโทกราฟีแมสสเปกโตรเมทรี พบว่าน้ำมันที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพที่อุณหภูมิสูงภายใต้ความดันบรรยากาศจะมีความหนืด จุดวาบไฟ จุดไหลเทเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มความดันถึง 55 บาร์ ค่าความหนืดและคุณสมบัติทางปิโตรเลียมจะลดลงจนใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมากขึ้น ซึ่งสามารถยืนยันผลโครงสร้างด้วยวิธี GC-MS

คำสำคัญ : น้ำมันสนุ่นดำ ไฮโดรจีเนชัน เทอร์มอลแครกกิ่ง



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูป	จ
บทที่ 1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหา	1
วัตถุประสงค์	2
ระเบียบวิธีวิจัย	3
ขอบเขต	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎี สมมติฐาน	4
การเปลี่ยนแปลงทางเคมีหรือการเปลี่ยนแปลงรูป	5
การเปลี่ยนแปลงทางเคมีหรือการเปลี่ยนแปลงรูปโดยการไพโรไลซิส	6
ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
บทที่ 3 วิธีการทดลอง	10
สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	10
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	10
ขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพน้ำมัน โดยใช้ความร้อนและความดัน	11
บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง	12
4.1 น้ำมันสบู่ดำ: ลักษณะทางกายภาพของน้ำมันสบู่ดำก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพ	12
4.2 การทดสอบหาค่าความหนืด	12
4.3 การทดสอบหาค่าปริมาณกรดไขมันอิสระ	15
4.4 การทดสอบหาจุดวาบไฟ จุดติดไฟ และจุดไหลเท	16
4.5 การทดสอบหาค่าความร้อนเชื้อเพลิง	20
4.6 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณ โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีแมสสเปกโตรเมทรี(GC/MS)	21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	24
คุณสมบัติค่าความหนืด (Kinematic Viscosity)	24
คุณสมบัติจุดวาบไฟ และจุดไหลเท (Flash point and Pour point)	24
คุณสมบัติกรดไขมันอิสระ	25
เครื่องวิเคราะห์หาค่าความร้อนเชื้อเพลิง โดยใช้เครื่อง Bomb Calorimeter	25
การวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณ โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี - แมสสเปกโตรเมทรี (GC/MS)	25
เอกสารอ้างอิง (Reference) ของโครงการวิจัย	26



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1. เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมันจากสบู่ดำและน้ำมัน ดีเซล	1
2.1. องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันจากสบู่ดำ	4
4.1. ตารางเปรียบเทียบสารที่พบ และเปอร์เซ็นต์ที่พบในน้ำมันสบู่ดำดิบ	22



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1. Pathway of decomposition of Vegetable oil by pyrolysis	6
3.1. เครื่องปรับปรุงคุณภาพน้ำมัน โดยใช้ความร้อนและความดัน	10
4.1. น้ำมันสบู่ดำที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ความดัน 30 บาร์ และ 55 บาร์ เทียบกับน้ำมันสบู่ดำดิบ (ก) น้ำมันสบู่ดำดิบที่ผ่านการกรอง (ข) ใช้ความดัน 30 บาร์ (ค) ใช้ความดัน 55 บาร์	12
4.2. ความหนืดของน้ำมันสบู่ดำผ่านเทอร์มอลแครกกิ้งที่อุณหภูมิต่างๆ ณ ความดันบรรยากาศ	13
4.3. ความหนืดของน้ำมันสบู่ดำผ่านเทอร์มอลแครกกิ้งที่อุณหภูมิต่างๆ ณ ความดัน 30 บาร์	13
4.3. ความหนืดของน้ำมันสบู่ดำผ่านเทอร์มอลแครกกิ้งที่อุณหภูมิต่างๆ ณ ความดัน 55 บาร์	14
4.4. ความหนืดของน้ำมันสบู่ดำผ่านเทอร์มอลแครกกิ้งที่ความดันต่างๆ ณ อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส	14
4.5. แสดงปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันสบู่ดำผ่านเทอร์มอลแครกกิ้งที่อุณหภูมิต่างๆ ณ ความดัน 55 บาร์	15
4.6. แสดงปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันสบู่ดำผ่านเทอร์มอลแครกกิ้งที่ความดันต่างๆ ณ อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส	16
4.7. จุดวาบไฟของน้ำมันสบู่ดำผ่านเทอร์มอลแครกกิ้งที่อุณหภูมิต่างๆ ณ ความดันบรรยากาศ	17
4.8. จุดวาบไฟของน้ำมันสบู่ดำผ่านเทอร์มอลแครกกิ้งที่อุณหภูมิต่างๆ ณ ความดัน 30 บาร์	17
4.9. จุดติดไฟของน้ำมันสบู่ดำผ่านเทอร์มอลแครกกิ้งที่อุณหภูมิต่างๆ ณ ความดันบรรยากาศ	18
4.10. จุดติดไฟของน้ำมันสบู่ดำผ่านเทอร์มอลแครกกิ้งที่อุณหภูมิต่างๆ ณ ความดัน 55 บาร์	18
4.11. จุดเทไหลของน้ำมันสบู่ดำผ่านเทอร์มอลแครกกิ้งที่อุณหภูมิต่างๆ ณ ความดันบรรยากาศ	19
4.12. จุดเทไหลของน้ำมันสบู่ดำผ่านเทอร์มอลแครกกิ้งที่อุณหภูมิต่างๆ ณ ความดัน 55 บาร์	19

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.13. ความร้อนเชื้อเพลิงของน้ำมันสบู่อัดผ่านเทอร์โมสแตทที่อุณหภูมิต่างๆ ณ ความดันบรรยากาศ	20
4.14. ความร้อนเชื้อเพลิงของน้ำมันสบู่อัดผ่านเทอร์โมสแตทที่อุณหภูมิต่างๆ ณ ความดัน 55 บาร์	21



บทที่ 1

ความสำคัญ และที่มาของปัญหา

ราคาน้ำมันและก๊าซธรรมชาติในตลาดโลกสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วง 1 ปีที่ผ่านมา เนื่องจากปริมาณน้ำมันสำรองมีขนาดลดลง ความวุ่นวายของประเทศที่ผลิตน้ำมัน นักวิจัยจึงมีการศึกษาหาพลังงานทดแทน เช่น พลังงานลม นิวเคลียร์ และจากชีวภาพ พลังงานจากชีวภาพได้รับความสนใจเนื่องจากผลิตได้จากวัตถุดิบทางการเกษตรซึ่งสามารถปลูกทดแทนได้ตลอดเวลา เป็นพลังงานที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยและสามารถปรับปรุงมาใช้แทนน้ำมันที่ใช้ในยานพาหนะได้ง่าย โดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลงเครื่องยนต์มาก (www.bangjak.or.th) น้ำมันที่ได้รับความนิยมอยู่ขณะนี้ คือน้ำมันจากเมล็ดสบู่ดำ

สบู่ดำเป็นไม้พุ่มมีอายุอยู่ได้ถึง 20 ปี สามารถได้น้ำมันจากผลสบู่ดำซึ่งจะให้ผลเมื่อปลูกต้นไม่เกิน 8 เดือน สามารถได้น้ำมันจากผลสบู่ดำได้ 2 วิธี คือการสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ และการบีบอัดเอาน้ำมันน้ำมันสบู่ดำมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ดังแสดงในตารางที่ 1

ตาราง 1.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมันจากสบู่ดำและน้ำมันดีเซล

คุณสมบัติ	น้ำมันจากเมล็ดสบู่ดำ	น้ำมันดีเซล
ความหนืด (cp) (30 °C)	52.6	3.60
ค่าความถ่วงจำเพาะ (15 °C/4 °C)	0.917/ 0.923	0.841 / 0.85
จุดไหลเท (°C)	2.0	0.14
ค่าซีเทน	51.0	47.8,59
จุดวาบไฟ (°C)	110 /340	80
ปริมาณคาร์บอนที่เหลือ (%)	0.64	< 0.05 . < 0.15
จุดเดือด (°C)	284 . 295	< 350 . < 370
ปริมาณซัลเฟอร์ (%)	0.13 . 0.16	< 1.0 . 1.2
ค่าความเป็นกรด	1.0. 38.2	--
ค่าสปอนนิฟิเคชัน	188 . 198	--
ค่าไอโอดีน	90.8 . 112.5	--
ค่าการหักเหของแสง (30°C)	1.47	--

จากตาราง 1 พบว่าคุณสมบัติของน้ำมันสบู่ดำในการเป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซล เช่น ค่าซีเทน ค่าจุดวาบไฟ มีค่าใกล้เคียงกัน และมีรายงานว่าสามารถใช้น้ำมันสบู่ดำในรถยนต์โดยไม่ต้องปรับแต่งเครื่องยนต์ แต่ปัญหาที่พบคือน้ำมันสบู่ดำมีความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลประมาณ 20 เท่า จึงควรมีการปรับสภาพน้ำมันก่อนนำไปใช้งาน

สาเหตุที่น้ำมันจากสบู่ดำมีความหนืดสูงเกิดจากองค์ประกอบของกรดไขมันที่มีอยู่ในน้ำมัน (Akintayo et al., 2004) เช่นเดียวกับน้ำมันปาล์ม น้ำมันจากสบู่ดำประกอบด้วยกรดปาล์มมิติก โอลอิก และลิโนเลอิก ซึ่งกรดสองตัวหลังมีพันธะคู่ก่อให้เกิดเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว และมีโอกาสรวมตัวทำให้เกิดเป็นไขได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้การที่มีกรดไขมันที่มีองค์ประกอบของคาร์บอนหลายอะตอม (16-18 อะตอม) จะทำให้การเผาไหม้เกิดไม่สมบูรณ์ส่งผลให้มีปริมาณคาร์บอนที่เหลือ (carbon residual) สูงกว่าน้ำมันดีเซล

ด้วยเหตุนี้จึงมีข้อจำกัดการใช้ น้ำมันสบู่ดำโดยแนะนำว่าถ้าใช้น้ำมันสบู่ดำดิบจะต้องผสมกับน้ำมันดีเซลได้ไม่เกินร้อยละ 20 หรือต้องใช้กระบวนการทางเคมี เช่นการเติมแอนติออกซิเดนต์ หรือการทำไฮโดรจีเนชันก่อนการนำไปใช้งาน

โครงการนี้นำเสนอกระบวนการลดความหนืดของน้ำมันจากสบู่ดำโดยวิธีทางกายภาพเพื่อใช้ทดแทนหรือเสริมน้ำมันดีเซลสำหรับเครื่องจักรหรือรถยนต์ เมื่อความหนืดของน้ำมันลดลงจะส่งผลต่อการเผาไหม้ที่ดีและลดปริมาณคาร์บอนที่เหลือด้วย นอกจากนี้จะมีการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันเมื่อใช้น้ำมันสบู่ดำปรับปรุงผสมกับน้ำมันดีเซลที่อัตราส่วนต่างๆ กัน เพื่อหาอัตราส่วนผสมน้ำมันสบู่ดำที่มากที่สุดที่จะใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษากระบวนการที่ทำให้ความหนืดของน้ำมันสบู่ดำลดลง เช่นการใช้ความร้อน การให้ความร้อนร่วมกับความดัน
2. เพื่อให้เข้าใจปรากฏการณ์การไฮโดรจีเนชันของน้ำมัน เมื่อใช้ความร้อน
3. เพื่อติดตามหาผลของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อสภาวะที่ดีที่สุดในการลดความหนืดของน้ำมัน
4. เพื่อหาอัตราส่วนผสมน้ำมันสบู่ดำกับดีเซลที่ดีที่สุดที่จะใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล

