บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของเมล็ดเงาะ

เมล็ดเงาะ ที่ใช้เป็นวัตถุดิบจะเก็บใน กล่องสูญญากาศที่อุณหภูมิห้องเมล็ดเงาะ ที่นำมาใช้จะมีลักษณะทางกายภาพ คือ มีลักษณะเป็นรูปทรงรี มีสีขาวนวล และมีเนื้อหุ้มอยู่บางๆดังรูป ที่ 4.1 เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1 เดือนจะพบว่า เมล็ดเงาะ เริ่มมีคล้ำบริเวณ เป็นจุดๆ มีกลิ่นไม่พึงประสงค์ออกมา แต่ ภายในเมล็ดยังเป็นสีขาวนวลเหมือนเดิม ซึ่งปกติถ้าไม่มีการเก็บรักษาใน กล่องเมล็ดเงาะ คงจะเสียตั้งแต่ อสัปดาห์แรก แล้ว เนื่องจาก พื้นที่ผิวของ เมล็ด สัมผัสกับออกซิเจนในอากาศทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับกรดไขมันในโมเลกุลของไขมันซึ่งก็คือ ไตรกลีเซอไรด์ ที่อุณหภูมิปกติกับความชื้นในอากาศมีมาก จึงเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสจึงเป็นปัจจัยในการเร่งให้ เมล็ดเงาะเสียเร็วขึ้น และ มีปริมาณกรดไขมันอิสระมากขึ้น

รูปที่ 4.1 เมล็ดเงาะ

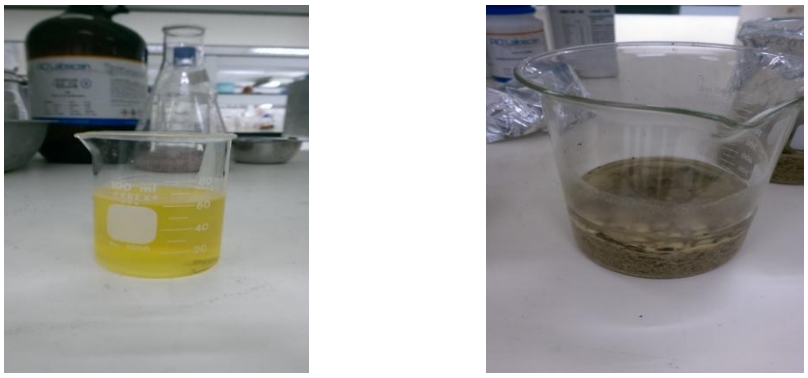
เมล็ดเงาะ ที่เก็บไว้ 1 เดือนจะเกิดกลิ่นเหม็น ซึ่งกลิ่นเหม็นที่เกิดขึ้น นี้เกิดจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวในไขมันและน้ำมันทำปฏิกิริยากับออกซิเจนบริเวณตำแหน่งพันธะคู่ระหว่างอะตอมของคาร์บอนเกิดเป็นสารเปอร์ออกไซด์ ซึ่งจะสลายตัวเป็นแอลดีไฮด์และกรดไขมันโมเลกุลขนาดเล็กที่ระเหยง่ายและมีกลิ่นเหม็น โดยกรดไขมันไม่อิ่มตัวใน เมล็ดเงาะ ที่พบมากที่สุด คือ กรดโอเลอิก เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งในน้ำมันเมล็ดเงาะ ก็มีกรดโอเลอิกในปริมาณร้อยล ะ 41.91 จึงมีโอกาสในการเกิดกลิ่นเหม็นขึ้นได้

4.2 การสกัดน้ำมันจากเมล็ดเงาะ

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบปริมาณน้ำมันในพืชชนิดต่างๆ

วัตถุดิบ	ปริมาณน้ำมันที่ได้ (%)	อ้างอิง
ถั่วเหลือง	20	[20]
เมล็ดสบู่ดำ	34	
ปาล์ม	48	
ถั่วลิสง	55	
มะพร้าว	60	
เมล็ดเงาะ	31.47	ผู้วิจัย

จากตารางจะเห็นว่าปริมาณน้ำมันจากเมล็ดเงาะมีค่าใกล้เคียงกับเมล็ดสบู่ดำ ซึ่งเป็นพืชที่นิยมนำมาผลิตไบโอดีเซลโดยที่เมล็ดเงาะจะสกัดน้ำมันได้ 31.47%โดยน้ำหนัก



(A) **(B)**

รูปที่ 4.2 (A) น้ำมันจากเมล็ดเงาะที่สกัดมาใหม่ๆ, (B) กากของเมล็ดเงาะหลังผ่านการสกัด

4.3 ศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันจากเมล็ดเงาะ

การวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันจาก เมล็ดเงาะ และสมบัติทางเคมีและกายภาพเป็นสิ่งที่ควรรู้ก่อนที่จะนำน้ำมันจากเมล็ดเงาะไปผลิตเป็นไบโอดีเซลเพื่อจะได้ทราบถึงปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมันจากเมล็ดเงาะซึ่งเป็นการบ่งบอกว่าน้ำมันจาก เมล็ดเงาะที่ได้จะเป็นไขที่อุณหภูมิห้องหรือไม่ ดังนั้นสมบัติของไบโอดีเซลจึงขึ้นอยู่กับชนิด และปริมาณ ของกรดไขมันที่มีอยู่ในวัตถุดิบเริ่มต้น

4.3.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันจากเมล็ดเงาะ

การวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดเงาะ อ้างอิงจากนัฐวี [4] พบว่าน้ำมันจากเมล็ดเงาะมีองค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัวร้อยละ 51.66 ซึ่งได้แก่ กรดอะราชิดิก (C12:0) ร้อยละ 35.36, กรดโดโคซาโนอิก (C14:0) ร้อยละ 2.77, กรดปาลมิติก (C16:0) ร้อยละ 5.44, กรดสเตียริก (C18:0) ร้อยละ 8.09 และกรดไขมันไม่อิ่มตัวร้อยละ 48.34 ซึ่งได้แก่ กรดโอเลอิก (C18:1) ร้อยละ 41.91, กรดปาลมิติโคเลอิกอิก (C18:1) ร้อยละ 0.65 และกรดอีโคเซโนอิก (C18:1) ร้อยละ 5.78

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันจากเมล็ดเงาะ

Fatty Acid	Structure	Fatty Acid Composition (%X)
Saturated Fatty Acid		
Palmitic acid	16:0	5.44
Stealic acid	18:0	8.09
Arachidic acid	20:0	35.36
Docosanoic acid	22:0	2.77
Total		51.66
Unsaturated Fatty Acid		
Oleic acid	18:1	41.91
Palmiticoleic acid	16:1	0.65
Eicosenoic	20:1	5.78
Total		48.34
Molecular Weight		921.20

จากตารางที่ 4.2 พบว่าน้ำมันจาก เมล็ดเงาะ มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวรวมปริมาณ 51.66% ซึ่งสูงกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวรวมซึ่งมีประมาณ 48.34% น้ำมันจึงแสดงสมบัติพื้นฐานของกรดไขมันอิ่มตัวอย่างชัดเจนนั่น คือ กรดไขมันอิ่มตัวส่วนใหญ่มีจุดหลอมเหลวสูง จึงทำให้น้ำมันจา กเมล็ดเงาะ เป็นไขที่อุณหภูมิห้องดังรูปที่ 4.3 ซึ่งกรดไขมันอิ่มตัวที่มีมาก ได้แก่ กรดอะราชิดิก และกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีมาก ได้แก่ กรดโอเลอิก กรดไขมันทั้งสองชนิดนี้มีจำนวนคาร์บอน 20 และ18 อะตอมตามลำดับ ซึ่งเป็นกรดไขมันที่มีโครงสร้างโมเลกุลเป็นสายยาว มวลโมเลกุลสูงจึงเป็นผลให้น้ำมันจาก เมล็ดเงาะ มีความหนืดสูงอีกด้วย

(A)

(B)

รูปที่ 4.3 (A) ลักษณะน้ำมันจากเมล็ดเงาะที่สกัดด้วยตัวทำละลาย
(B) ลักษณะของน้ำมันจากเมล็ดเงาะที่ตั้งทิ้งไว้ ณ.อุณหภูมิห้อง 26 ^{o}C

4.3.2 การคำนวณค่าสปอนิฟิเคชั่น (Sponification Number)

เป็นค่าชี้บอกขนาดโมเลกุลเฉลี่ยของน้ำมันหรือไขมันโดยค่าสปอนิฟิเคชันของเมทิลเอสเทอร์สามารถคำนวณโดยใช้สมการที่ 3.5 และ 3.6 จะได้ผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การคำนวณค่าสปอนิฟิเคชันของน้ำมันเมล็ดเงาะ

Fatty acid	Cabon No	MW	MW of FAME	%X	SNx	SN
Palmitic acid	16:0	256	270	5.44	207.41	11.28
Palmiticoleic acid	16:1	254	268	0.65	208.96	1.36
Stealic acid	18:0	284	298	8.09	187.92	15.20
Oleic acid	18:1	282	296	41.91	189.19	75.29
Arachidic acid	20:0	312	326	35.36	171.78	60.74
Eicosenoic	20:1	310	324	5.78	172.74	9.99
Docosanoic acid	22:0	326	340	2.77	185.19	4.38
ผลรวม				100	1296.28	182.25

