บทที่ 5
การวิเคราะห์และสรุปผลโครงงาน

5.1 สรุปคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงจากการทดลอง

น้ำมันพืชที่นำมาทดลองคือน้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าวมีค่าความร้อนที่ใกล้เคียงกัน โดยน้ำมันมะพร้าวมีค่าความร้อน 8853 (Cal/g) และน้ำมันปาล์มมีค่าความร้อน 9416 (Cal/g) ซึ่งน้ำมันทั้งสองเป็นน้ำมันที่ได้จากพืช (vegetable oil) ให้ค่าความร้อนประมาณ 81-87 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำมันดีเซล จากการศึกษาข้อมูลทำให้คาดการณ์ได้ระดับหนึ่งว่าสาเหตุที่น้ำมันปาล์มมีค่าความร้อนมากกว่าน้ำมันมะพร้าว เพราะถ้าพิจารณาถึงสูตรทางโมเลกุลน้ำมันปาล์มมีจำนวนอะตอมคาร์บอนมากกว่าน้ำมันมะพร้าวโดยน้ำมันปาล์มมีจำนวนอะตอมคาร์บอน 16 อะตอม ส่วนน้ำมันมะพร้าวมีจำนวนอะตอมคาร์บอน 12 อะตอมและ น้ำมันปาล์มมีองค์ประกอบของกรดไขมันประเภทไขมันไม่อิ่มตัว (Fatty acid) คือกรดโอลิอิก (Oleic) 38-39 เปอร์เซ็นต์ส่วนน้ำมันมะพร้าวมีกรดลอริก (Lauric) ซึ่งเป็นกรดไขมันอิ่มตัวประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์ และหากพิจารณาที่ค่าไอโอดีน (Iodine number) น้ำมันปาล์มมีค่า ไอโอดีน 35-61 ส่วนน้ำมันมะพร้าวมี ค่าไอโอดีน 6-12 ซึ่งค่าไอโอดีนบ่งชี้ว่าถ้าค่าไอโอดีนมาก ระดับพลังงานของสารนั้นก็จะมากคือมีพันธะภายในเป็นพันธะคู่จึงสรุปได้ว่าสาเหตุประการหนึ่งที่ทำให้น้ำมันปาล์มมีค่าความร้อนมากกว่าน้ำมันมะพร้าวเพราะคุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันทั้งสองชนิด

น้ำมันที่จะนำมาทดแทนในเครื่องยนต์ดีเซลนั้นจุดประสงค์หลักเพื่อศึกษาว่าน้ำมันนั้นสามารถทดแทนในเครื่องยนต์ดีเซลได้หรือไม่ คือพิจารณาว่าน้ำมันนั้นสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องยนต์ และให้กำลังได้ใกล้เคียงหรือดีกว่าน้ำมันดีเซล ซึ่งน้ำมันพืชทั้งสองชนิดที่นำมาศึกษานั้นก็มีค่าความร้อนที่ใกล้เคียงน้ำมันดีเซล แต่ปัญหาหลักก็คือคุณสมบัติทางด้านความหนืด ซึ่งมีความสำคัญมากเพราะจากการวิจัยทั่วโลกจะทราบว่าค่าความหนืดของน้ำมันพืชที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลก่อให้เกิดผลกระทบด้านการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงไม่ว่าจะเป็นปัญหาการสึกหรอของปั๊มหัวฉีด ปัญหาการฉีดน้ำมันเป็นฝอยของหัวฉีด ปัญหาการสึกหรอของหัวฉีดและชิ้นส่วนที่น้ำมันเคลื่อนที่ผ่าน

น้ำมันปาล์มผสมกับน้ำมันดีเซล พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวได้ทรงคิดค้นสูตรน้ำมันสูตรนี้ และน้ำมันก๊าดผสมกับน้ำมันมะพร้าวเป็นสูตรน้ำมันที่เกษตกรชาวทับสะแกเป็นผู้คิดค้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าน้ำมันทั้งสองสูตรนี้ได้มีการปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำมันพืชในเรื่องความหนืด คือเมื่อน้ำมันปาล์มผสมกับน้ำมันดีเซลทำให้ค่าความหนืดของน้ำมันปาล์มลดลง และเช่นเดียวกันน้ำมัน

มะพร้าวความหนืดก็ลดลงด้วยเมื่อทำการผสมกับน้ำมันก๊าด ทั้งน้ำมันดีเซลและน้ำมันก๊าดมีค่าความร้อนที่ใกล้เคียงกัน จึงถือได้ว่าน้ำมันดีเซลและน้ำมันก๊าดเป็นสารปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าว