ระเบียบวิธีวิจัย

1. ทำการทดลองเพื่อหาองค์ประกอบทางเคมี และคุณภาพของน้ำมันสบู่ดำสายพันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทยจากจังหวัด เชียงใหม่
2. ทำการทดลองหากระบวนการลดความหนืดของน้ำมันสบู่ดำ
3. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการลดความหนืด เช่น อุณหภูมิที่ใช้ ความดัน
4. นำน้ำมันสบู่ดำที่ปรับปรุงแล้วผสมกับน้ำมันดีเซลที่อัตราส่วนต่าง ๆ กันและทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมัน

ขอบเขต

น้ำมันจากสบู่ดำที่ใช้ในการทดลองจะบิบบัดมาจากผลสบู่ดำที่ได้จากจังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้เครื่องบิบบัดที่มีอยู่ในภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ น้ำมันที่ได้จะนำมาหาองค์ประกอบทางเคมี คือชนิดและปริมาณกรดไขมัน และคุณสมบัติทางกายภาพในแง่เชื้อเพลิง เช่น ค่าความหนืด ค่าความร้อนเชื้อเพลิง จุดวาบไฟ จุดไหลเท

น้ำมันจากสบู่ดำที่ได้จะนำมาผ่านกระบวนการเพื่อลดความหนืด โดยทดลองใช้ความร้อน จากนั้นทดสอบคุณสมบัติของน้ำมันอีกครั้ง และมีการนำน้ำมันสบู่ดำที่ปรับปรุงคุณภาพแล้วผสมกับน้ำมันดีเซลที่อัตราส่วนต่าง ๆ กันเพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

โครงการนี้จะเป็นประโยชน์ต่อประเทศ เนื่องจากจะสามารถลดการนำเข้าเชื้อเพลิงและสารเพิ่มคุณภาพน้ำมัน (additive) ได้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับประเทศไทยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้น้ำมันจากสบู่ดำ ซึ่งจะเป็นพืชเศรษฐกิจตัวใหม่ของประเทศ

บทที่ 2

ทฤษฎี สมมติฐาน

การลดความหนืดของน้ำมันจากสบู่ดำสามารถทำได้ตั้งแต่ก่อนการบีบอัดเอาน้ำมันออกมา โดยมีการรายงานว่าการนำผลสบู่ดำไปอบในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ หรือการนำไปนึ่งไอน้ำจะทำให้การบีบอัดน้ำมันได้ง่ายขึ้น รวมทั้งจะได้น้ำมันที่มีความหนืดต่ำลง ทั้งนี้เป็นเพราะเป็นการเร่งให้เอนไซม์ในผลสบู่ดำทำงานได้เร็วขึ้น แต่ถ้าเป็นการนึ่งด้วยไอน้ำจะเป็นการเปลี่ยนรูปของกรดไขมันให้อยู่ในรูปอิ่มตัวได้มากขึ้น

เมื่อบีบอัดผลสบู่ดำจนได้น้ำมันแล้ว น้ำมันที่ได้จะมีองค์ประกอบทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันจากสบู่ดำ

ITEM	VALUE
Acid value	38.2
Saponification value	195.0
Iodine value	101.7
Viscosity (31°C) "Fatty acid"	40.4
Palmitic acid %	4.2
Stearic acid %	6.9
Oleic acid %	43.1
Linoleic acid %	34.3
Other acids %	1.4

ที่มา: www.jatropha.de/Egypt

กรดไขมันอิสระที่สำคัญ 4 ชนิดในน้ำมันสบู่ดำ คือ ปาล์มมิตติค สเตียริก โอลีอิก และ ไลโนเลอิก ทั้งนี้ ปริมาณกรดไขมันอิสระดังกล่าวอาจแตกต่างกันบ้างเล็กน้อยขึ้นอยู่กับแหล่งที่ปลูก กรดปาล์มมิตติค และ กรดสเตียริก เป็นกรดไขมันอิ่มตัว ทำให้จุดไหลเทของน้ำมันสูง ในขณะที่ กรดโอลีอิก และไลโนเลอิกเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งจะลดค่าการไหลเทของน้ำมันได้ ในส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัว จะเกิดปฏิกิริยาได้ง่าย และสามารถทำให้เป็นกรดไขมันอิ่มตัวได้ด้วยปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชัน ซึ่งใช้ไฮโดรเจนและความร้อน

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีหรือการเปลี่ยนแปลงรูป

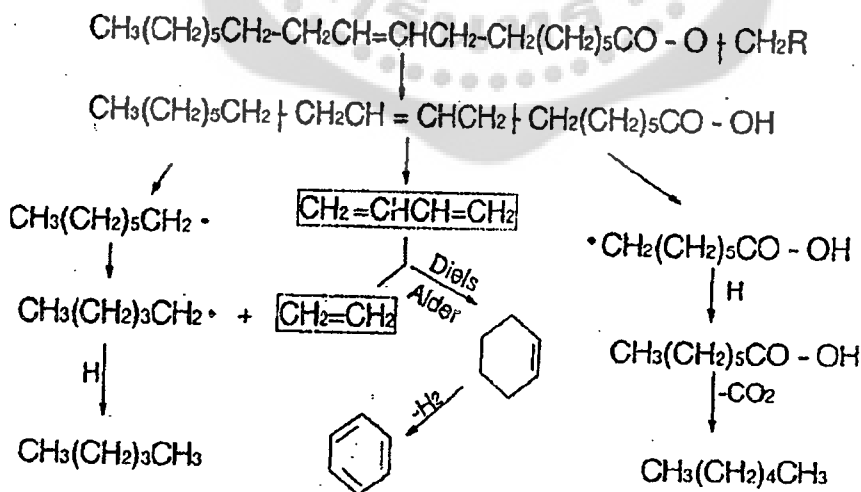
การเกิดปฏิกิริยาที่ทำให้ไขมันเปลี่ยนคุณสมบัติและขนาดของโมเลกุลมีหลายประเภท ซึ่งประกอบด้วย

- Cracking (Pyrolysis) เป็นการทำให้ไฮโดรคาร์บอน โมเลกุลใหญ่ แยกออกเป็นไฮโดรคาร์บอน โมเลกุลเล็ก มีด้วยกัน 2 วิธี คือ Thermal Cracking และ Catalytic Cracking ผลผลิตที่ได้จะเป็นทั้งไฮโดรคาร์บอน โมเลกุลเล็กที่อิ่มตัว และไม่อิ่มตัวปนกันอยู่
- Reforming เป็นการเปลี่ยนรูปน้ำมันเบนซินที่ได้จากการกลั่น โดยตรงภายใต้สภาวะที่เหมาะสม เพื่อที่จะปรับปรุงความสามารถในการจุดไฟให้ดีขึ้น ขบวนการนี้เป็นทั้งการทำให้ไฮโดรคาร์บอน โมเลกุลใหญ่ๆ แยกออกเป็นโมเลกุลเล็กๆ และการรวม โมเลกุลเล็กๆ ขึ้นเป็นโมเลกุลใหญ่ปานกลางอีก และขั้นสุดท้ายก็เป็นการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลผลิตที่ได้ เช่น เปลี่ยนจากพา-แรฟฟินธรรมดาไปเป็น ไอโซพาแรฟฟิน หรือเป็นพวกละเอียดที่เป็นวงแหวน
- Polymerization เป็นการรวมเอาไฮโดรคาร์บอน โมเลกุลที่ไม่อิ่มตัวของสารประกอบตัวเดียวกัน หรือคนละตัวเข้าด้วยกัน เพื่อให้เกิดเป็นไฮโดรคาร์บอน โมเลกุลใหญ่เพียง โมเลกุลเดียว ซึ่งเรียกว่าเป็น โพลีเมอร์
- Isomerization เป็นการจัดรูปโครงสร้างของไฮโดรคาร์บอน โมเลกุลใหญ่เปลี่ยนจาก โซ่ตรงเป็น โซ่กิ่ง เช่น จากบิวเทนไปเป็น ไอโซบิวเทน
- Hydrogenation เป็นการเติมไฮโดรเจนเข้าไปในที่ว่าง หรือส่วนที่เป็นบอนด์คู่ (Double Bond) ของไฮโดรคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัวจนกลายเป็นไฮโดรคาร์บอนที่อิ่มตัว เช่น จากเอทิลีนไปเป็น อีเทน
- Alkylation เป็นการตั้งไฮโดรคาร์บอนที่เป็น โซ่ตรง และ โซ่กิ่งให้เข้าไปรวมอยู่ในพวก อโรมาติกไฮโดรคาร์บอน หรือไฮโดรคาร์บอนแบบโซ่กิ่ง

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีหรือการเปลี่ยนแปลงรูปโดยการไพโรไลซิส

ไพโรไลซิส (Pyrolysis) เป็นกระบวนการที่ใช้เปลี่ยนสารชนิดหนึ่งไปเป็นอีกชนิดหนึ่ง โดยใช้ความร้อน หรือความร้อนร่วมกับตัวเร่งปฏิกิริยา ในกระบวนการนี้จะให้ความร้อนโดยไม่มีอากาศหรือแก๊สออกซิเจน และจะเกิดการแตกสลายของพันธะเคมีของสารทำให้เกิดสารเคมีที่มีขนาดโมเลกุลเล็กลง เคมีของการไพโรไลซิส (Pyrolytic chemistry) จะยุ่งยากในการพิจารณากลไกของปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นเพราะว่าทิศทางปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นแตกต่างกัน รวมทั้งผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาก็แตกต่างกันด้วย วัตถุประสงค์ที่ใช้ในกระบวนการไพโรไลซิสสามารถใช้พวกน้ำมันพืช ไขมันสัตว์ กรดไขมันอิสระ และเมททิลเอสเทอร์ของกรดไขมันอิสระ กระบวนการไพโรไลซิสของไขมันถูกทำการทดลองเมื่อ 100 ปีมาแล้ว โดยเฉพาะในช่วงที่โลกเกิดวิกฤติการณ์การขาดแคลนน้ำมันปิโตรเลียม การไพโรไลซิสน้ำมันพืชเพื่อที่จะสังเคราะห์น้ำมันปิโตรเลียมจากน้ำมันพืช เริ่มขึ้นในปี 1947 โดยทำการไพโรไลซิสน้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันดอกทานตะวัน ซึ่งพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จะประกอบด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประมาณ 73-77 ชนิด

ปฏิกิริยา Catalytic cracking ของ copra และ palm oil ที่อุณหภูมิ 450°C โดยใช้ $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อผลิต biofuel ได้มีการศึกษาทดลอง นอกจากนี้การไพโรไลซิส น้ำมัน Rapeseed เพื่อผลิตเมทิลเอสเทอร์ใน tubular reactor ที่อุณหภูมิ 500-850°C และในบรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน จากการศึกษาทั้งหมดสามารถสรุปกลไกของปฏิกิริยาการสลายตัวของน้ำมันพืช ของเหลวที่ได้จากการสลายตัวด้วยความร้อนของการไพโรไลซิสน้ำมันพืชจะมีคุณสมบัติใกล้เคียงน้ำมันดีเซล



รูป 2.1 Pathway of decomposition of Vegetable oil by pyrolysis

ไพโรไลซิสน้ำมันถั่วเหลืองจะได้ผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยคาร์บอน 79% และไฮโดรเจน 11.88% ของเหลวที่ได้มีค่าความหนืดต่ำและมีค่าเลขซีเทนสูง เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันพืช ค่าเลขซีเทนของของเหลวที่ได้จากการไพโรไลซิสน้ำมันถั่วเหลืองจะเพิ่มขึ้นเป็น 43 จาก 38 และความหนืดลดลงเป็น 10.2 เซนติสโตรก จาก 32 เซนติสโตรกเมื่อวัดที่ 38 องศาเซลเซียส