4.3.3 คำนวณน้ำหนักโมเลกุลของน้ำมันเมล็ดเงาะ

จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชันหนึ่งโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลเกิดจากการรวมตัวกันของหนึ่งโมเลกุลของกลีเซอรอลกับสามโมเลกุลของกรดไขมันอิสระโดยการสูญเสียเมทานอลสามโมเลกุล

น้ำหนักโมเลกุของลิปิด เท่ากับ น้ำหนักโมเลกุลของกลีเซอรอล + 3(น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของกรดไขมันอิสระเมทิลเอสเทอร์) + 3(น้ำหนักโมเลกุลของเมทานอล)
น้ำหนักโมเลกุลของน้ำมันเมล็ดเงาะจึงเท่ากับ 921.20

4.3.4 การหาค่าไอโอดีนของน้ำมันเมล็ดเงาะ (Iodine Value, IV)

ค่าไอโอดีนเป็นค่าชี้บอกระดับความไม่อิ่มตัวเฉลี่ยของไขมัน ซึ่งหาได้จากสมการ 3.6 และ 3.7 จะได้ค่าดังตาราง 4.4

ตารางที่ 4.4 การคำนวณค่าไอโอดีนของกรดไขมันเมทิลเอสเทอร์ของน้ำมันเมล็ดเงาะ

Fatty acid Metheyl ester	%X	IVx	IV
16:1	0.65	94.56	0.61
18:1	41.91	85.75	35.94
20:1	5.78	78.34	4.53
ผลรวม		258.65	41.08

ดังนั้นค่าไอโอดีนของน้ำมันเมล็ดเงาะเท่ากับ 41.08 gram of iodine /100 g ถ้ามีมากเกินไปจะเกิดยางเหนียง กัดกร่อนโลหะและทำให้น้ำมันเครื่องมีอายุสั้นลง ซึ่งตามมาตรฐานไบโอดีเซลจะกำหนดไว้ไม่ให้เกิน 120 gram of iodine /100 g

4.3.5 การหาค่าดัชนีซีเทน

จากค่าสปอนิฟิเคชันและค่าไอโอดีนของน้ำมันเมล็ดเงาะนำไปแทนในสมการที่ 3.8 จะได้ค่าดัชนีซีเทน ซึ่งเป็นตัวบอกประสิทธิภาพการจุดระเบิดในเครื่องยนต์ดีเซล หากค่าดัชนีซีเทนสูงแสดงว่ามีประสิทธิภาพการจุดระเบิดสูงด้วย จากการคำนวณจะได้ค่าดัชนีซีเทนเท่ากับ 64.01

4.3.6 การหาค่าความร้อนจากการเผาไหม้ของน้ำมันเมล็ดเงาะ

ค่าความร้อนจากการเผาไหม้ เป็นค่าที่ใช้พิจารณาศักยภาพความเหมาะสมของการใช้เป็นเชื้อเพลิงดีเซล ค่านี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของโมเลกุลและจำนวณพันธะคู่ในโมเลกุลโดยที่ขนาดโมเลกุลที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความร้อนเพิ่มสูงขึ้นการคำนวณจะนำค่าสปอนิฟิเคชันและค่าไอโอดีมาแทนค่าในสมการที่ 3.9 จะได้ค่าความร้อนของน้ำมันเมล็ดเงาะเท่ากับ 40.3 MJ/kg ซึ่งจะมีค่าน้อยกว่าน้ำมันดีเซลเพียง 8%

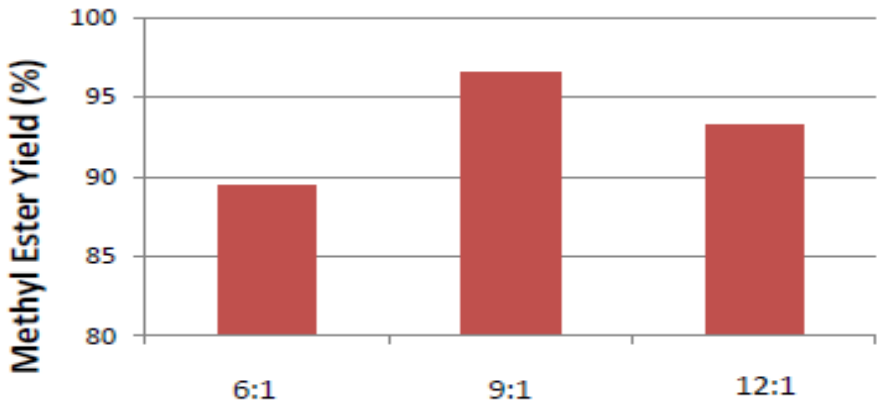
4.4 การผลิตไบโอดีเซลจากเมล็ดเงาะ

จากการทดลองได้ศึกษาการผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยใช้น้ำมันจากเมล็ดเงาะที่เก็บไว้เป็นเวลา 1 เดือน ปริมาณกรดไขมันอิสระที่วิเคราะห์ได้ร้อยละ 4.6 จึงต้องปรับปรุงคุณภาพน้ำมันก่อนทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยใช้ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่นก่อนจึงจะสามารถนำน้ำมันมาใช้งานได้ โดยกำหนดตัวแปรต่างๆ คือ สัดส่วนโดย โมลเมทานอลต่อน้ำมันใช้ 12:1, 9:1 และ 6:1 อุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยาที่ 60 ^{o}C กรดซัลฟูริกปริมาณ 2 M เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริย60, 90 และ 120 นาที จากนั้นจึงนำมาทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยกำหนดตัวแปรต่างๆ คือ สัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันใช้ 12:1, 9:1 และ 6:1 อุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยาที่ 60 ^{o}C โซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนักของน้ำมัน เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 30, 45 และ 60 นาที และตัวทำละลายร่วมที่เลือกใช้ คือ เตตระไฮโดรฟูแรน, เบนซีนและโทลูอีนเพราะตัวทำละลายทั้งสามตัวเป็นตัวทำละลายแบบกึ่งมีขั้วจึงสามารถละลายได้ทั้งน้ำมันที่มีสภาพไม่มีขั้วและหมู่ไฮดรอกซี (-OH) ในเมทานอลซึ่งมีสภาพมีขั้วได้ ในสัดส่วน ตัวทำละลายร่วมต่อเมทานอล 1:1 โดยปริมาตร ซึ่งจะไม่ใช้ตัวทำละลายร่วมมากไปกว่านี้เพราะจะเป็นการเจือจางเมทานอลซึ่งเป็นสารตั้งต้นหลักแต่ตัวทำละลายร่วมเป็นเพียงตัวช่วยในการละลายระหว่างน้ำมันกับเมทานอลให้เข้ากันดีขึ้นเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยา

4.4.1 อิทธิพลของสัดส่วนโมลของเมทานอลในปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่น

ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน ของเมทานอลกับน้ำมันนั้นอัตราโดยโมลของเมทานอลกับน้ำมันถือเป็นปัจจัยที่สำคัญตัวหนึ่งสำหรับการเกิดเมทิลเอสเทอร์เป็นอย่างมาก ในเชิงทฤษฎีตามหลักสมดุลโมลแล้วต้องใช้แอลกอฮอล์ 3 โมลกับน้ำมัน 1 โมล จึงจะเกิดปฏิกิริยาได้อย่างสมบูรณ์แต่ในทางปฏิบัติต้องใช้แอลกอฮอล์ในปริมาณที่มากขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน จะเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นด้วยซึ่งปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นนี้ เป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงใช้แอลกฮอล์มากกว่า 3 โมลต่อน้ำมัน 1 โมล เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นเอสเทอร์มากขึ้น ดังนั้นเมทานอลที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต้องมากพอเพื่อที่จะทำให้ปฏิกิริยาเกิดไปทางผลิตภัณฑ์มากขึ้น โอกาสที่โมเลกุลของเมทานอลจะไปทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของน้ำมันมีมากขึ้นจะทำให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้เร็วได้ผลิตภัณฑ์มากขึ้นเช่นกัน จากการทดลองน้ำมันจาก เมล็ดเงาะ ที่เป็นไขง่ายกว่าน้ำมันพืชซึ่ง

น้ำมันพืชส่วนใหญ่จะใช้สัดส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมันประมาณ 12:1 ปฏิกิริยาจึงสมบูรณ์ แต่เมื่อใช้กับปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่น แล้วปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะสมบูรณ์ และเกิดการแยกชั้นระหว่างเมทิลเอสเทอร์และกลีเซอรีน จึงใช้สัดส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมันที่ 6:1, 9:1และ12:1 ผลที่ได้ดังรูปที่ 4.4 จะพบว่าเมื่อใช้สัดส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 6:1 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาความเข้มข้น 2M ที่อุณหภูมิ 60 ^{o}C เป็นเวลา 120 นาที จะได้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่ร้อยละ 89 เมื่อเพิ่มปริมาณสัดส่วน โดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันขึ้นเป็น 9:1 จะได้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ร้อยละ 95.6 และสัดส่วน โดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันเป็น 12:1 จะได้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ร้อยละ 93.4 จึงเป็นไปได้ว่าสัดส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมันที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลจา เมล็ดเงาะโดยใช้ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน จะอยู่ที่ 9:1 เนื่องจากส่วนใหญ่เกิดเมทิลเอสเทอร์ในปริมาณที่มากกว่าร้อยละ 95 ซึ่งยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานไบโอดีเซลชุมชนที่กำหนดให้มีปริมาณเมทิลเอสเทอร์อย่างต่ำร้อยละ 96 จึงต้องทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันต่อ เพื่อที่จะทำให้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ถึงเกณฑ์ที่กำหนด