เมื่อพิจารณาถึงส่วนผสมของน้ำมันปาล์มที่มีอัตราส่วนผสมดังนี้คือ น้ำมันปาล์ม 20 ส่วน ต่อ น้ำมันดีเซล 80 ส่วน , น้ำมันปาล์ม 50 ส่วน ต่อ น้ำมันดีเซล 50 ส่วน , น้ำมันปาล์ม 80 ส่วน ต่อ น้ำมันดีเซล 20 ส่วน ตามลำดับ จากการทดลองคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิด น้ำมันปาล์ม 80 ต่อน้ำมันดีเซล 20 มีค่าความหนืดสูงที่สุด ซึ่งก็เป็นไปตามหลักการของอัตราส่วนผสมที่น้ำมันที่มีส่วนผสมของน้ำมันดีเซลน้อย จะมีความหนืดมากที่สุด น้ำมันที่มีส่วนผสมของน้ำมันดีเซลมากจะมีความหนืดน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาถึงค่าความหนืดเพียงค่าเดียวน้ำมันผสมที่มีค่าความหนืดใกล้เคียงน้ำมันดีเซล คือน้ำมันปาล์ม 20 ต่อน้ำมันดีเซล 80 โดยจากการศึกษาพบว่าการใช้งานสามารถใช้ทดแทนในเครื่องยนต์ดีเซลได้ แต่อายุการใช้งานของเครื่องยนต์จะสั้นลง ถ้าเครื่องยนต์ไม่ได้มีการปรับปรุง ดัดแปลงแก้ไข

ส่วนน้ำมันมะพร้าว 20 ส่วนต่อน้ำมัน ก๊าด 1 ส่วน ค่าความหนืดลดลงเมื่อมีการปรับปรุงเมื่อเติมน้ำมันก๊าดแต่ก็ยังมีค่าความหนืดที่สูงอยู่ และไม่ได้ปรับปรุงในส่วนของค่าความร้อนเท่าไรนัก ผลกระทบจึงเกิดขึ้นได้ ซึ่งจะมีปัญหาในเรื่องของไขมันกับตะกอนที่แขวนลอยในน้ำมันเป็นเหตุให้กรองน้ำมันดีเซลอุดตันเร็วกว่าปกติและเมื่อไขมันเจอน้ำที่อยู่บริเวณกรองดักน้ำก็จะทำให้กลายเป็นไขซึ่งเป็นสาเหตุทำให้กรองน้ำมันอุดตันเมื่อใช้เชื้อเพลิงชนิดนี้

คุณสมบัติอื่น ๆ ที่มีความสำคัญต่อการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล คือจุดหลอมเหลว น้ำมันปาล์มมีจุดหลอมเหลว 35 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดปัญหาในส่วนการสตาร์ทเครื่องยนต์ ส่วนน้ำมันมะพร้าวมีจุดหลอมเหลวที่ 25 องศาเซลเซียส ปัญหานี้แก้ไขได้โดยการติดตั้งระบบอุ่นน้ำมันเชื้อเพลิงและ ปัญหาของการเกิดกัมหรือยางที่จะทำให้หัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเกิดการอุดตันได้ ปัญหานี้แก้ไขได้โดยทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ ปัญหาการจับเกาะของถ่านคาร์บอน (coking) ที่หัวฉีดซึ่งเป็นปัญหาร้ายแรงมีผลให้น้ำมันหล่อลื่นในอ่างน้ำมัน (crankcase) ใสขึ้นเป็นผลเสียต่อระบบหล่อลื่นเกิดการติดของแหวนลูกสูบ สาเหตุของ Coking เชื่อว่าเกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ในห้องเผาไหม้ และ ปัญหาการเกิดตะกอนทำให้หม้อกรองน้ำมันอุดตันได้

จากการวิเคราะห์สรุปได้ว่าเมื่อทำการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันพืชโดยทำการผสมน้ำมันดีเซลแล้วแต่ก็ไม่สามารถทำให้น้ำมันผสมนี้มีคุณสมบัติที่เหมือนกับน้ำมันดีเซลทุกประการได้ โดยค่าความร้อนและค่าซีเทนอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ส่วนค่าความหนืดมีคุณสมบัติที่ดีขึ้นแต่ก็ไม่สามารถอยู่ในเกณฑ์ที่ดีโดยน้ำมันปาล์ม 20 ต่อ น้ำมันดีเซล 80 ซึ่งมีค่าความหนืดน้อยที่สุดนั้นแต่มีค่าความหนืดมากกว่าน้ำมันดีเซลอยู่ 2 เท่า ซึ่งเพียงพอที่จะทำให้เกิดความเสียหายได้ในส่วนของเครื่องยนต์ที่ทำงานที่แรงดันสูง ๆ