สบู่ดำจะเป็นพืชพลังงานชนิดหนึ่งที่สามารถให้น้ำมันเพื่อนำไปใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลได้ แต่ปัญหาคือเรื่องของความหนืดของน้ำมันที่จะทำให้เครื่องยนต์ติดยาก ซึ่งน้ำมันสบู่ดำจะมีความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลประมาณ 12-13 เท่า ดังนั้นการศึกษาวิจัยเพื่อการลดความหนืดของน้ำมันสบู่ดำจึงมีความจำเป็น และวิธีการไพโรไลซิสก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถลดความหนืดของน้ำมันสบู่ดำให้ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลได้ ดังนั้นจึงต้องศึกษาการใช้เทคนิคการไพโรไลซิสเมลต์ สบู่ดำและวิเคราะห์ผลผลิตที่ได้จากการไพโรไลซิสด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรสโคปี (GC/MS) เพื่อหาชนิดและปริมาณของสารเคมีที่เกิดขึ้น

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Maher และ Bressler (2007) ได้รวบรวมบทความที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการไพโรไลซิส โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 อย่าง คือการแตกโมเลกุลโดยใช้ความร้อนเพียงอย่างเดียว และการแตกโมเลกุลโดยใช้ความร้อนและตัวเร่งปฏิกิริยา แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1) กระบวนการแตกโมเลกุลโดยใช้ความร้อนเพียงอย่างเดียว โดย **Egloff** และคณะ ได้ศึกษานำน้ำมันจากเมล็ดพืช และไขมันอิมตัวจากสัตว์ มาให้ความร้อนในการแตกสลายโมเลกุล การทดลองนี้ได้นำน้ำมันจากฝ้าย และไขมันจากขนแมว น้ำออลาสกา มาให้อุณหภูมิที่ 445-485 องศาเซลเซียส ความดัน 0.93-1.3 เมกกะปาสกาล จากการทดลองพบว่า ได้ผลิตภัณฑ์ออกมาเป็นไฮโดรคาร์บอน 57-60 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงของแก๊สโซลีน

2) กระบวนการแตกโมเลกุลโดยใช้ความร้อน และตัวเร่งปฏิกิริยา มี 4 กลุ่ม ดังนี้

2.1) การใช้แอกทิฟอลูมินาเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดย **Konar** และคณะได้ศึกษาการใช้ความร้อนคู่กับตัวเร่งปฏิกิริยาในกลุ่มแอกทิฟอลูมินา ซึ่งได้แก่ แมกนีเซียมออกไซด์, ซิลิกอนไดออกไซด์, ไดอลูมิเนียมไตรออกไซด์ การทดลองได้นำ น้ำมันจากพืช, ไตรโนลีน (ส่วนประกอบย่อยที่อยู่ในโครงสร้างของไตรกลีเซอไรด์), ไตรลอลีน ($C_{39}H_{74}O_6$) และน้ำมันมะพร้าว มาผ่านกระบวนการไพโรไลซิสโดยใช้แอกทิฟอลูมินาเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศ จากการศึกษาพบว่า ได้ผลิตภัณฑ์ออกมาเป็น แอลเคน ไซ่ตรง แอลคีน ไซ่ตรง ในสัดส่วน 65-79 เปอร์เซ็นต์

2.2) การใช้โมเลกุลขนาดเล็กเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดย **Campbell** ได้ศึกษาตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นผลึกได้แก่สารประกอบซิลิกอนเตรตะออกไซด์ และ อลูมิเนียมเตรตะออกไซด์ ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีโครงสร้างผลึกรูปร่างตาข่าย 3 มิติ มีออกซิเจนอะตอมอยู่ในสารประกอบ มาเติมลงใน

น้ำมัน ซึ่งไอออนบวกมีผลต่อปฏิกิริยา มีผลทำให้เกิดการแตกโครงสร้าง ขนาดของโครงสร้างเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับ การแตกตัวของโมเลกุล และการเกิดปฏิกิริยาของผลิตภัณฑ์ตามที่ต้องการ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าเมื่อพิจารณาการแตกตัวของไฮโดรคาร์บอนแล้วสิ่งสำคัญของตัวเร่งปฏิกิริยา ซีโอไลด์ คือ ZSM-5 สังเคราะห์จากโครงสร้างผลึกห้าเหลี่ยมประกอบเป็นชั้นๆ จากซิลิกา-อะลูมินา ต่อกันด้วยอะตอมออกซิเจนจากการศึกษาพบว่าได้โมเลกุลขนาดเล็กและรูปร่างที่แน่นอน

2.3) การใช้โลหะทรานซิชันเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดย **Rocha Filho** และคณะ ได้ศึกษาตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นโลหะทรานซิชัน โดยใช้ นิกเกิลโมลิบดีนัมในตัวทำละลายไดอะลูมิเนียมไดออกไซด์ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยามาทดสอบกับน้ำมันถั่วเหลือง ตอนเริ่มปฏิกิริยาประกอบด้วยน้ำมันถั่วเหลือง 65.3-76.8 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก คาร์บอนที่ได้จะอยู่ในช่วง C11-C18 ปฏิกิริยาป้อนเข้าถึงปฏิกรณ์แบบกะที่อุณหภูมิ 350-450 องศาเซลเซียส และความดันระหว่าง 7-14 เมกกะปาสคาล จะให้องค์ประกอบที่ประกอบด้วย แอลเคนเมื่อเปลี่ยนไปทดลองกับน้ำมันพืชชนิดอื่นก็จะได้องค์ประกอบที่มีแอลเคนเหมือนกัน

2.4) การใช้โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดย **Dandik** และ **Aksoy** ได้ศึกษาการเปรียบเทียบการให้ความร้อนน้ำมันเมล็ดทานตะวัน โดยใช้โซเดียมคาร์บอเนต, ซิลิกา-อะลูมินา และ HZSM-5 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จากการศึกษพบว่าได้ค่าคอนเวอร์ชันสูงถึง 73.17 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก เมื่อใช้โซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะได้ผลิตภัณฑ์ในสถานะของเหลวมาก และผลิตภัณฑ์ที่ได้จะอยู่ในช่วงแก๊สโซลีน

ศิริรัตน์ จิตการคำ (2548) ได้ศึกษาการแปรรูปยางรถยนต์ไปเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง โดยอาศัยกระบวนการพิจิแอล ซึ่งประกอบไปด้วย 3 กระบวนการหลักคือ กระบวนการไพโรไลซิส กระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน และกระบวนการลิกวิดเฟรกชัน กระบวนการทั้ง 3 มีความเหมือนกันคือ เป็นการให้ความร้อนแก่สารใดสารหนึ่ง เพื่อย่อยสลายโมเลกุลของสารนั้นให้มีขนาดเล็กลงในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจน หรือมีออกซิเจนน้อย จากการศึกษพบว่ากระบวนการการไพโรไลซิสจะให้ก๊าซ 10-30 เปอร์เซ็นต์ และน้ำมัน 38-56 เปอร์เซ็นต์ เป็นผลิตภัณฑ์ กระบวนการแก๊สซิฟิ-เคชันจะให้ก๊าซสังเคราะห์ ซึ่งได้แกไฮโดรเจนรวมกับคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นผลิตภัณฑ์ และการทำลิกวิดเฟรกชันจะมีการเติมตัวทำละลายเข้าไปเพื่อให้ได้น้ำมันเป็นผลิตภัณฑ์หลักนั้น ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณ และคุณภาพของน้ำมันในกระบวนการไพโรไลซิสยางรถยนต์จะขึ้นอยู่กับ 3 องค์ประกอบหลักด้วยกันคือ 1.สภาวะที่ใช้ในการไพโรไลซิส เช่น อุณหภูมิ ความดัน ความเร็วในการให้ความร้อน อุณหภูมิสุดท้าย เวลาที่ใช้ในการเผา บรรยากาศในปฏิกรณ์ และระบบการป้อนยาง เป็นต้น 2.ชนิดของปฏิกรณ์ ซึ่งมีผลต่ออัตราเร็วในการให้ความร้อนและเวลาที่ใช้ในกระบวนการ 3.วัตถุดิบที่ป้อนเข้า เช่น ขนาดของยาง ชนิดและส่วนผสมของยางรถยนต์ซึ่งแตกต่างกันไปตามชนิดของยางรถยนต์ และอายุของยางรถยนต์ เป็นต้น

Sadrameli และ Alex Green (2007) ได้ศึกษาการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิในช่วง 200-800 องศาเซลเซียส ในการแตกโมเลกุลของน้ำมันจากเมล็ดพืชในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจน หรือมีออกซิเจนน้อย เพื่อให้ได้สารโอเลฟินออกมามากที่สุด การทดลองได้ทำในถังปฏิกรณ์แบบท่อไหล ความดันบรรยากาศ โดยให้มีอัตราการไหลที่ 5.11-24.2 กรัมต่อชั่วโมง จากการศึกษาพบว่าถ้าใช้อุณหภูมิ 375 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกมาจะมีสถานะเป็นของเหลวมากที่สุด ประมาณ 48 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าใช้อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกมาจะมีสถานะเป็นก๊าซมากที่สุด ประมาณ 76 เปอร์เซ็นต์



บทที่ 3 วิธีการทดลอง

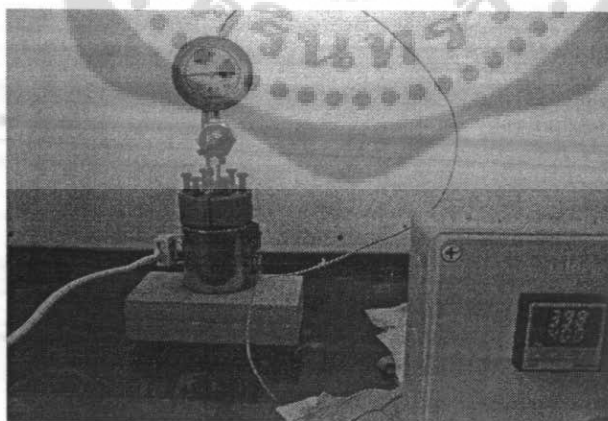
สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

น้ำมันสบู่ดำดิบ นำมาเมล็ดสบู่ดำจาก จังหวัดเชียงใหม่บีบโดยใช้เครื่องอัดไฮดรอลิก (สกรูเดี่ยว) ในภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ซึ่งก่อนจะนำมาบีบ ต้องนำเมล็ดสบู่ดำทั้งเปลือกไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และพบว่าจะได้ปริมาณน้ำมันสบู่ดำดิบ 200 กรัมจากเมล็ดสบู่ดำ 1 กิโลกรัม ซึ่งการเตรียมน้ำมันนี้จะไม่มีการกระเทาะเปลือก และคัดเมล็ดสืบออกเพื่อให้เป็นตัวแทนของน้ำมันดิบจริง

ไม่ใช้สารเคมีในการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันสบู่ดำดิบ แต่มีการใช้สารเคมีในการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมัน เช่น เอทิลแอลกอฮอล์ (C_2H_5OH บริษัท J.T.Baker ประเทศสหรัฐอเมริกา) ฟีนอลฟทาไลน์ ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ และ โซเดียมไฮดรอกไซด์ ($NaOH$) ความเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร เพื่อหาปริมาณกรดไขมันอิสระ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

รูปที่ 3.1 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งประกอบด้วย ถ้วยทนความดันทำจากสแตนเลส ชุดอุปกรณ์ให้ความร้อนและความคุมความร้อน อุปกรณ์ควบคุมความดัน อุปกรณ์ทั้งหมดประกอบขึ้นด้วยทุนวิจัยนี้