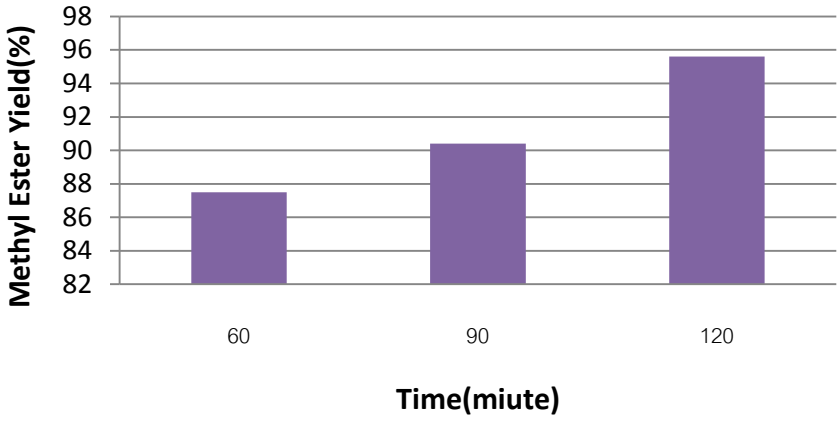


รูปที่ 4.4 สัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันโดยใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยากรดซัลฟูริกเข้มข้น 2M โดย ที่อุณหภูมิ 60 ^{o}C เป็นเวลา 120 นาที

4.4.2 อิทธิพลของเวลาในการทำปฏิกิริยาในปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่น

ระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันจะสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา คือ ถ้าใช้อุณหภูมิสูงระยะเวลาที่ใช้จะน้อย แต่ถ้าใช้อุณหภูมิต่ำระยะเวลาที่ใช้ทำปฏิกิริยาจะใช้เวลานาน จากการทดลองที่ภาวะที่สัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 9:1 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา กรดซัลฟูริกเข้มข้น 2M ที่อุณหภูมิ 60 ^{o}C พบว่าปริมาณเมทิลเอสเทอร์จะเพิ่มขึ้น มากกว่าร้อยละ 95 ที่เวลา 120 นาที ดังแสดงในรูปที่ 4.5 ซึ่งเมทิลเอสเทอร์ที่เกิดขึ้นมีค่าเพิ่มขึ้นตามเวลาปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 60 นาทีแรก หลังจากนั้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะค่อยๆ ช้าลง และเป็นปฏิกิริยาสมบูรณ์ที่เวลา 120 นาที เนื่องจากตอนเริ่มทำปฏิกิริยาในน้ำมันมีปริมาณไตรกลีเซอไรด์อยู่มากทำให้

เกิดปฏิกิริยาได้รวดเร็ว และเกิดเมทิลเอสเทอร์เป็นปริมาณมากตามไปด้วย แต่เมื่อเวลาผ่านไปมากขึ้น ปริมาณไตรกลีเซอไรด์ก็จะลดลง ทำให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้ช้าลง และปริมาณเมทิลเอสเทอร์เกิดขึ้นได้น้อย ทำให้ได้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์เริ่มคงที่แสดงว่าปฏิกิริยาเข้าสู่จุดสมดุล ถ้ายังปล่อยให้ปฏิกิริยาดำเนินต่อไปจากจุดสมดุลแล้วปฏิกิริยาจะเริ่มผันกลับ เนื่องจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันเป็นปฏิกิริยาที่สามารถผันกลับได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Danoko และคณะ [31] ที่ได้ผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มโดยใช้ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนัก พบว่าช่วง 5 นาทีแรกเป็นช่วงที่ปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ปริมาณไตรกลีเซอร์ไรด์จะลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนปริมาณไดกลีเซอไรด์จะเพิ่มขึ้น และลดลงอย่างรวดเร็วเช่นเดียวกับโมโนกลีเซอไรด์ ปฏิกิริยาจะเริ่มเข้าสู่สมดุลที่เวลา 60 นาที เมื่อเวลามากกว่า 60 นาที ร้อยละเมทิลเอสเทอร์จะคงที่เนื่องจากปริมาณไตรกลีเซอไรด์มีปริมาณน้อยลง



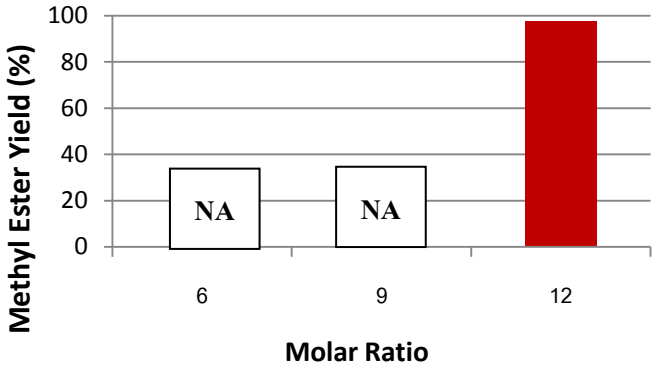
รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับเปอร์เซ็นต์เมทิลเอสเทอร์ที่สัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 9:1 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยากรดซัลฟูริกความเข้มข้น2M ที่อุณหภูมิ 60 ^{o}C

4.4.3 อิทธิพลของสัดส่วนโมลของเมทานอลในปฏิกิริยาแบบสองขั้นตอน

จากการทดลองน้ำมันจาก น้ำมันเมล็ดเงาะ ที่เป็นไขง่ายกว่าน้ำมันพืชซึ่งน้ำมันพืชส่วนใหญ่จะใช้สัดส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมันประมาณ 6:1 ปฏิกิริยาจึงสมบูรณ์ แต่เมื่อใช้กับ น้ำมันเมล็ดเงาะแล้วที่อัตราส่วน 6:1 และ 9:1 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะไม่สมบูรณ์ไม่เกิดการแยกชั้นระหว่างเมทิลเอสเทอร์และกลีเซอรีน เนื่องจากมีปริมาณเมทานอลในระบบน้อยเกินไปไบโอดีเซลที่ได้จะมีลักษณะเป็นเจล จึงต้องใช้สัดส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมันที่มากกว่า 9:1 จึงใช้สัดส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมันที่ 12:1 จึงเริ่มทำที่สัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 12:1 ก่อนเนื่องจากเป็นปริมาณที่มีโอกาสเกิดปฏิกิริยามากสุดเพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นไปด้านผลิตภัณฑ์ให้มากที่สุด ผลที่ได้ดัง รูปที่ 4.6 จะ พบว่าเมื่อใช้สัดส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 12:1 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนักน้ำมัน ที่อุณหภูมิ

60 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะได้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่มากกว่าร้อยละ 97 เมื่อลดปริมาณสัดส่วน โดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันลงเป็น 9:1 และ 6:1 จะไม่เกิดเป็นไบโอดีเซล

ไบโอดีเซลชุมชนที่กำหนดให้มีปริมาณเมทิลเอสเทอร์อย่างต่ำร้อยละ 96 จากรูปที่ 4.6 ที่สัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 12:1 จะได้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์มากกว่าร้อยละ 97 เวลาที่ใช้ 60 นาที เนื่องจากปริมาณเมทานอลที่มากพอ จะเข้าไปทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์อย่างทั่วถึงจึงทำให้มีปริมาณร้อยละเมทิลเอสเทอร์ที่เกิดขึ้นมากตามไปด้วยแต่ถ้าใช้เมทานอลที่มากกว่านี้จะเป็นการสิ้นเปลืองโดยไม่จำเป็นทำให้มีเมทานอลเหลือในปฏิกิริยาหรือถ้าใช้ในปริมาณมาก เกินความจำเป็นอาจจะเป็นการเจือจางน้ำมันก็เป็นได้

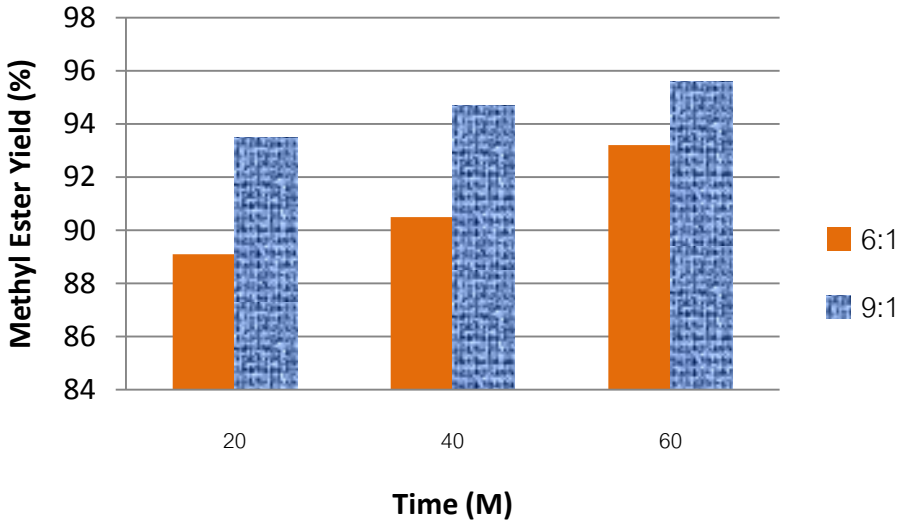


รูปที่ 4.6 สัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันโดยใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนักของน้ำมัน ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 60 นาที