สรุปปัญหาของการใช้น้ำมันผสมระหว่างปาล์มต่อดีเซล ที่อัตราส่วนต่าง ๆ และ น้ำมันก๊าดต่อน้ำมะพร้าว สามารถแก้ไขได้ โดยพิจารณาในหัวข้อหลัก ๆ ดังนี้ คือ

1. ปรับหรือดัดแปลงน้ำมัน เช่น การเติมสาร additives หรือการดัดแปลงน้ำมันพืชเป็นสารพวกเมทิลเอสเทอร์ เพื่อลดค่าความหนืดของน้ำมันลง
2. ปรับหรือดัดแปลงเครื่องยนต์
3. ดัดแปลงน้ำมันและดัดแปลงเครื่องยนต์

ตารางที่ 5.1 สรุปคุณสมบัติจากการทดลอง

น้ำมัน	ความหนาแน่น (g/ml)	ความหนืดเชิงจลน์ (sCt)ที่ 40^0C	ค่าความร้อน (Cal/g)
น้ำมันดีเซล	0.8099	3.46	10883.07
น้ำมันปาล์ม	0.8926	41.79	9416.67
น้ำมันมะพร้าว	0.9197	24.44	8853.86
น้ำมันก๊าด	0.7844	1.80	10904.42
ดีเซล 80:ปาล์ม20 ส่วน	0.8760	5.58	10676.79
ดีเซล 50:ปาล์ม50ส่วน	0.8512	11.79	10080.07
ดีเซล 20:ปาล์ม 80ส่วน	0.8264	23.37	9552.94
มะพร้าว20 : ก๊าด 1ส่วน	0.9166	23.53	8890.44

5.2 วิเคราะห์ผลจากการรวบรวมโครงงานวิจัย

น้ำมันพืช ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดนั้น ถ้าทดสอบในช่วงระยะเวลาสั้นๆ กำลังของเครื่องยนต์ที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันกับการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง เกิดมลพิษน้อยกว่า การสึกหรอที่เกิดจากการใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงไม่ค่อยชัดเจน แต่ถ้าทดสอบในช่วงระยะเวลานานๆ การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เครื่องสะดุด การสึกหรอที่เกิดจากการเสียดสีจะเห็นได้อย่างชัดเจน เพราะคราบเขม่าคาร์บอนเกาะสะสมในห้องเผาไหม้ เนื่องจากน้ำมันพืชทำให้เกิดคาร์บอนมากกว่า เกิดตะกอนอยู่ในถังน้ำมันแล้วทำให้น้ำมันหนืดขึ้น อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจะสูงกว่าการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง เพราะค่าความร้อนของน้ำมันพืชต่ำกว่าน้ำมันดีเซล การใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงนั้นปัญหาที่สำคัญ คือ ความหนืด เพราะน้ำมันพืชมีความหนืดสูง อาจจะเกิดการสึกหรอที่ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงเพราะในปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงมีบางส่วนที่หล่อลื่นด้วยตัวของน้ำมันเชื้อเพลิงเอง ช่องว่างระหว่างส่วนต่างๆนั้นเล็กเป็นผลให้ไม่สามารถไปหล่อลื่นได้ และทำให้การสตาร์ทเครื่องติดยาก ต้องใช้หัวเผาในการสตาร์ท ดังนั้นการที่จะใช้น้ำมันพืชเป็นเชื้อเพลิงต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์อื่นเพิ่มเติม เช่น Heater ใช้อุ่นน้ำมันพืชให้มีค่าความหนืดลดลง เพื่อทำให้ระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การใช้ถังน้ำมัน 2 ถัง ถังที่ 1 เก็บน้ำมันดีเซล ถังที่ 2 เก็บน้ำมันพืชแทน แต่เมื่อเครื่องยนต์ต้องการกำลังที่เพิ่มขึ้นอย่างกะทันหัน เครื่องยนต์สะดุดเนื่องจากน้ำมันพืชไหลไม่ทันตามต้องการ และปัญหาสุดท้ายเรื่องความสะอาด ซึ่งอาจจะทำให้เกิดปัญหาการอุดตันของไส้กรองได้