รูป 3.1 เครื่องปรับปรุงคุณภาพน้ำมันโดยใช้ความร้อนและความดัน

ขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันโดยใช้ความร้อนและความดัน

- 1) นำน้ำมันสุญุดำดิบ ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ใส่ในเครื่องรูปที่ 3.1
- 2) เปิดเครื่องให้เครื่องทำงานแล้วตั้งค่าอุณหภูมิให้มีค่าเพิ่มทีละ 5 องศาเซลเซียส และเพิ่มความดันทีละ 5 บาร์จนถึงอุณหภูมิและความดันที่เราต้องการ
- 3) เพิ่มอุณหภูมิเป็น 225, 325, 375, 400, 425 และ 450 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 30 และ 55 บาร์
- 4) ถ้าความดันเกินที่เราต้องการให้คลายวาล์วที่ตัวเครื่องแล้วค่อยเพิ่มความดันใหม่ให้ได้ตามที่ต้องการ
- 5) เก็บตัวอย่างเมื่อถึงเวลากำหนด นำน้ำมันที่ได้มาวิเคราะห์คุณสมบัติ และบันทึกผลการทดลอง

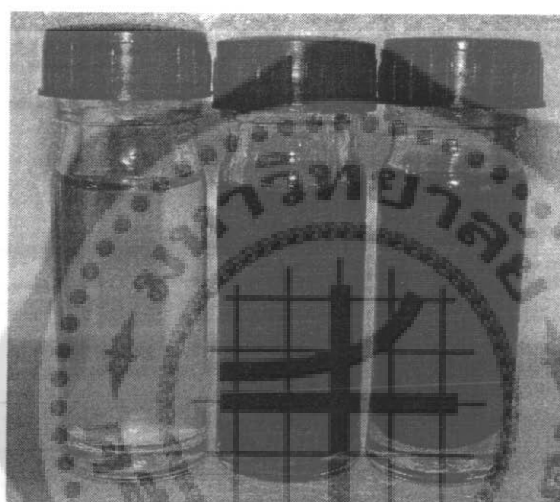


บทที่ 4

ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 น้ำมันสบู่ดำ: ลักษณะทางกายภาพของน้ำมันสบู่ดำก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพ

น้ำมันสบู่ดำที่ไพโรไลซิสที่ความดันบรรยากาศเมื่อให้อุณหภูมิสูงขึ้น สีของน้ำมันจะเข้มขึ้นเช่นเดียวกับน้ำมันที่ไพโรไลซิสที่สภาวะความดันต่างๆ สีของน้ำมันจะเข้มขึ้นเมื่อให้อุณหภูมิสูงขึ้น และจะมีกลิ่นไอของน้ำมันแรงมากเมื่อเทียบกับน้ำมันสบู่ดำที่ไพโรไลซิสที่ความดันบรรยากาศ ดังรูปที่ 4.1

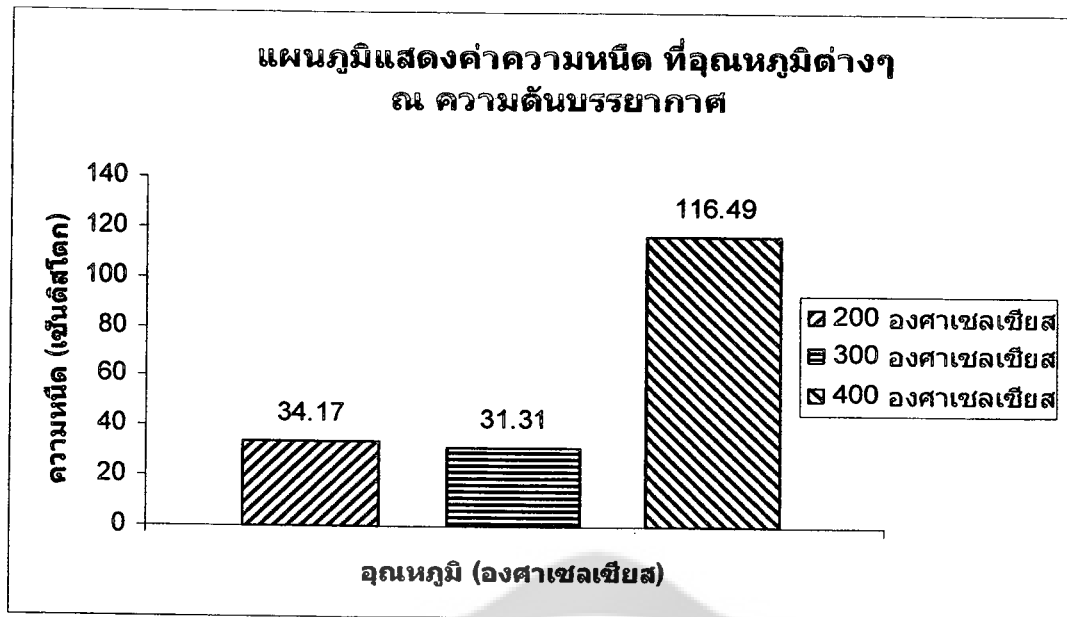


(ก) (ข) (ค)

รูป 4.1 น้ำมันสบู่ดำที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียสความดัน 30 บาร์ และ 55 บาร์เทียบกับน้ำมันสบู่ดำดิบ (ก) น้ำมันสบู่ดำดิบที่ผ่านการกรอง (ข) ใช้ความดัน 30 บาร์ (ค) ใช้ความดัน 55 บาร์

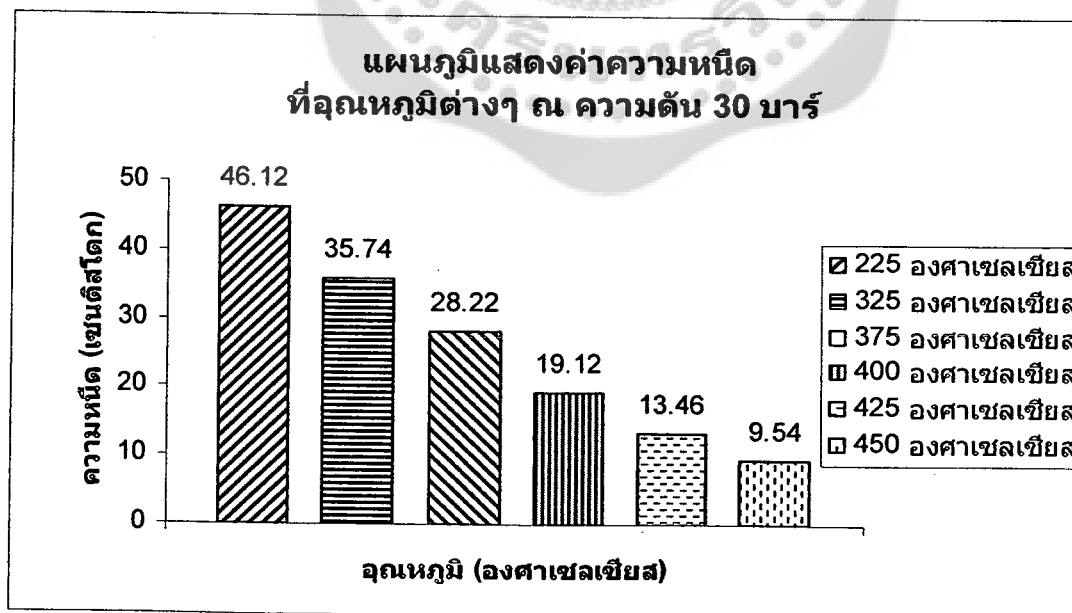
4.2 การทดสอบหาค่าความหนืด

การทดสอบหาค่าความหนืดของน้ำมันสบู่ดำ โดยใช้มาตรวัดแบบออสท์วาลด์ (ostwald viscometer) ผลการทดลองที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.2 - 4.5

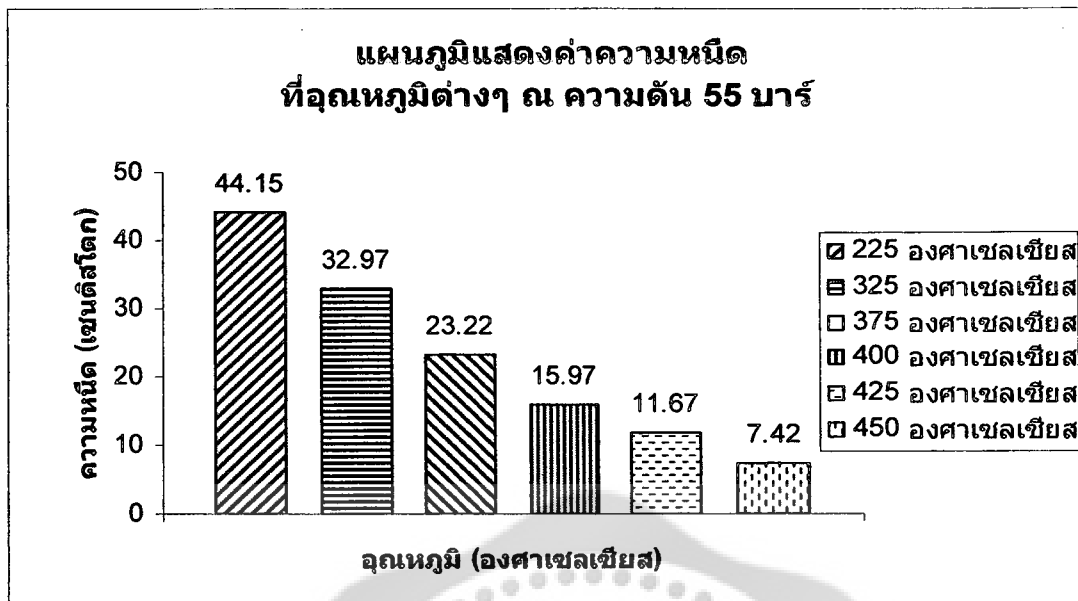


รูป 4.2 ความหนืดของน้ำมันสบู๋ดำผ่านเทอร์มอลแครกกิ้งที่อุณหภูมิต่างๆ ณ ความดันบรรยากาศ

จากรูปที่ 4.2 ค่าความหนืดจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการต้มน้ำมันในความดันบรรยากาศที่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 200 เป็น 400 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าอาจจะเป็นไปได้ว่าการให้ความร้อนเพียงอย่างเดียวจะทำให้โมเลกุลค่อยๆรวมตัวและเกิดคอนเดนเซชันไอน้ำออก ซึ่งผลนี้จะส่งผลกระทบต่อเนื่องในการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชัน จึงทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น ประมาณ 3 เท่า