4.4.4 อิทธิพลของสัดส่วนโมลของเมทานอล ในปฏิกิริยาแบบสองขั้นตอน ร่วมกับตัวทำละลายร่วม

เมื่อนำตัวทำละลายร่วมมาใช้ในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันในสัดส่วน เฮกเซนต่อเมทานอล 1:1 โดยปริมาตร เมื่อนำมาทดลองในสัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 6:1 กับ 9:1 โดยที่สัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 12:1 มีปริมาณร้อยละการเกิดเมทิลเอสเทอร์สูงอยู่แล้วจึงไม่จำเป็นต้องใช้ตัวทำละลายร่วมมาใช้ในปฏิกิริยา เมื่อนำสัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 6:1 กับ 9:1 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1 โดยน้ำหนักของน้ำมัน อุณหภูมิที่ใช้ 60 °C และใช้สัดส่วนเฮกเซนต่อเมทานอล 1:1 โดยปริมาตร มาเปรียบเทียบจะได้ดัง รูปที่ 4.8 ซึ่งจะพบว่าการใช้ตัวทำละลายร่วมในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันสามารถเพิ่มการละลายได้โดยที่สัดส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 6:1 และ 9:1 ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยโมลที่ใช้ปริมาณเมทานอลไม่เพียงพอต่อการทำปฏิกิริยา ทำให้เกิดปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์ แต่เมื่อนำตัวทำละลายมาช่วยในปฏิกิริยา จะเกิดปริมาณเมทิลเอสเทอร์ได้สูงสุดถึงร้อยละ 93.2 ในเวลา 60 นาทีสำหรับอัตราส่วน 6:1 เมื่อเพิ่มสัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันเป็น 9:1 ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่เกิดขึ้น เป็นร้อยละ 93.5, 94.7 และ95.6 ตามเวลาที่ใช้ทำ

ปฏิกิริยา เมื่อเทียบกันที่เวลา 60 นาที ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่สัดส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 9:1 จะเกิดขึ้นมากกว่า ที่สัดส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 6:1 เนื่องจากปริมา ณเมทานอลที่ใช้มากกว่าจึงมีโอกาสเกิดปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์ได้มากกว่าเมื่อใส่ตัวทำละลายร่วมลงไปแล้วจะช่วยเพิ่มการละลายระหว่างเมทานอลกับน้ำมันเพียงเล็กน้อย แต่ที่สัดส่วนโมลเมทานอล 6:1 จะใช้ปริมาณเมทานอลน้อยจึงมีโอกาสเกิดปฏิกิริยาได้น้อย เมื่อใส่ตัวทำละลายร่วมลงไปจึงช่วยให้เมทานอลละลายกับน้ำมันได้ดีขึ้นจึงเกิดปฏิกิริยาที่สมบูรณ์ดังแสดงในรูปที่ 4.7

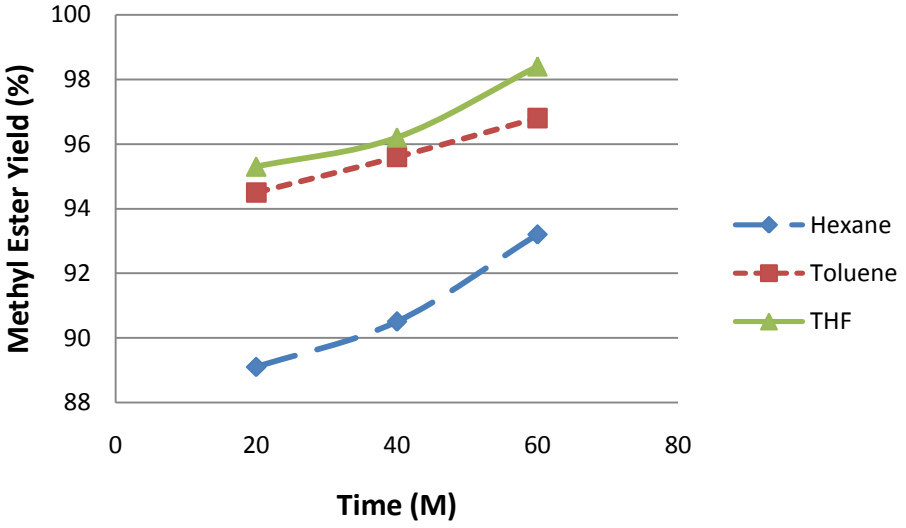


รูปที่ 4.7 สัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 6:1 กับ 9:1 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1 โดยน้ำหนักของน้ำมัน ที่อุณหภูมิ 60 °C และสัดส่วนเฮกเซนต่อเมทานอล 1:1 โดยปริมาตร

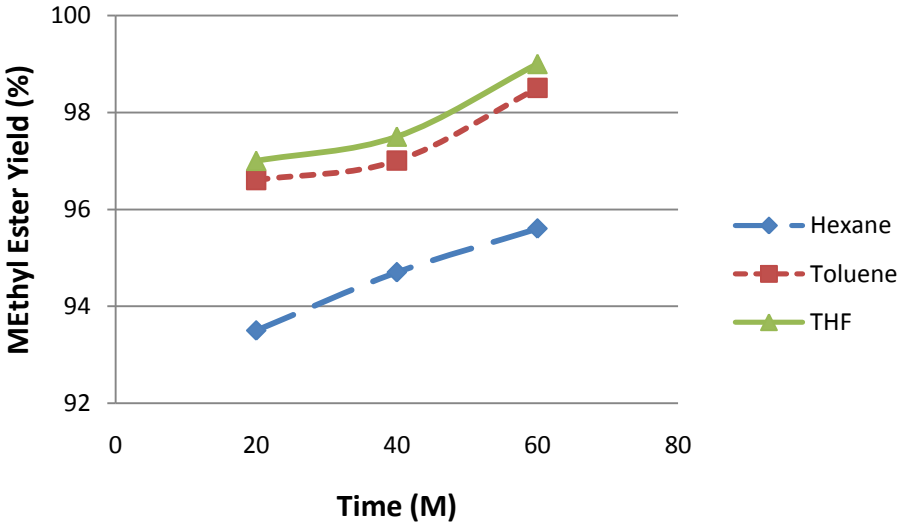
4.4.5 อิทธิพลของชนิดตัวทำละลายร่วมในการทำปฏิกิริยาแบบสองขั้นตอน

การนำตัวทำละลายร่วมมาใช้ร่วมกับอุณหภูมิ ต้องพิจารณาถึงจุดเดือดของตัวทำละลายร่วมก่อนที่จะนำมาใช้ในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน คือ ให้จุดเดือดของตัวทำละลายใกล้เคียง หรือสูงกว่าจุดเดือดของเมทานอลเพื่อป้องกันการระเหยกลายเป็นไอ ซึ่งในการทดลอง จะใช้เฮกเซน, โทลูอีนและเตตระไฮโดรฟูแรนที่มีจุดเดือดที่ 68, 66 และ110 °C ตามลำดับ แล้วใช้สัดส่วนตัวทำละลายร่วมต่อเมทานอล 1:1 โดยปริมาตร นำมาทดลองในสัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 6:1 และ 9:1 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1 โดยน้ำหนักของน้ำมัน ดังรูปที่ 4.8 และ 4.9 จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้เตตระไฮโดรฟูแรนเป็นตัวทำละลายร่วมสามารถช่วยเพิ่มการละลายระหว่างเมทานอลกับน้ำมัน ได้ดีกว่าการใช้โทลูอีนและเฮกเซนเป็นตัวทำละลาย โดยที่ปฏิกิริยา ที่ใช้เตตระไฮโดรฟูแรนเป็น ตัวทำละลายร่วม อุณหภูมิ 60 °C ที่เวลา 60 นาทีจะเกิดเมทิลเอสเทอร์ร้อยละ 98.4 สำหรับอัตราส่วน 6:1 และร้อยละ 99 สำหรับอัตราส่วน 9:1 เมื่อเทียบที่อัตราส่วน 9:1 แล้วการใช้เฮกเซนและโทลูอีนจะให้

ร้อยละของเมทิลเอสเทอร์เป็น 95.6 และ 98.5 ตามลำดับจากผลการทดลองข้างต้นจะเห็นว่าการใช้เตตระไฮดโรฟูแรนเป็นตัวทำละลายร่วมจะให้ร้อยละของเมทิลเอสเทอร์มากกว่าเฮกเซนและโทลูอีน เนื่องจากเตตระไฮ โดรฟูแรนเป็นสารที่ละลายได้ทั้งสาร มีขั้วและไม่มีขั้วจึงสามารถละลายได้ทั้งเฟสน้ำมันและเฟสแอลกอฮอล์แต่โทลูอีนจะละลายได้ดีกับสารที่ไม่มีขั้วและละลายในสารที่มีขั้วได้เล็กน้อยจึงทำให้ผลผลิตที่ได้น้องลงไปด้วย สำหรับเฮกเซนจะละลายในสารที่ไม่มีขั้วเท่านั้น