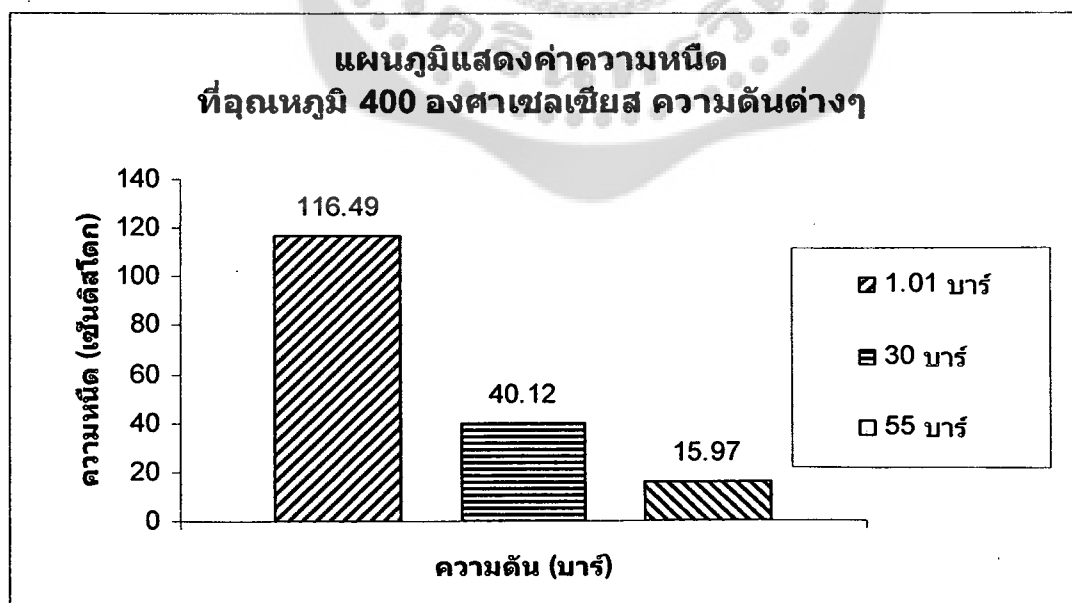


รูป 4.3 ความหนืดของน้ำมันสบู๋ดำผ่านเทอร์มอลแครกกิ้งที่อุณหภูมิต่างๆ ณ ความดัน 30 บาร์



รูป 4.3. ความหนืดของน้ำมันสบู่อัดผ่านเทอร์มอลแครกกิ้งที่อุณหภูมิต่างๆ ณ ความดัน 55 บาร์

แต่เมื่อต้มน้ำมันที่อุณหภูมิเดียวกันแต่มีการใช้ความดันสูง ไม่ว่าจะเป็น 33 บาร์หรือ 55 บาร์ พบว่าในช่วงอุณหภูมิ 100-225 องศาเซลเซียส น้ำมันสบู่อัดจะมีความหนืดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยคือ จาก 34 เซนติสโตกเป็น 44 เซนติสโตก ซึ่งอาจจะใช้การอธิบายเดียวกันเพียงแต่ว่าอาจเกิดโพลีเมอร์เช้นต่ำกว่า แต่เมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่า 225 องศาเซลเซียส ความหนืดจะลดลงซึ่งอาจอธิบายได้ว่าเกิดเทอร์มอลแครกกิ้ง

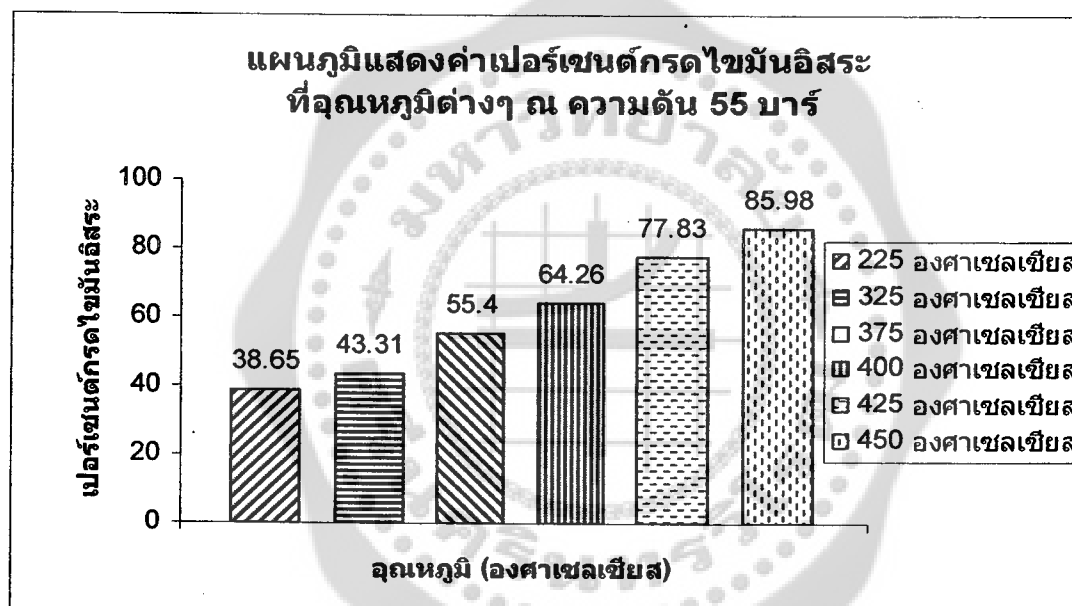


รูป 4.4. ความหนืดของน้ำมันสบู่อัดผ่านเทอร์มอลแครกกิ้งที่ความดันต่างๆ ณ อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส

จากรูป 4.4 จะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เหมือนกันความดันต่างกัน ค่าความหนืดของน้ำมันดัมที่ความดัน 55 บาร์ จะมีค่าน้อยกว่า ค่าความหนืดของน้ำมันดัมที่ความดัน 30 บาร์ และยังต่ำกว่าการดัมในความดันบรรยากาศที่เป็นไปได้ว่าความดันมีผลเร่งให้การแตกตัวของโมเลกุลในน้ำมันเร็วขึ้นซึ่งดูได้จากค่าความหนืดของน้ำมันลดลง ความดันทำให้พันธะและโมเลกุลใหญ่เกิดการแตกตัวเป็นสายโซ่ที่สั้นขึ้น หรือ โมเลกุลที่เล็กลง

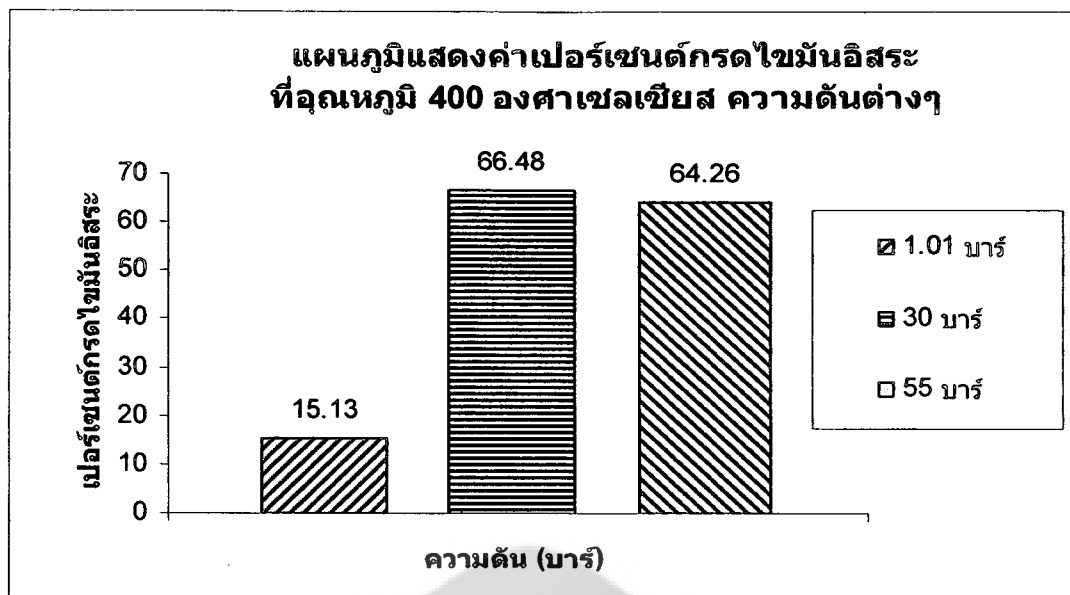
4.3 การทดสอบหาค่าปริมาณกรดไขมันอิสระ

เมื่อนำน้ำมันสบู่ดัมที่ปรับปรุงแล้วมาทำการหาค่ากรดไขมันอิสระโดยนำน้ำมันสบู่ดัมมาผสมกับเอทานอลแล้วเขย่าแรงๆ ผสมให้เข้ากันแล้วหยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลินเขย่าให้เข้ากันนำไปไต เทรทกับโซเดียมไฮดรอกไซด์จนกระทั่งได้สารละลายสีชมพูอ่อน



รูป 4.5 แสดงปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันสบู่ดัมผ่านเทอร์มอลแครกกิ่งที่อุณหภูมิต่างๆ ณ ความดัน 55 บาร์

รูปที่ 4.5 เป็นตัวอย่างของการแสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้อุณหภูมิในการดัมสูงขึ้น กรดไขมันอิสระจะถูกปลดปล่อยมากขึ้น เนื่องจากการย่อยด้วยความร้อนและความดัน โดยไม่ต้องใช้เอนไซม์ไลเปส ซึ่งการที่มีกรดไขมันอิสระมากจะก่อให้เกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องได้ง่าย โดยเฉพาะปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งกรดไขมันเหล่านี้สามารถใช้ปฏิกิริยาสะเทินเพื่อกำจัดกรดได้

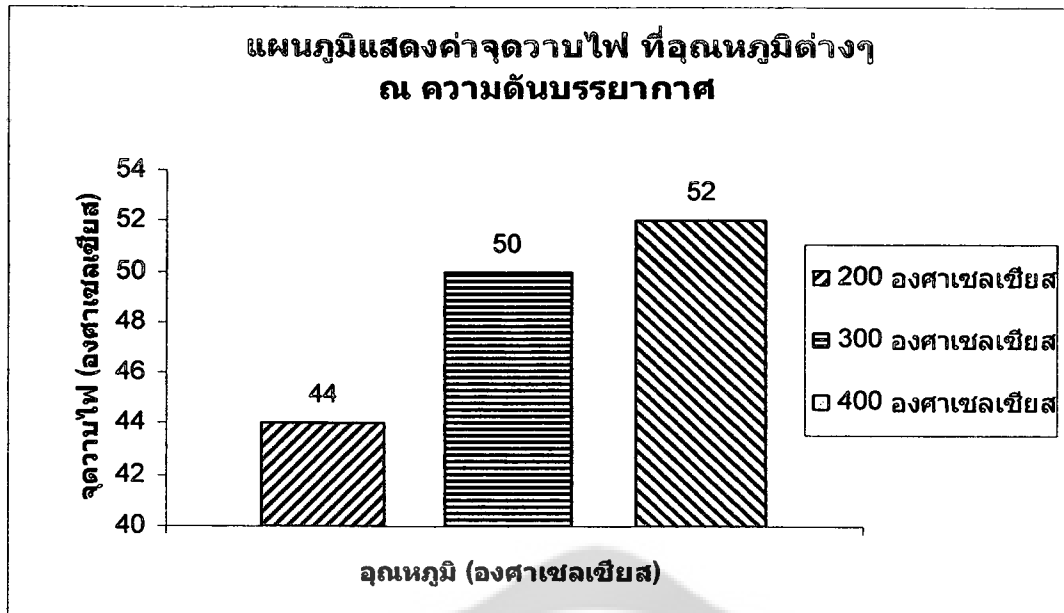


**รูป 4.6 แสดงปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันสบู่ดำผ่านเทอร์มอลแครกกิ้งที่ความดันต่างๆ
ณ. อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส**

เมื่อเปรียบเทียบน้ำมันสบู่ดำที่อุณหภูมิเดียวกัน ความดันบรรยากาศ กับความดัน 30 และ ความดัน 55 บาร์ นั้นพบว่าน้ำมันที่ผ่านการให้ความดันจะมีค่าความเป็นกรดสูงกว่าน้ำมันที่ไม่ใช้ ความดัน เช่นที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศ ค่าเปอร์เซ็นต์กรดไขมันมีค่า 11.446-18.614% แต่ที่ความดัน 30 และ 55 บาร์ ค่าเปอร์เซ็นต์กรดไขมันมีค่า 66.48% และ 64.26% ดังรูปที่ 4.6

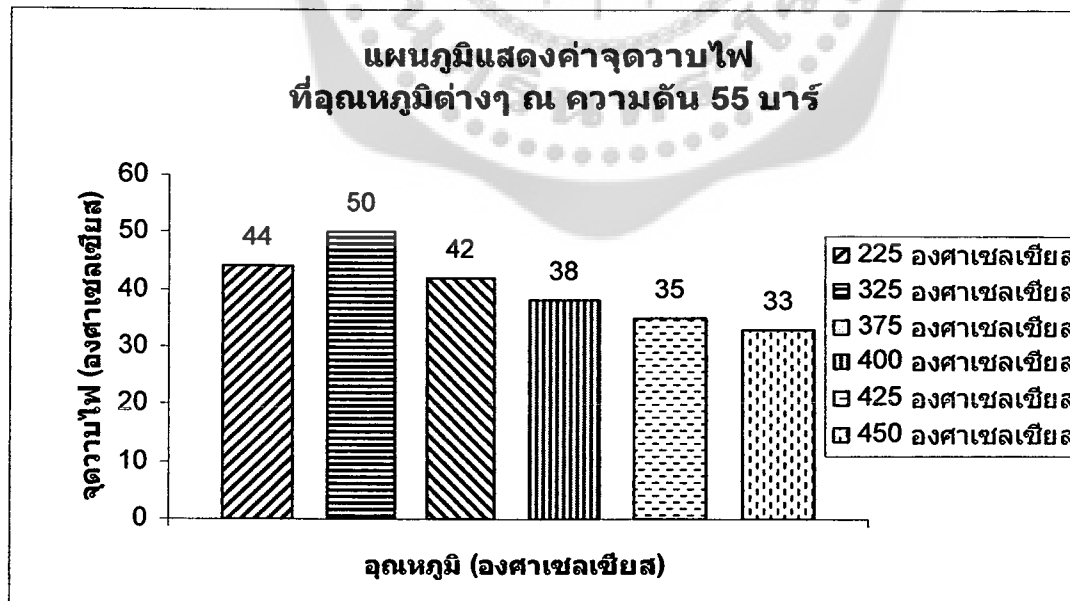
4.4 การทดสอบหาจุดวาบไฟ จุดติดไฟ และจุดไหลเท

เมื่อนำน้ำมันสบู่ดำมาทดสอบคุณสมบัติทางเชื้อเพลิง เพื่อหาจุดวาบไฟแบบ Pensky-Marten close cup (ASTM D-93) ผลการทดลองที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.7 ถึงรูปที่ 4.8



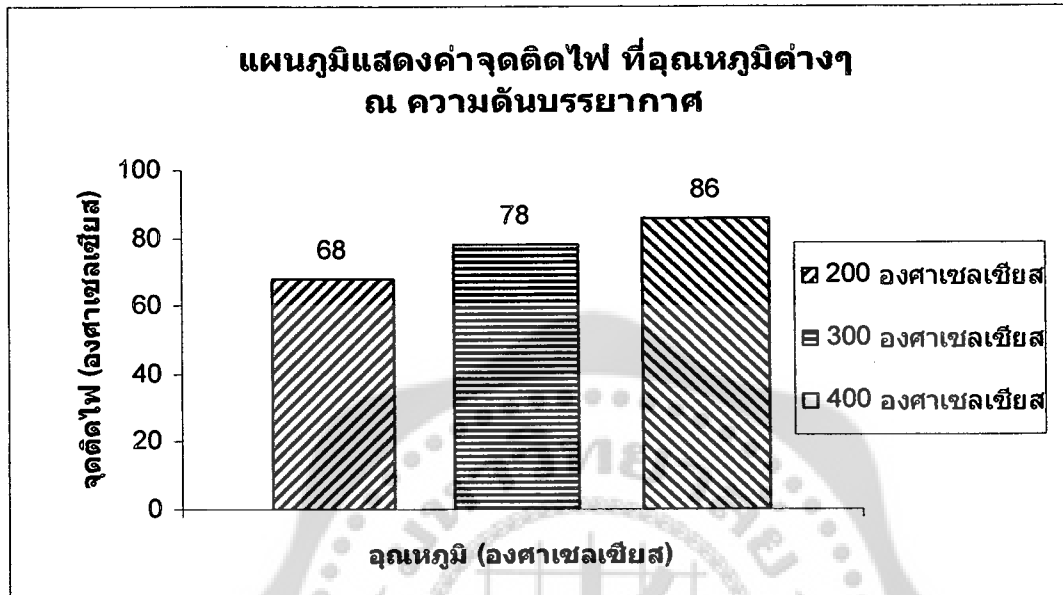
รูป 4.7 จุดวาบไฟของน้ำมันสบู่ดำผ่านเทอร์มอลแคกรกิ้งที่อุณหภูมิต่างๆ ณ ความดันบรรยากาศ

จากรูป 4.7 พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิในการค้มน้ำมันสูงขึ้นในความดันบรรยากาศ น้ำมันที่ได้จะมีจุดวาบไฟ และจุดติดไฟที่สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับข้อสมมติฐานที่ว่าเกิดปฏิกิริยาโพลิเมไรเซชันต่อสายโซ่ของน้ำมันให้น้ำมันมีโมเลกุลใหญ่ขึ้น จึงทำให้จุดวาบไฟสูงขึ้น แต่การค้มน้ำมันที่อุณหภูมิสูงภายใต้ความดันสูงจะมีการตัดสายโซ่ของน้ำมันมากกว่าตามปฏิกิริยาแคกรกิ้ง จึงทำให้จุดวาบไฟของน้ำมันลดลงดังแสดงในรูปที่ 4.8

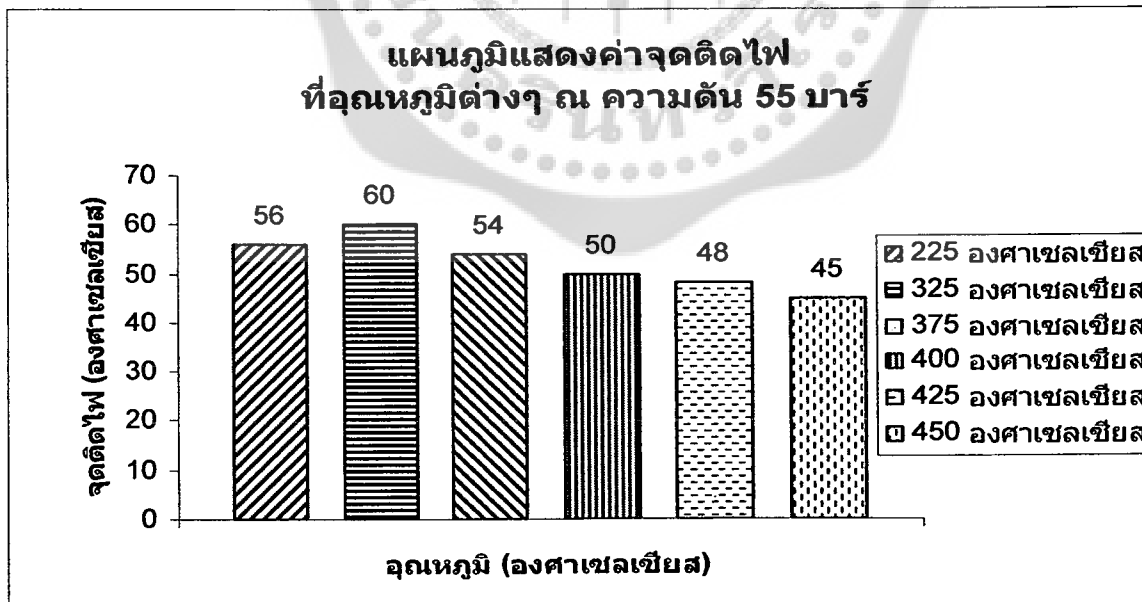


รูป 4.8 จุดวาบไฟของน้ำมันสบู่ดำผ่านเทอร์มอลแคกรกิ้งที่อุณหภูมิต่างๆ ณ ความดัน 30 บาร์

ส่วนรูปเปรียบเทียบจุดติดไฟของน้ำมันสบู่ว่าที่ผ่านกระบวนการเทอร์มอลแรกก็ั้งจะแสดงในรูปที่ 4.9 ถึงรูปที่ 4.10 ซึ่งผลที่ได้จะมีแนวโน้มเดียวกับจุดวาบไฟ แต่จะมีอุณหภูมิสูงกว่าเล็กน้อย

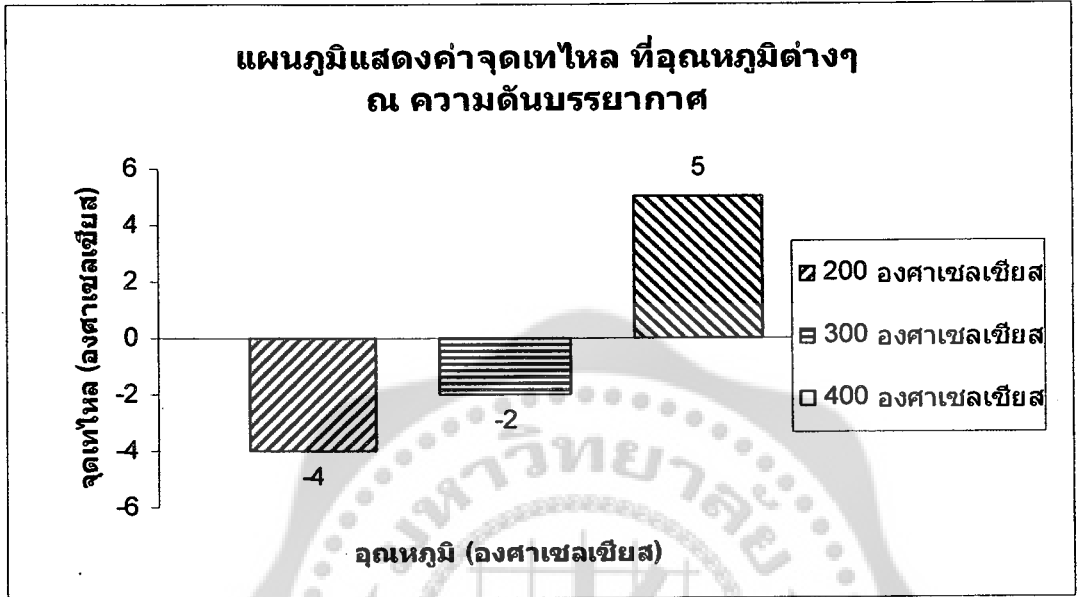


รูป 4.9 จุดติดไฟของน้ำมันสบู่ว่าที่ผ่านเทอร์มอลแรกก็ั้งที่อุณหภูมิต่างๆ ณ ความดันบรรยากาศ