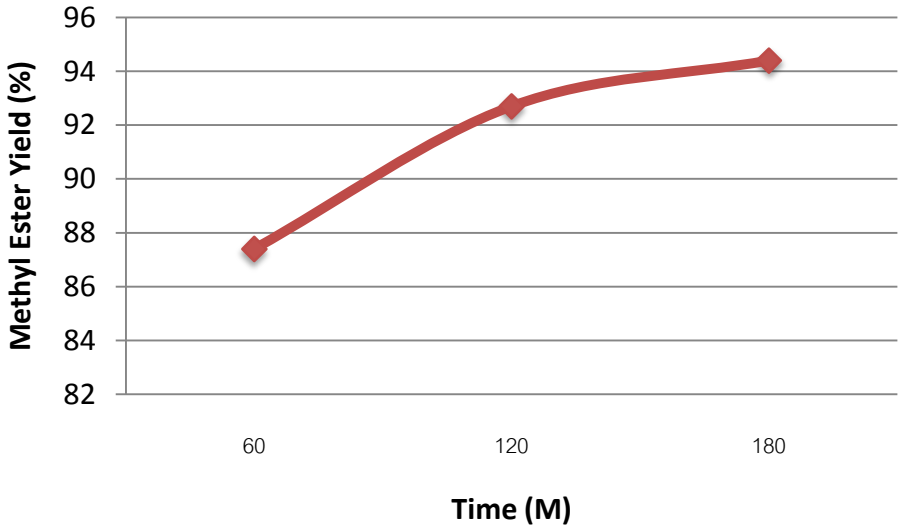
รูปที่ 4.8 อิทธิพลของอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน สัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 6:1 ตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1 โดยใช้ตัวทำละลายร่วม



รูปที่ 4.9 อิทธิพลของอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน สัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 9:1 ตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1 โดยใช้ตัวทำละลายร่วม

4.4.6 อิทธิพลของการใช้แคลเซียมออกไซด์เปลือกไข่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

การทดลองนี้เป็นการการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์ (Heterogeneous) ที่ผลิตได้จากเปลือกไข่ ในอัตราส่วนร้อยละ 3% (w/v) อัตราส่วนโดย โมลของเมทานอลต่อน้ำมันที่ 9:1 อุณหภูมิในการทาปฏิกิริยา 60°C เวลาในการทาปฏิกิริยา 60, 120 และ 180 นาที ผลของร้อยละผลผลิตเมทิลเอสเทอร์ดังแสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 สัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 9:1 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรของน้ำมัน ที่อุณหภูมิ 60 °C และสัดส่วนเตตระไฮโดรฟูแรนต่อเมทานอล1:1 โดยปริมาตร

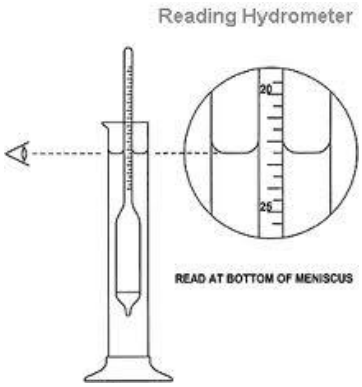
จากรูปที่ 4.10 แสดงผลร้อยละผลผลิตเมทิลเอสเทอร์ที่เวลาการทาปฏิกิริยาต่างๆ พบว่า ที่เวลาการทำปฏิกิริยา 120 และ 180 นาที ตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์จากเปลือกไข่ ให้ร้อยละผลผลิตเมทิลเอสเทอร์มากกว่า 90% โดยที่แคลเซียมออกไซด์ (CaO) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์ (Heterogeneous) ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบของแข็งที่ไม่รวมตัวเป็นเนื้อเดียวกับสารตั้งต้น พบว่าร้อยละผลผลิตเมทิลเอสเทอร์ที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันกับตัวเร่งปฏิกิริยาแบบเอกพันธุ์ (Homogeneous) คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และมีร้อยละผลผลิต เมทิลเอสเทอร์มากกว่า 90% แต่ต่างกันตรงที่ผลผลิตที่ได้จากตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์ต้องใช้เวลาในการทำปฏิกิริยามากกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาแบบเอกพันธุ์ จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาผลิตไบโอดีเซลเพื่อลดต้นทุนของแอลกอฮอล์และตัวเร่งปฏิกิริยา อีกทั้งยังสามารถลดค่าใช้จ่ายในขั้นตอนการแยกไบโอดีเซลออกจากตัวเร่งปฏิกิริยาลดขั้นตอนในการล้างไบโอดีเซลและยังสามารถลดของเสียที่เกิดจากเปลือกไข่ได้อีกด้วย

4.5 สมบัติทางเชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเงาะ

การทดสอบสมบัติของไบโอดีเซลจะใช้มาตรฐานของน้ำมันดีเซลเป็นตัวเปรียบเทียบเพื่อให้ไบโอดีเซลมีสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลให้มากที่สุด ในงานวิจัยนี้ จะเลือกภาวะที่มีโอกาสเกิดปริมาณเมทิลเอสเทอร์มากที่สุดและเหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้งานจริง ภาวะที่มีโอกาสเกิดเมทิลเอสเทอร์มากที่สุด คือ ที่สัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 9:1 อุณหภูมิ 60 ^{o}C ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 1% โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 60 นาที และใช้เตตระไฮโดรฟูแรนเป็นตัวทำละลายร่วมที่อัตราส่วน 1:1 ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่เกิดมากกว่า 98% และทำการทดสอบสมบัติของ ไบโอดีเซล จากน้ำมันเมล็ดเงาะ สมบัติของไบโอดีเซลที่ทำการทดสอบในงานวิจัยนี้ ได้แก่ ความหนาแน่น ค่าความหนืดจลย์ จุดขุ่นมัว จุดไหลเท และค่าความร้อน โดยเทียบกับมาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชน

4.5.1 การวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของน้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดเงาะ

การวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของน้ำมันไบโอดีเซลจาก น้ำมันเมล็ดเงาะ ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D1298 ในการทดสอบนี้จะใช้อุณหภูมิห้องที่ 26 ^{o}C เพราะที่อุณหภูมิ 17 ^{o}C น้ำมันไบโอดีเซลจาก เมล็ดเงาะ จะจับตัวกันเป็นไขเนื่องจากวัตถุดิบตั้งต้นเป็นน้ำมัน ที่มีกรดไขมันอิ่มตัวเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่จุดหลอมเหลวจึงสูง ซึ่งค่าความหนาแน่นของน้ำมันโดยปกติแล้วจะแปรผกผันกับอุณหภูมิ ถ้าที่อุณหภูมิสูงความหนาแน่นของน้ำมันจะ ต่ำ ถ้าอุณหภูมิต่ำความหนาแน่นจะสูง และน้ำมันที่มีโมเลกุลที่ใหญ่จะมีการจัดเรียงตัวโมเลกุลที่ชิดกันมากทำให้ความหนาแน่นสูง เมื่อน้ำมันมีโมเลกุลขนาดเล็กจะมีการจัดเรียงตัวของโมเลกุลจะกระจายตัว โอกาสที่โมเลกุลของน้ำมันจะชิดกันก็มีน้อยลงทำให้ความหนาแน่นต่ำ การวัดจะใช้ไฮโดรมิเตอร์ชนิดเบากว่าน้ำจุ่มลงไปในน้ำมันไบโอดีเซลแล้ววัดค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันไบโอดีเซลจาก เมล็ดเงาะ จาก รูปที่ 4.11 อ่านค่าจากขีดระดับของไฮโดรมิเตอร์จะได้ 0.890 ที่อุณหภูมิ 26 ^{o}C เมื่อนำค่าความหนาแน่นของน้ำที่ 4 ^{o}C มาคูณจะได้เป็นค่าความหนาแน่นของน้ำมันไบโอดีเซลจาก เมล็ดเงาะ ได้ 890 kg/m^{3} ซึ่งค่าความหนาแน่นมาตรฐานของไบโอดีเซลระดับชุมชนตามมาตรฐาน ASTM D1298 ค่าที่ได้ไม่ต่ำกว่า 860 kg/m^{3} และไม่สูงกว่า 900 kg/m^{3} ค่าความหนาแน่นที่วัดได้อยู่ในเกณฑ์จึงผ่านมาตรฐานไบโอดีเซลระดับชุมชน การนำไปใช้ในเครื่องยนต์ค่าความหนาแน่นของน้ำมันจะบ่งบอกถึงการกระจายตัวและการตกของละอองน้ำมัน ถ้าความหนาแน่นสูงกว่าค่ามาตรฐานจะให้ค่าพลังงานความร้อนสูงด้วยแต่น้ำมันจะเป็นละอองขนาดใหญ่ทำให้น้ำมันรวมกับอากาศได้ไม่ดี ทำให้การเผาไหม้ไม่ทั่วถึงไม่สมบูรณ์ เครื่องยนต์กำลังตก ถ้าความหนาแน่นต่ำกว่ามาตรฐานจะทำให้น้ำมันกระจายตัวเป็นละอองเล็กๆ พุ่งไปไม่ไกลเท่าที่ควรทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เครื่องยนต์กำลังตกเช่นกัน



รูปที่ 4.11 การใช้ไฮโดรมิเตอร์ในการวัดความถ่วงจำเพาะ

4.5.2 การวิเคราะห์ค่าความหนืดของน้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดเงาะ