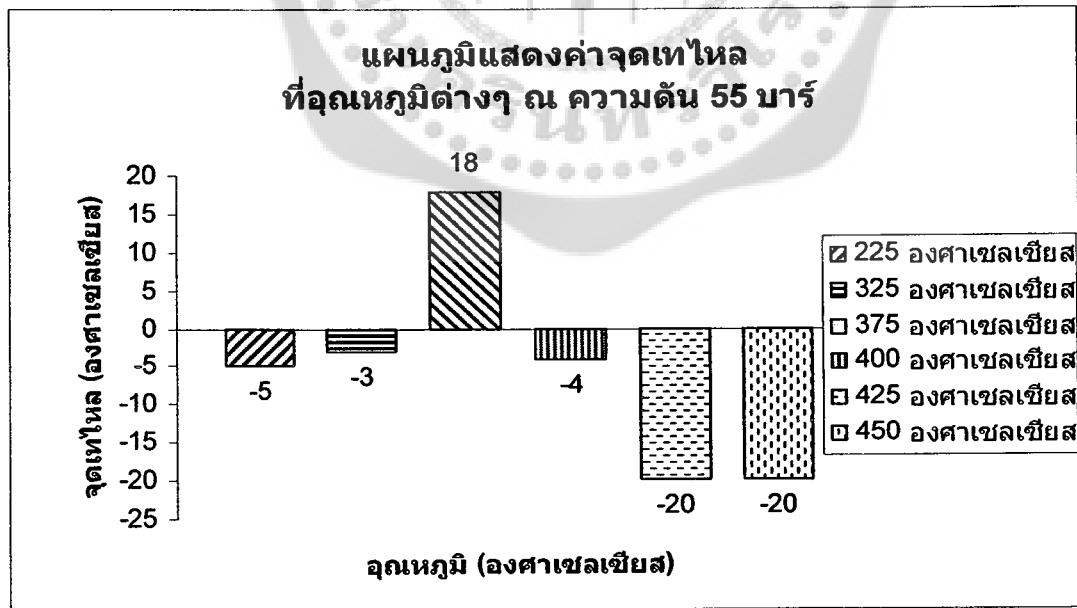


รูป 4.10 จุดติดไฟของน้ำมันสบู่ว่าที่ผ่านเทอร์มอลแรกก็ั้งที่อุณหภูมิต่างๆ ณ ความดัน 55 บาร์

รูปเปรียบเทียบจุดไหลเทของน้ำมันสบู่อัดผ่านกระบวนการเทอร์มอลแครกกิ้งจะแสดงในรูปที่ 4.11 ถึงรูปที่ 4.12 ซึ่งผลที่ได้จะมีแนวโน้มเดียวกับจุดวาบไฟ โดยคาดว่าถ้าโมเลกุลของน้ำมันใหญ่ขึ้น หรือกรดไขมันใน โมเลกุลของน้ำมันมีกรดไขมันอิ่มตัวมากขึ้น ค่าจุดไหลเทจะมากขึ้นด้วย



รูป 4.11 จุดไหลเทของน้ำมันสบู่อัดผ่านเทอร์มอลแครกกิ้งที่อุณหภูมิต่างๆ ณ ความดันบรรยากาศ



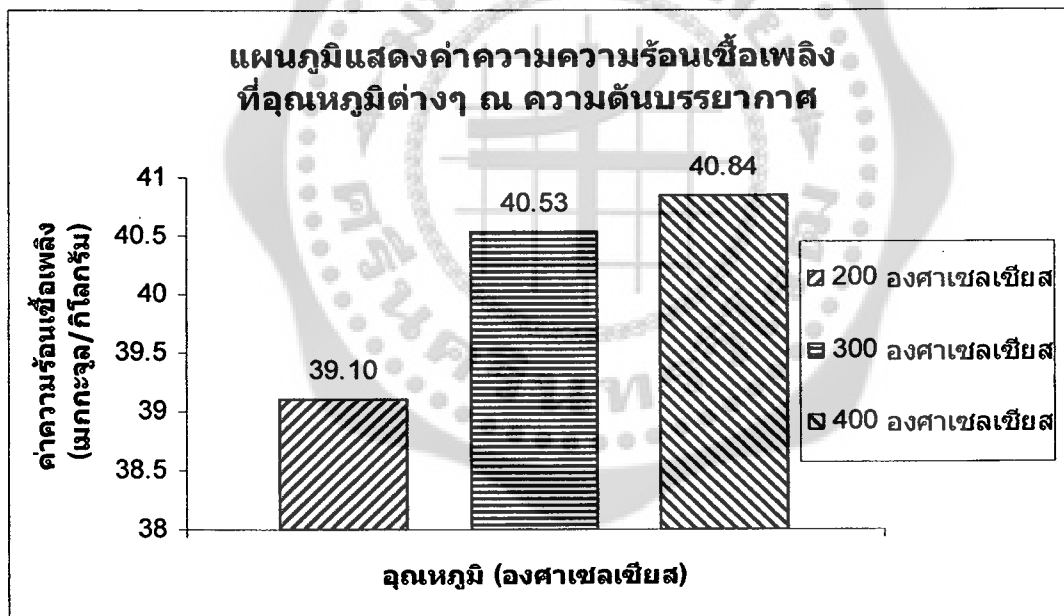
รูป 4.12 จุดไหลเทของน้ำมันสบู่อัดผ่านเทอร์มอลแครกกิ้งที่อุณหภูมิต่างๆ ณ ความดัน 55 บาร์

4.5 การทดสอบหาค่าความร้อนเชื้อเพลิง

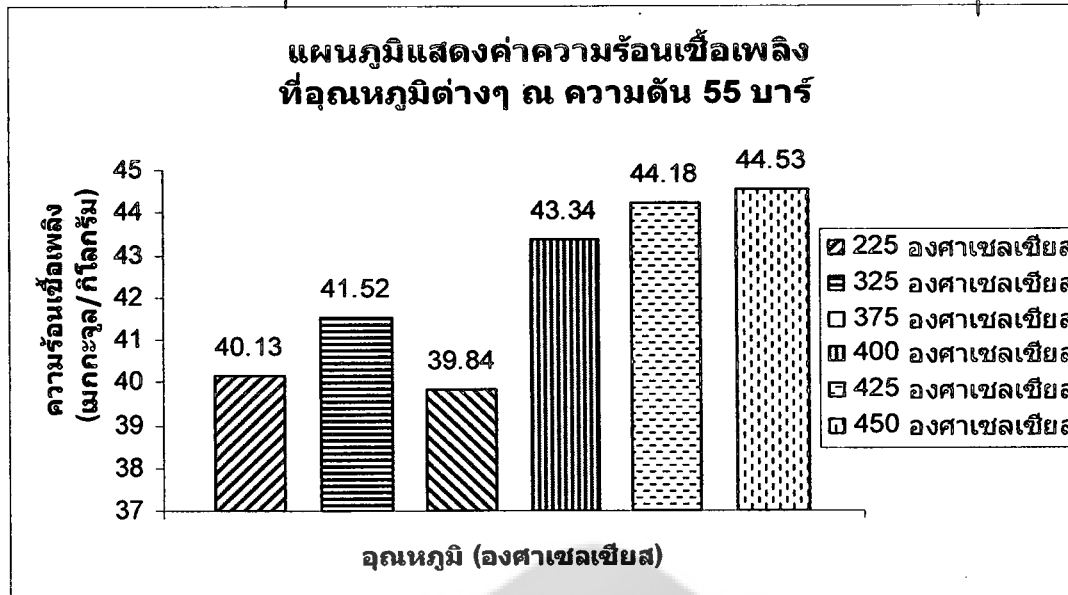
เมื่อสกัดเอาน้ำมันเฉพาะจากเมล็ดในจะได้น้ำมันस्पुค่าที่ให้ความร้อน 39.65 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม ในขณะที่ค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ มีดังนี้

น้ำมันดีเซล	42.58	เมกกะจูลต่อกิโลกรัม
น้ำมันเบนซิน	44.38	เมกกะจูลต่อกิโลกรัม
เอทานอล	26.80	เมกกะจูลต่อกิโลกรัม

จากรูปที่ 4.13 ถึงรูปที่ 4.14 พบว่าค่าเมื่อเราให้ความร้อนที่สูงขึ้น เวลามากขึ้น และความดันที่เพิ่มขึ้นค่าความร้อนเชื้อเพลิงของน้ำมันस्पुค่าจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อาจเป็นผลมาจากความร้อนจะทำให้สายโซ่ที่ยาวเป็นสายโซ่ที่สั้นลง แต่สายโซ่ที่สั้นลงนั้นอาจมีพันธะคู่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย จึงทำให้ค่าความร้อนเชื้อเพลิงมีค่าสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามค่าความร้อนเชื้อเพลิงนี้ก็มีค่าใกล้เคียงกันมาก จึงยังไม่อาจสรุปได้ว่าการทำเทอร์มอลแครกกิ่งจะทำให้ค่าความร้อนเชื้อเพลิงต่างไปมากนัก



รูป 4.13 ความร้อนเชื้อเพลิงของน้ำมันस्पुค่าผ่านเทอร์มอลแครกกิ่งที่อุณหภูมิต่างๆ ณ ความดันบรรยากาศ



รูป 4.14 ความร้อนเชื้อเพลิงของน้ำมันสปูดำผ่านเทอร์มอลแครกกิ่งที่อุณหภูมิต่างๆ ณ ความดัน 55 บาร์

4.6 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณโดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีแมสสเปกโตรเมทรี (GC/MS)

การใช้เครื่องมือวิเคราะห์ชนิดนี้จะต้องใช้น้ำมันที่มีค่าความหนืดที่ลดลงจากน้ำมันสปูดำดิบมาก ถ้าใช้น้ำมันที่มีค่าความหนืดมากฉีดเข้าไปในเครื่องแล้วก็จะทำให้คอลัมน์ในตัวเครื่องตันเกิดความเสียหายได้จากตัวอย่างทั้งหมดจึงเลือกน้ำมันที่อุณหภูมิ 425 องศาเซลเซียส ความดัน 30 บาร์ และ น้ำมันที่อุณหภูมิ 425 องศาเซลเซียส ความดัน 55 บาร์ เพราะมีค่าความหนืดในปริมาณที่น้อยมาก จากการทดลองจะพบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้น และความดันที่เพิ่มมากขึ้น น้ำมันสปูดำดิบซึ่งประกอบไปด้วยกรดไขมันโอเลอิก ($C_{18}H_{34}O_2$) และลิโนเลอิก ($C_{18}H_{32}O_2$) จะถูกความร้อนและความดันแตกสลายโมเลกุล จากคาร์บอน 18 ตัว จะถูกความร้อนและความดันตัดโมเลกุลให้สั้นลง โดยที่อุณหภูมิ 425 องศาเซลเซียส ความดัน 30 บาร์ จะพบเฮกเซน (C_6H_{14}) ในปริมาณมากที่สุดถึง 85.91% ซึ่งสังเกตได้ว่าน้ำมันถูกเปลี่ยนโครงสร้างจากคาร์บอน 18 ตัว เหลือเพียงคาร์บอน 6 ตัว และที่ความดัน 55 บาร์ น้ำมันสปูดำจะถูกเปลี่ยนโครงสร้างเป็นอีเทน (C_2H_4) ในปริมาณ 28.46% และเฮกเซน (C_6H_{14}) ในปริมาณ 55.18% สามารถสรุปได้ว่าความร้อน และความดันสามารถเปลี่ยนโครงสร้างขนาดโมเลกุลให้มีขนาดเล็กลง เหลือคาร์บอนตั้งแต่ 2-14 ตัวซึ่งสั้นกว่าไซโไตรกลีเซอไรด์ และกรดไขมันในน้ำมันสปูดำดิบ