การผลิตไบโอดีเซลนั้นจุดประสงค์หลักคือการลดข้อเสียของการใช้น้ำมันจากพืชและน้ำมันสัตว์ในเครื่องยนต์ดีเซลเนื่องจากมีค่าความหนืดสูงถึง 10-17 เท่าของน้ำมันดีเซล ส่งผลให้เครื่องยนต์เสียหาย ดังนั้นจึงต้องลดความหนืดลงโดยการทำให้น้ำมันหรือไขมันสลายพันธะโมเลกุลให้มีขนาดเล็กลงโดยใช้กระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชันไปตัดโครงสร้างโซ่กิ่งนั่นก็ คือ ไตรกลีเซอร์ไรด์ที่เป็นส่วนประกอบหลักในน้ำมันและไขมัน ให้เป็นโครงสร้างเอสเทอร์ของกรดไขมันให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลงน้ำมันที่ได้จะมีความหนืดที่ลดลง ถึงแม้ว่าน้ำมันจะผ่านขั้นตอนการทรานส์เอสเตอริฟิเคชันมาแล้ว น้ำมันไบโอดีเซลก็ยังมีความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลอยู่เล็กน้อย และจะแตกต่างมากขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อนำไปใช้งานที่อุณหภูมิต่ำลง น้ำมันที่มีความหนืดสูงจะไหลได้ช้ากว่าน้ำมันที่มีความหนืดต่ำ เนื่องจากน้ำมันที่มีโมเลกุลที่ใหญ่จะมีความหนาแน่นสูงการจัดเรียงตัวโมเลกุลมีโอกาสชิดกันมาก จึงทำให้มีแรงยึดของโมเลกุลน้ำมันจะมาก เมื่อน้ำมันมีโมเลกุลขนาดเล็กจะมีความหนาแน่นต่ำการเรียงตัวของโมเลกุลจะกระจายตัว โอกาสที่โมเลกุลของน้ำมันจะชิดกันก็มีน้อยลงแรงยึดของโมเลกุลน้ำมันก็จะน้อยตาม หลักการนี้จึงนำมาใช้ในการ วัดความหนืดแบบบรุคฟิลด์จะใช้หลักการ คือ น้ำมันที่มีความหนืดมากจะมีแรงต้านการเคลื่อนที่ของหัววัดแท่งโลหะในนั้นมาก และความหนืดยังแปรผันตามความหนาแน่นของน้ำมันอีกด้วย ในการทดสอบค่าความหนืดนี้จะใช้อุณหภูมิห้องที่ 30.4 ^{o}C ซึ่งน้อยกว่าค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D445 ซึ่งทดสอบที่อุณหภูมิ 40 ^{o}C ค่าที่ได้จากการวัดค วามหนืดแบบบรุคฟิลด์จะอ่านได้จากหน้าจอดิจิตอลได้ 3.2 cP หรือ 3.59 cSt ค่าที่ได้อยู่ในช่วงมาตรฐาน ไบโอดีเซลชุมชน ที่กำหนดไว้ไม่ต่ำกว่า 1.9 และไม่สูงกว่า 8.0 cSt จึงผ่านเกณฑ์มาตรฐานสามารถนำไปใช้งานกับเครื่องยนต์เกษตรได้

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบค่าความหนืดของไบโอดีเซลจากวัตถุดิบต่างๆ

วัตถุดิบที่ใช้ทำไบโอดีเซล	ค่าความหนืด (cSt)	อ้างอิง
น้ำมันมะพร้าว	3.37	[20]
น้ำมันเมล็ดเงาะ	3.59	ผู้วิจัย
น้ำมันปาล์ม	4.68	[18]

เมื่อนำค่าความหนืดมาเทียบกับไบโอดีเซลจากวัตถุดิบอื่นๆ จากตารางที่ 4.5 จะเห็นว่าไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเงาะมีค่าความหนืดน้อยกว่าน้ำมันปาล์ม อาจเป็นไปได้ว่าในการผลิตใช้สัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน มากถึง 9:1 จึงทำให้มีปริมาณเมทานอลปนอยู่ในไบโอดีเซลจึงทำให้ความหนืดน้อยกว่าไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม เมื่อนำไปใช้กับเครื่องยนต์ความหนืดของน้ำมันมีอิทธิพลต่อการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ เพราะมีผลต่อการกระจายตัว ของขนาดละอองน้ำมัน และระยะทางการพุ่งกระจายของน้ำมันซึ่งต้องมีค่าที่สอดคล้องกับปริมาตรกระบอกสูบด้วยเพื่อ การเผาไหม้ที่มี ประสิทธิภาพ มากขึ้นและกำลังเต็มที่

4.5.3 การวิเคราะห์หาค่าความร้อนของน้ำมันไบโอดีเซลจากเมล็ดเงาะ

การวัดค่าความร้อนของน้ำมันไบโอดีเซลจะใช้เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์รุ่น AC 600 ในการทดสอบจะใช้ตามมาตรฐาน ASTM D240-09 ค่าที่วัดได้เป็นค่าความร้อนแบบกรอส Gross Calorific Value หรือ Higher Heating Value (HHV) เป็นค่าความร้อนทั้งหมดของน้ำมันโดยจะรวมเอาค่าความร้อนเนื่องจากการกลั่นตัวของไอน้ำเป็นของเหลวทั้งหมดมาคิดด้วย ค่าความร้อนจะสูง หรือต่ำขึ้นกับสารไฮโดรคาร์บอนในน้ำมันเผาไหม้กับออกซิเจนในอากาศแล้วให้ความร้อน ดังนั้นเอสเทอร์ของกรดไขมันที่มีสายโซ่สั้นเป็นส่วนประกอบจะมีค่าความร้อนต่ำกว่าเอสเทอร์ของกรดไขมันที่มีสายโซ่ยาวเป็นส่วนประกอบ เพราะส่วนที่เป็นสายโซ่ยาวจะมีจำนวนคาร์บอน ไฮโดรเจน และมวลโมเลกุลที่มากกว่า กรดไขมันอิ่มตัวส่วนใหญ่จะมีค่าความร้อนมากกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งจากการวัดค่าความร้อนของน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเงาะจาก เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ จะวัดได้ 9,565.78 cal/g คิดเป็น 40,050 kJ/kg หรือ 40.05 MJ/kg แต่ค่าความร้อนสูงไม่ได้รวมอยู่ในมาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชน แต่จะอยู่ในมาตรฐานยุโรป (EN 14213) ซึ่งกำหนดให้เมทิลเอสเทอร์ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงที่ให้ความร้อนแก่เครื่องยนต์ ต้องมีค่าความร้อนสูง (HHV) ต่ำสุดที่ 35 MJ/kg ซึ่งค่าความร้อนของไบโอ

ดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเงาะที่วัดได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ค่าความร้อนที่ได้นำมาเปรียบเทียบกับน้ำมันไบโอดีเซลชนิดอื่นแล้วได้ตามตารางที่ 4.6

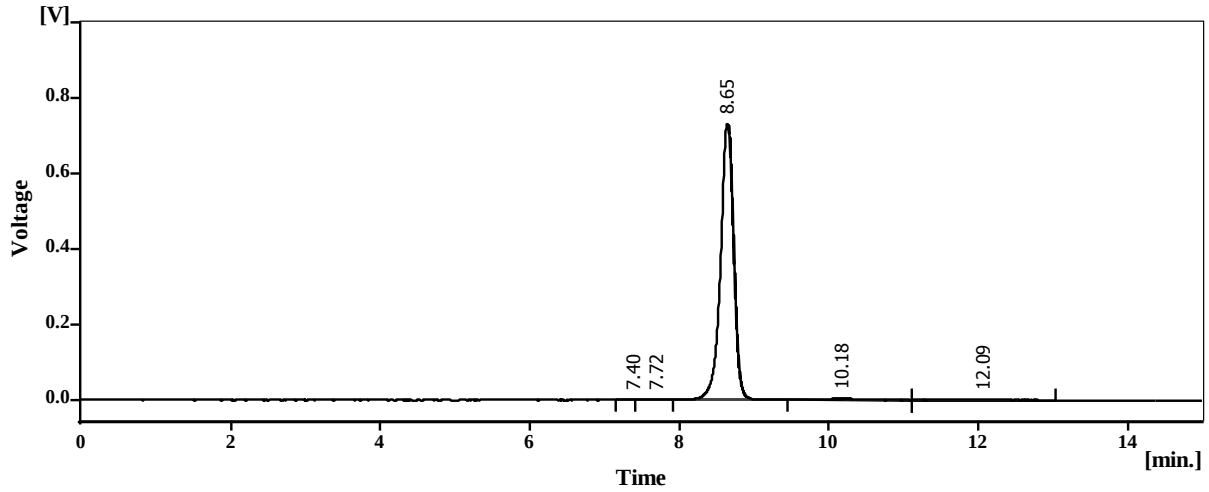
ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบค่าความร้อนของไบโอดีเซลจากวัตถุดิบต่างๆ

วัตถุดิบที่ใช้ทำไบโอดีเซล	ค่าความร้อนของเมทิลเอสเทอร์ (kJ/kg)	อ้างอิง
น้ำมันจากเมล็ดเงาะ	40,050	ผู้วิจัย
น้ำมันมะพร้าว	38,190	[20]
น้ำมันปาล์ม	39,300	[18]

จากตารางที่ 4.4 พบว่าเมื่อเปรียบเทียบค่าความร้อนของไบโอดีเซลจากปาล์มที่เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทยแล้วนับว่ามีค่าสูงกว่าเนื่องจากเป็นน้ำมันจาก เมล็ดเงาะ ซึ่งมีองค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัวสูงกว่า ซึ่งน้ำมันจากเมล็ดเงาะมีค่าความร้อนมากกว่าน้ำมันปาล์มที่เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทยประมาณ 1.9% ถือว่าเป็นวัตถุดิบทางเลือกหนึ่งที่สามารถใช้ทดแทนน้ำมันปาล์มได้

4.5.4 การวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของไบโอดีเซล

การวิเคราะห์หา ความบริสุทธิ์ของ เมทิลเอสเทอร์ที่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยวิเคราะห์จากเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ติดตั้งเครื่องตรวจวัดแบบอีแวพพอเรทีฟไลท์สแคทเทอริ่ง (Evaporative Light Scattering Detector; ELSD) รุ่น Sedex 55 คอลัมน์ชนิด Size Exclution ขนาดคอลัมน์ 7.08 x 300 มิลลิเมตร บรรจุด้วยโพลิเมอร์ขนาด 5 μm ความพรุน 100 ^{o}A ยี่ห้อ Phenogel โดยใช้ตัวชะ (Mobile Phase) เป็น 100% Toluene, 0.25% Acetic Acid ที่อัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที ผลที่ได้แสดงเป็นโครมาโตรแกรมดังรูปที่ 4.20 ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่เกิดขึ้นมากกว่า 98% ถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานของไบโอดีเซลชุมชน ซึ่งกำหนดไว้ที่ 96.5%



รูปที่ 4.12 โครมาโตแกรมของเมทิลเอสเทอร์จากเครื่อง HPLC ที่สัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 9:1 อุณหภูมิ 60 °C ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 1% โดยน้ำหนัก อัตราส่วนเตตระไฮโดรฟูแรนกับเมทานอล 1:1 เป็นเวลา 60 นาที

ตารางที่ 4.7 ผลของสมบัติทางเชื้อเพลิงของไบโอดีเซลที่ได้เทียบกับมาตรฐานมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน

ข้อกำหนดคุณภาพ	วิธีทดสอบ	อัตราสูงต่ำ	ค่าที่วัดได้	
ค่าความหนาแน่น ณ.อุณหภูมิ 25 °C (kg/ m^3)	ASTM D1298	860-900 kg/m^3	860 kg/m^3	ผ่าน
ค่าความหนืด ที่อุณหภูมิ 30 °C (cSt)	ASTM D445	1.9-8.0 cSt	3.59 cSt	ผ่าน
ค่าความร้อนของการเผาไหม้ (MJ/kg)	EN 14213	Min 35 MJ/kg	40 MJ/kg	ผ่าน
ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ (%wt)	EN 14103	Min 96.5%wt	99%wt	ผ่าน

จากตารางที่ 4.7 จะพบว่าสมบัติทางเชื้อเพลิงของไบโอดีเซลจาก น้ำมันเมล็ดเงาะ ที่ได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานไบโอดีเซลชุมชน ซึ่งสามารถนำไปใช้งานในเครื่องยนต์เกษตรได้

4.6 การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

4.6.1 การคำนวณต้นทุนในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเงาะ (เฉพาะวัตุดิบ)

การคำนวณราคาไบโอดีเซลที่ผลิตโดยใช้เครื่องผลิตไบโอดีเซลต้นแบบของ นายชิน ผางนุ้ย [19] สามารถผลิตได้ 50 ลิตรต่อรอบการผลิตแต่จากการทดลองข้างต้นต้องใช้กระบวนการแบบสองขั้นตอนจึงต้องรวมค่าตัวเร่งปฏิกิริยากรดและตัวทำละลายร่วมเข้าไปด้วย โดยจะคำนวณที่สองสภาวะ คือ

1) ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันคือ 9:1 ตัวเร่งปฏิกิริยาปีนกรดซัลฟูริกเข้มข้น 2 โมลต่อลิตร อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 120 นาที

ราคาไบโอดีเซล 1 ลิตร = ค่าน้ำมันเมล็ดเงาะ + ค่าเมทานอล + ค่ากรดซัลฟูริก + ค่าน้ำ + ค่าไฟ + ค่าแรงงาน

ค่าน้ำมันเมล็ดเงาะ = 0 บาท/ลิตร
ค่าสารสกัด(เฮกเซน) = 80 บาท/ลิตร
ต้องใช้เฮกเซน 1 ลิตร แต่สารสกัดสามารนำกลับมาใช้ใหม่ได้มากกว่า 10 รอบ
ดังนั้น ค่าสารสกัด = 8 บาท
ราคาเมทานอล = 11.90 บาท/ลิตร
ในการผลิตไบโอดีเซล 1 ลิตรต้องใช้เมทานอล 0.306 ลิตร
ดังนั้น ค่าเมทานอล = (11.90)(0.306)
= 3.64 บาท
ค่ากรดซัลฟูริก(ราคา 180 บาท/ลิตร)
ในการผลิตไบโอดีเซล 1 ลิตร ต้องใช้กรดซัลฟูริก 0.106 ลิตร
ดังนั้นค่ากรดซัลฟูริก = (180)(0.106)
= 19.08 บาท
ค่าน้ำ = (0.96)((1/1000) หน่วย)(8.2 บาท/หน่วย) = 0.0078 บาท
ค่าไฟ = ค่าไฟจากheater + ค่าไฟจาปั้ม
= (0.96)(1.20 กิโลวัตต์ x 2 ชั่วโมง)(2.97 บาท/หน่วย)(1/50) + ((0.96)(0.46 กิโลวัตต์) x (1.5 ชั่วโมง)(2.97 บาท/หน่วย)(1/50))
= 0.18 บาท

ค่าแรง = 2 บาท

ดังนั้นไบโอดีเซล 1 ลิตรราคาเท่ากับ = 8 + 3.64 + 19.08 + 0.0078 + 0.18 +2

= 32.9 บาท

2) ปฏิกิริยาแบบสองขั้นตอนที่อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันคือ 9:1 ตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นกรดซัลฟูริกเข้มข้น 2 โมลต่อลิตรและโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก ใช้ตัวทำละลายร่วมเป็นเตตระไฮโดรฟูแรนต่อเมทานอล 1:1 อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที

ราคาไบโอดีเซล 1 ลิตร = (ค่าน้ำมันเมล็ดเงาะ + ค่าเมทานอล + ค่ากรดซัลฟูริก) + เมทานอลในขั้นตอนที่สอง + เตตระไฮโดรฟูแรน + ค่าโซเดียมไฮดรอกไซด์ + ค่าน้ำ + ค่าไฟ + ค่าแรงงาน

ค่าเตตระไฮโดรฟูแรน(ราคา 102 บาท/ลิตร)

ในการผลิตไบโอดีเซล 1 ลิตร ต้องใช้กรดซัลฟูริก 0.306 ลิตร

ดังนั้นค่าเตตระไฮโดรฟูแรน = (102)(0.306)

= 31.2 บาท

ดังนั้นไบโอดีเซล 1 ลิตรราคาเท่ากับ = (8 + 3.64 + 19.08) + 3.64 + 31.2 + 0.0078 + 0.24 + 2

= 67.7 บาท

จากการคำนวณด้านบนจะเห็นว่าการผลิตไบโอดีเซลจากเมล็ดเงาะโดยใช้ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่นเพียงอย่างเดียวจะมีราคาถูกกว่าการใช้ปฏิกิริยาแบบสองขั้นตอนเนื่องจากว่าในปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่นนั้นมีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเพียงครั้งเดียวต่างจากปฏิกิริยาแบบสองขั้นตอนที่ต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาถึงสองครั้งทำให้มีต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นประกอบกับในปฏิกิริยาแบบสองขั้นตอนนั้นต้องใช้ตัวทำละลายร่วมเพื่อแก้ไขความเป็นไขของน้ำมันเมล็ดเงาะทำให้ต้นทุนยิ่งสูงขึ้นไปอีก

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 สมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันจากเมล็ดเงาะ

เมล็ดเงาะ ได้มาจาก โรงงาน มาลี สามพราน จ.นครปฐม โดยที่เงาะ 1 kg จะได้ปริมาณเนื้อ เงาะประมาณ 54.14% เมล็ดเงาะประมาณ 7.55% ของน้ำหนัก นำเมล็ดเงาะที่ได้มาอบให้แห้งและบดให้ละเอียด จากนั้นนำมาสกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซน จะได้สัดส่วนปริมาณน้ำมันประมาณ 30% น้ำมันจากเมล็ดเงาะที่สกัดมาได้มีสีเหลืองใสเก็บใส่ขวดสีชาเพื่อป้องกันการทำปฏิกิริยากับแสง เมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องที่ 25 ^{o}C น้ำมันจะเป็นไขแข็งสีขาวนวล ดังนั้นเมล็ดเงาะจึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาผลิตเป็นไบโอดีเซล เนื่องจากเมล็ดเงาะเป็นไขได้ง่ายทำให้เกิดความซับซ้อนในกระบวนการผลิต

5.1.2 ปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้น

น้ำมันที่ได้เมื่อทำการวัดกรดไขมันอิสระแล้วจะมีค่าอยู่ที่ 4.5% และจะนำน้ำมันใส่ ขวดสีชาปิดจุกให้มิดชิด เมื่ออุณหภูมิลดลง จะอยู่ในรูปไขที่อุณหภูมิห้อง จึงเป็นการเก็บรักษาคุณภาพน้ำมันที่ดีกว่าการเก็บในรูปแบบที่เป็นเมล็ดแล้วนำไปแช่เย็น ปริมาณร้อยละกรดไขมันอิสระที่เกิดจากการจุลินทรีย์ โปรตีน และความชื้นที่อยู่ใน เมล็ดเงาะถูกสกัด ออกหมดเหลือแต่ไขมันอย่างเดียวโอกาสในการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสจึงน้อยมาก ทำให้ปริมาณกรดไขมันอิสระ เพิ่มขึ้นน้อยตามไปด้วย เมื่อตั้งทิ้งไว้สภาพน้ำมันจะเปลี่ยนเป็นไขที่อุณหภูมิห้องจะเกิดปฏิกิริยา ออกซิเดชันเพียงบริเวณผิวหน้าชั้นบนของไข ซึ่งไขที่แข็งบนปากขวดจะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้อากาศหรือความชื้นเข้าไปทำปฏิกิริยากับไขส่วนที่อยู่กลางขวด และก้นขวดสีชาจึงทำให้ปริมาณกรดไขมันอิสระที่ค่อยๆ เกิดขึ้นน้อยตามไปด้วย