ตารางที่ 4.1 ตารางเปรียบเทียบสารที่พบ และเปอร์เซ็นต์ที่พบในน้ำมันสบู่ดำดิบ

น้ำมันที่วิเคราะห์	ชื่อกรดไขมัน	ชื่อทางเคมี	โครงสร้าง (xx:y)	สูตรเคมี	% ที่พบ
สบู่ดำดิบ	Oleic	Cis-9-Octadecenoic	18:1	$C_{18}H_{34}O_2$	43.1
	Linoleic	Cis-9, Cis-12-Octadecadienoic	18:2	$C_{18}H_{32}O_2$	34.1
	Palmitic	Hexadecanoic	16:0	$C_{16}H_{32}O_2$	14.2
	Stearic	Octadecanoic	18:0	$C_{18}H_{36}O_2$	6.9
สบู่ดำที่ อุณหภูมิ 425 องศาเซลเซียส ความดัน 30 บาร์	Hexane	n-Hexane	6:0	C_6H_{14}	85.91
	Decanoic acid	n-Capric acid	10:0	$C_{10}H_{20}O_2$	2.492
	Diazene	Cis-Diazene, Trans- Diazene	2:1	N_2H_2	0.158
	Dodecanal	Dodecyl aldehyde	12:1	$C_{12}H_{24}O$	1.048
สบู่ดำที่ อุณหภูมิ 425 องศาเซลเซียส ความดัน 55 บาร์	Ethene	Ethyl ether	2:1	C_2H_4	28.461
	Hexane	n-Hexane	6:0	C_6H_{14}	55.181
	Tridecane	n- Tridecane	13:0	$C_{13}H_{28}$	1.340
	Ethyl ether	ethoxyethane	4:0	$C_4H_{10}O$	1.740

จากการทดลองหาค่าความหนืด จุดวาบไฟ จุดติดไฟ จุดไหลเท ค่าความร้อนเชื้อเพลิง การวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันด้วยเครื่องเทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิตรี (FTIR) และการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี - แมสสเปกโตรมิตรี (GC/MS) นั้น สรุปได้ว่าน้ำมันสบู่ดำที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 400-450 องศาเซลเซียส ความดัน 55 บาร์ จะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ยกเว้นค่าความเป็นกรด โดยจะสังเกตว่าเมื่อใช้อุณหภูมิ และความดันมากขึ้น ค่าความเป็นกรดจะมากขึ้น ซึ่งสามารถแก้ไขได้ 2 วิธีด้วยกัน คือ

1. Sittichinnawong และคณะ (2006) [17] ได้ทดลองไฟโรไลซิสเมล็ดสบู่ดำโดยผสมกับด่างแคลเซียมออกไซด์ (CaO) และจากผลการทดลองสรุปได้ว่าคอนเดนเสทที่ได้มีคุณสมบัติเป็นกลาง

2. การใช้ปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชัน หรือปฏิกิริยาการลดกรดไขมันอิสระ จากปฏิกิริยา



จากสมการจะเห็นว่าเมื่อเราเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ น้ำมันสบู่อัดโดยการไพโรไลซิส ความร้อนที่ให้แก่ น้ำมันจะทำให้เมทานอลระเหยออกจากระบบ ดังนั้นวิธีการลดความเป็นกรดของ น้ำมันสบู่อัดสามารถทำได้โดยการทำการทดลองในระบบปิดเพื่อไม่ให้เมทานอลระเหยออกสู่ระบบ [18]

4.7 การใช้น้ำมันสบู่อัดในเครื่องยนต์

การทดสอบหาค่าอัตราส่วนการอัด (C.R) และกำลังอัดที่เครื่องยนต์ที่เหมาะสมกับชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิง โดยการตำแหน่งที่เหมาะสมกับชนิดของเชื้อเพลิง เติบเรียบสม่ำเสมอสามารถเร่งเครื่องยนต์ได้ตามปกติ มีอัตราเร่งที่ดี ซึ่งเมื่อได้ (C.R) ที่เหมาะสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละชนิดแล้วจึงทำการทดลองปรับตั้งให้ (C.R) เพิ่มสูงขึ้นไปจนกระทั่งพบตำแหน่ง (C.R) ที่มีอาการเดินไม่เรียบอย่างชัดเจนหรือมีเสียงดัง และเช่นเดียวกันจากตำแหน่ง (C.R) ที่เหมาะสมทำการปรับตั้งค่าให้ (C.R) ลงไปจนกระทั่งพบตำแหน่ง (C.R) ที่มีอาการเดินที่ไม่ราบเรียบอย่างชัดเจนหรือสตาร์ทไม่ติด จากการทดสอบค่าอัตราส่วนอัด (C.R) และกำลังอัดของเครื่องยนต์พบว่าสามารถปรับตั้งให้ค่าที่เหมาะสมตามชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล สบู่อัด ไบโอดีเซล ดีเซลผสมสบู่อัด 20% และ 80% เครื่องยนต์เดินเรียบสม่ำเสมอสามารถปรับเร่งเครื่องยนต์ได้ตามปกติ มีอัตราเร่งที่ดี ซึ่งชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิงที่นำมาทดลองครั้งนี้ น้ำมันที่มีอัตราส่วนการอัดสูงสุดคือ สบู่อัดที่ 20:90 น้ำมันที่มีอัตราส่วนการอัดต่ำสุดคือดีเซลที่ 19:13

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันสบู่ดำเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนามาใช้เป็นพลังงานทดแทนเทียบกับน้ำมันที่ได้จากปิโตรเลียม ด้วยกระบวนการไพโรไลซิสจากผลการวิเคราะห์จะได้น้ำมันสบู่ดำจะถูกกลั่นออกมาสู่อุดหอ เมื่อใช้อุณหภูมิ 430 องศาเซลเซียส ณ ความดันบรรยากาศ เมื่อใช้อุณหภูมิในการไพโรไลซิสสูงขึ้น ค่าความหนืด จุดวาบไฟ จุดติดไฟ และจุดไหลเท จะเพิ่มขึ้น เป็นไปได้ว่าน้ำมันเกิดคอนเดนเซชันไอน้ำและโปรตอนออกมา และจับตัวกันเป็นสายโซ่ที่ยาวขึ้น หรือเปลี่ยนรูปแบบเป็นวงแหวน แต่เมื่อให้ความดันที่เพิ่มขึ้นจนถึง 55 บาร์ โมเลกุลที่ต่อยาวขึ้นจะเกิดการแตกตัวของสายโซ่ หรือวงแหวนกลายเป็นโมเลกุลที่เล็กลง เมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้น กรดไขมันอิสระจะเพิ่มขึ้น เป็นไปได้ว่าน้ำมันถูกรีดิวซ์ปล่อยกรดไขมันอิสระออกมา

คุณสมบัติค่าความหนืด (Kinematic Viscosity)

เมื่อให้อุณหภูมิ และเวลาที่สูงขึ้น น้ำมันที่กลั่นได้จะมีความหนืดเพิ่มขึ้น เป็นไปได้ว่าน้ำมันเกิดคอนเดนเซชันไอน้ำและโปรตอนออกมา จับตัวกันเป็นสายโซ่ที่ยาวขึ้น หรือเปลี่ยนรูปแบบเป็นวงแหวน แต่เมื่อให้ความดันที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดการแตกตัวของสายโซ่ หรือวงแหวนกลายเป็นโมเลกุลที่เล็กลง โดยที่น้ำมันดีเซลจะมีความหนืด 2.44 เซ็นติสโตก ซึ่งใกล้เคียงกับน้ำมันสบู่ดำที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ความดัน 55 บาร์ ซึ่งมีค่า 7.42 เซ็นติสโตก

คุณสมบัติจุดวาบไฟ และจุดไหลเท (Flash point and Pour point)

เมื่อให้อุณหภูมิ และเวลาที่สูงขึ้น น้ำมันที่กลั่นได้จะมีจุดวาบไฟ และจุดไหลเทเพิ่มขึ้น เป็นไปได้ว่าน้ำมันเกิดคอนเดนเซชันไอน้ำและโปรตอนออกมา จับตัวกันเป็นสายโซ่ที่ยาวขึ้น หรือเปลี่ยนรูปแบบเป็นวงแหวน แต่เมื่อให้ความดันที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดการแตกตัวของสายโซ่ หรือวงแหวนกลายเป็นโมเลกุลที่เล็กลง โดยที่จุดวาบไฟของน้ำมันเบนซินคือ 36 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกับน้ำมันสบู่ดำที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ความดัน 55 บาร์ คือ 33 องศาเซลเซียส ส่วนจุดวาบไฟของน้ำมันดีเซลคือ 71 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกับน้ำมันสบู่ดำที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เวลา

90 นาที คือ 52 องศาเซลเซียส ส่วนจุดไหลเทของน้ำมันเบนซินคือ -10 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกับน้ำมันสบู่ดำที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ความดัน 55 บาร์ คือ -4 องศาเซลเซียส ส่วนจุดไหลเทของน้ำมันดีเซลคือ -6 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกับน้ำมันสบู่ดำที่อุณหภูมิ 225 องศาเซลเซียส ความดัน 55 บาร์ คือ -5 องศาเซลเซียส

คุณสมบัติกรดไขมันอิสระ

เมื่อให้อุณหภูมิ เวลา และความดันที่สูงขึ้น กรดไขมันอิสระจะเพิ่มขึ้น เป็นไปได้ว่าน้ำมันถูกรีดิวซ์ปล่อยกรดไขมันอิสระออกมา กรดอิสระที่ปล่อยออกมาอาจเป็นพวกกรดโอลิกเนื่องจากมีค่ามากในน้ำมันสบู่ดำการไพโรไลซิสเมล็ดสบู่ดำด้วย ซึ่งจะมีปัญหาในเรื่องของความเป็นกรดของน้ำมันที่ได้ภายหลังการไพโรไลซิส ซึ่งสามารถแก้ไขได้

เครื่องวิเคราะห์หาค่าความร้อนเชื้อเพลิงโดยใช้เครื่อง Bomb Calorimeter

น้ำมันสบู่ดำดิบมีค่าความร้อน 39.623 เมกกะจูล/กิโลกรัม จากการวิเคราะห์พบว่า น้ำมันสบู่ดำที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส ถึง อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศจะมีค่าความร้อนสูงกว่าน้ำมันสบู่ดำดิบและมีค่าความร้อนใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลและเบนซิน เมื่อให้ความร้อนที่สภาวะความดัน 30 บาร์ และ 55 บาร์ ค่าความร้อนจะสูงขึ้นเมื่อความดันสูงขึ้น ค่าความร้อนที่ได้ก็มีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลและเบนซินซึ่งน้ำมันดีเซลมีค่าความร้อน 42.552 เมกกะจูล/กิโลกรัม น้ำมันเบนซินมีค่าความร้อน 44.351 เมกกะจูล/กิโลกรัม

การวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณโดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี - แมสสเปกโตรเมทรี (GC/MS)

เมื่อให้อุณหภูมิที่สูงขึ้น และความดันที่เพิ่มมากขึ้น น้ำมันสบู่ดำดิบจะถูกเปลี่ยนโครงสร้างจากโมเลกุลใหญ่เป็นโมเลกุลที่เล็กลง สัมพันธ์กับการผลทลองอื่นๆที่ได้ทดลองมาก่อนหน้านี้ โดยน้ำมันที่กลั่นได้จะมีคุณสมบัติคล้ายกับน้ำมันเบนซิน ซึ่งเป็นไปตามจุดประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง (Reference) ของโครงการวิจัย

1. www.bangjak.or.th
2. www.jatropha.de/Egypt
3. Akintayo E.T.; Adeyeye E.I.; Akintayo C.O.; and Oyewusi P.O., High Field 13 C NMR Spectroscopic Analysis of the Triacylglycerols of *Jatropha Curcas* oil, Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia, 18(1), June, 2004, pp. 59-65(7)
4. www.aopdm01.doae.go.th/data/physicnut21.html
5. Maher K D. And Bressler D C., Pyrolysis of triglyceride materials for the production of renewable fuels and chemicals, Review, Bioresource Technology, December, 2007, p2351-2368
6. www.vcharkarn.com/varticle/408 (การไพโรไลซิสยางรถยนต์หมดสภาพ)
7. Sadrameli SM. And Alex AS., Systematics of renewableolefins fromthermal cracking of canola oil, J. Analytical and applied pyrolysis, December, 2006, p 445-451