5.1.3 การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเงาะโดยใช้ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน

การผลิตไบโอดีเซลจาก น้ำมันเมล็ดดเงาะ สัดส่วนที่เหมาะจะไปใช้ทำปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน คือ ที่สัดส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 9:1 อุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยา 60 ^{o}C โดยใช้กรดซัลฟูริกเป็น ตัวเร่งปฏิกิริยาความเข้มข้น 2 โมลต่อลิตร เวลาที่ใช้ทำปฏิกิริยา 120 นาที จะได้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่เกิดขึ้นมากกว่าร้อยละ 96 จากการทดลองสังเกตุได้ว่า ที่สัดส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมัน 9:1 จะได้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่มากกว่าร้อยละ 96 แต่เมื่อใช้ปริมาณเมทานอลในปริมาณที่มาก ขึ้นกลับทำให้ได้ผลผลิตน้อยลงเนื่องจากอาจเกิดผลพรอยได้จากกระบวนการเอสเทอริฟิเคชั่นซึ่งก็คือน้ำ ในกระบวนการผลิต

5.1.4 การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเงาะด้วยปฏิกิริยาแบบสองขั้นตอนโดยไม่ใช้ตัวทำละลายร่วม

การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเงาะ โดยไม่ใช้ตัวทำละลายร่วม จะใช้น้ำมันที่ผ่านปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันในอัตราส่วน 9:1 ที่เวลา 120 นาทีในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยจะทำการทดลองที่สัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันที่ 6:1, 9:1 และ 12 พบว่าที่อัตราส่วน 12:1 เป็นอัตราส่วนที่ให้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์มากที่สุดประมาณ 97% แต่ที่อัตราส่วน 6:1 และ 9:1 จะเกิดเป็นเจล เนื่องจากว่าปริมาณเมทานอลที่น้อยเกินไปอาจทำให้ปฏิกิริยาเกิดไม่สมบูรณ์

5.1.5 การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเงาะด้วยปฏิกิริยาแบบสองขั้นตอนโดยใช้ตัวทำละลายร่วม

การผลิตไบโอดีเซลจาก เมล็ดเงาะ โดยใช้ตัวทำละลายร่วมในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันโดยจะไม่ทำการทดลองที่สัดส่วนโดยโมลเมทานอลต่อน้ำมันที่ 12:1 เนื่องจากได้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ที่สูงจึงไม่จำเป็นต้องนำตัวทำละลายร่วมมาใช้ จึงทดลองที่โมลเมทานอลต่อน้ำมัน 6:1 และ 9:1 และสัดส่วนตัวทำละลายร่วมต่อเมทานอล 1:1 โดยปริมาตร พบว่าเมื่อเพิ่มตัวทำละลายร่วมเข้าไปจะทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้สมบูรณ์โดยที่ตัวทำละลายที่ให้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์สูงที่สุดคือเตตระไฮโดรฟูแรน ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ได้ของอัตราส่วน 6:1 และ 9:1 ประมาณ 98.4% และ 99% ตามลำดับ ที่อุณหภูมิเดียวกัน

5.1.6 การใช้แคลเซียมออกไซด์จากเปลือกไข่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

การทดลองผลิตไบโอดีเซลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ที่ได้จากเปลือกไข่เปรียบเทียบกับตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่สภาวะเดียวกัน พบว่า ในเวลาการทำปฏิกิริยาที่ 180 นาที ตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ที่ได้จากเปลือกไข่ให้ร้อยละผลผลิตของ เมทิลเอสเทอร์สูงกว่า 90% ซึ่งใกล้เคียงกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ แต่โซเดียมไฮดรอกไซด์จะใช้เวลาเร็วกว่ามาก สรุปได้ว่า ตัวเร่งปฏิกิริยาแคลเซียมออกไซด์ที่จะได้จากเปลือกไข่สามารถเร่งปฏิกิริยาในการผลิตไบโอดีเซลได้ช้ากว่าโซเดียมไฮดรอกไซด์เนื่องจากแคลเซียมออกไซด์มีความเป็นเบสต่ำกว่าโซเดียมไฮดรอกไซด์จึงมีผลต่อเวลาในการทำปฏิกิริยา

5.1.7 การวิเคราะห์สมบัติเชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเงาะ

การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเงาะจะได้น้ำมันที่มีสีเหลืองใส เหมาะในการนำไปแต่งสีน้ำมันให้เป็นสีม่วงเพื่อแบ่งชนิดสีระหว่างไบโอดีเซลชุมชนกับน้ำมันดีเซลให้ชัดเจน ซึ่งไบโอดีเซลที่ใช้ตัวทำละลายร่วมในปฏิกิริยาสามารถเพิ่มปริมาณเมทิลเอสเทอร์ได้ ความหนืดลดลง แต่ยังไม่สามารถนำไปใช้งานได้จริง เนื่องจากมีปริมาณตัวทำละลายร่วมเหลืออยู่ในไบโอดีเซล จึงเป็นเพียงแนวทางในการผลิตที่สามารถนำไปใช้ที่สัดส่วนโมลเมทานอลต่อน้ำมันน้อยๆ แต่ในด้านการนำไปใช้งานจริงในชุมชนจะใช้แบบไม่ใช้ตัวทำละลายร่วม โดยเลือกภาวะที่เกิดเมทิลเอสเทอร์มากที่สุดแล้วนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเชื้อเพลิงตามมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชนในการผลิตเพื่อใช้เอง ไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเงาะ มีค่าความหนืด 3.59 cSt ซึ่งมีค่าใกล้เคียงไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวที่มีค่าความหนืด 3.37 cSt นำไบโอดีเซลที่ได้มาเปรียบเทียบกับมาตรฐานไบโอดีเซลชุมชนที่กำหนดไว้ที่ 1.9-8.0 cSt จะอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดสามารถใช้งานได้กับเครื่องยนต์เกษตร และค่าความร้อนก็สูงกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่นๆ อีกด้วย

5.1.8 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ในด้านเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นเพื่อการนำ น้ำมันจากเมล็ดเงาะ ไปใช้งาน ซึ่งเมล็ดเงาะเป็นของที่ทางโรงงานเงาะกระป๋องเหลือทิ้งอยู่แล้วจึงไม่เสียค่าใช้จ่าย ส่งผลให้ต้นทุนหลักอยู่ที่การสกัดน้ำมัน ราคาต้นทุนไบโอดีเซลจะมีราคาสูงหรือต่ำ ก็ขึ้นอยู่กับราคาวัตถุดิบเป็นหลัก จะเห็นได้ว่าราคาไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มมีราคาสูงกว่า เมล็ดเงาะ เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ผลิตไบโอดีเซลนั้นยังเป็นอาหารที่สามารถนำมาบริโภคได้อยู่จึงทำให้มีราคาในท้องตลาด ส่วนเมล็ดเงาะนั้นไม่ นิยมนำมาบริโภคจึงทำให้มีราคาที่ต่ำหรือนำไปทิ้ง ถ้าทำในเชิงพาณิชย์แล้วไม่มีแหล่งวัตถุดิบเป็นของตนเองจะไปรับซื้อก็จะต้องเสียค่าวัตถุดิบจากค่าขนส่งหรือการตั้งราคาวัตถุดิบจากคนกลางอีก ทำให้ต้นทุนสูงขึ้นไปอีกจึงไม่คุ้ม ไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเงาะจึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในแหล่งที่ที่มีวัตถุดิบเป็นของตนเองเช่น โรงงานเงาะกระป๋อง ซึ่งสามารถทดแทนน้ำมันดีเซลที่อาจมีแนวโน้มราคาสูงขึ้นกว่า 30 บาทต่อลิตร แต่ไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดเงาะมีราคา 32.9 บาท/ลิตร ซึ่งยังแพงกว่าราคาน้ำมันดีเซลในปัจจุบัน แต่ถ้าอนาคตรัฐบาลยกเลิกการจัดเก็บเงินเข้ากองทุนน้ำมัน รวมทั้งประชาชนใส่ใจปัญหาด้านพลังงานของประเทศมากขึ้น ร่วมใจใช้พลังงานทดแทนอย่างจริงจัง ถึงตอนนั้นไบโอดีเซลจะมีบทบาทความสำคัญต่อภาคครัวเรือนและภาคขนส่งของประเทศไทยอย่างแน่นอน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกระบวนการผลิตไบโอดีเซลแบบอื่นเช่น การทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นแบบสองขั้นตอน

2) ควรศึกษาวิธีแก้ไขความเป็นไขของเมล็ดเงาะนอกจากการใช้ตัวทำละลายร่วม

3) ควรศึกษาการนำน้ำมันไบโอดีเซลจาเมล็ดเงาะไปใช้ในเครื่องยนตร์จริง