น้ำมันพืชผสมน้ำมันดีเซล การที่จะใช้น้ำมันผสมระหว่างน้ำมันพืชกับน้ำมันดีเซล ต้องดูที่ระดับความเข้มข้นในการผสมน้ำมันพืช เพราะถ้าต้องการคุณสมบัติของน้ำมันผสมให้มีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ก็ต้องผสมน้ำมันดีเซลในปริมาณมากๆและน้ำมันพืชน้อยๆ ถ้าใช้น้ำมันปาล์มอาจจะมีปัญหาเรื่องความหนืด และควันดำ การผสมระหว่างน้ำมันพืชกับน้ำมันดีเซลทำให้ลดปัญหาเรื่องความหนืดลงบ้าง แต่ก็ยังมีปัญหาที่สภาพอากาศเย็นเหมือนเดิม ไส้กรองอาจจะอุดตันเร็วกว่าปกติ พบเศษตะกอนอยู่เล็กน้อยที่บริเวณลูกสูบ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสูงกว่า อายุการทำงานของเครื่องยนต์จะสั้นกว่าปกติ เพราะผลจากการสึกหรอที่เกิดจากการสะสมคราบเขม่าคาร์บอนที่ระยะเวลานานๆ การใช้น้ำมันผสมระหว่างน้ำมันพืชกับน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงช่วยให้การเกิดมลภาวะเป็นพิษน้อยลง ลดเขม่า ควันดำ ปริมาณสารไฮโดรคาร์บอน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงตามระดับความเข้มข้นของน้ำมันพืช ช่วยลดการเกิดปรากฏการณ์โลกร้อนไม่มีกำมะถันเป็นส่วนประกอบจึงไม่ก่อให้เกิดฝนกรดแต่เกิดออกไซด์ของไนโตรเจนเพิ่มขึ้น

น้ำมันมะพร้าวกับน้ำมันก๊าด การผสมน้ำมันระหว่างน้ำมันมะพร้าวกับน้ำมันก๊าด ในอัตราส่วน 20:1 โดยปริมาตร ค่าความร้อนที่ได้จะใกล้เคียงกันกับน้ำมันดีเซล อัตราเร่ง กำลัง และแรงบิดก็ไม่ได้แตกต่างไปจากเดิมที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง เกิดมลพิษน้อยกว่าเมื่อผ่าเครื่องตรวจดูความเสียหาย พบว่า ภายในห้องเผาไหม้ไม่มีคราบเขม่าดำ แต่ปัญหาส่วนใหญ่คือเรื่องไขมันกับตะกอนที่แขวนลอยอยู่ในน้ำมัน ทำให้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงอุดตันได้เร็วกว่าปกติ สำหรับการใช้น้ำมันครั้งแรกควรให้น้ำมันในถังเหลือน้อยที่สุดและจะต้องถ่ายน้ำที่กรองดักน้ำมันออกก่อน เมื่อใช้ไปแล้วก็จะต้องหมั่นดูแลกรองน้ำมันเชื้อเพลิงกับกรองดักน้ำเป็นพิเศษ

ไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์ผสมกับน้ำมันดีเซล การใช้น้ำมันผสมระหว่างเอสเทอร์กับน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง กำลังของเครื่องยนต์ที่ได้จะใกล้เคียงกันกับน้ำมันดีเซลหรืออาจจะต่ำกว่าเล็กน้อย เพราะเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างน้ำมันผสมเอสเทอร์กับน้ำมันดีเซล น้ำมันดีเซล และไบโอดีเซลแบบแอสเทอร์ ปรากฏว่าน้ำมันผสมระหว่างเอสเทอร์กับน้ำมันดีเซลให้กำลังต่ำกว่าน้ำมันชนิดอื่นในช่วงแรกแต่เมื่อใช้ไปงานนานๆ ระยะหลังน้ำมันดีเซลมีแนวโน้มว่ากำลังของเครื่องยนต์จะตกลงมาต่ำกว่า เพราะน้ำมันผสมระหว่างเอสเทอร์กับน้ำมันดีเซลกำลังเครื่องยนต์ที่ได้ค่อนข้างคงที่ เขม่าควันดำ ปริมาณสารไฮโดรคาร์บอน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงตามระดับความเข้มข้นของเอสเทอร์ที่ผสม อัตราการสึกหรอน้อยเพราะเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงก็เกิดการสึกหรอเหมือนกันจึงไม่สามารถเปรียบเทียบได้ แต่การสึกหรออาจจะเกิดที่แหวนลูกสูบ ผนังกระบอกสูบเพราะคราบเขม่าคาร์บอน หัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและส่วนประกอบของเครื่องยนต์ที่เป็นยางในส่วนของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง ร่องรอยที่เกิดขึ้นโดยเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ปกติ อาจจะมีคราบน้ำมันบ้าง แต่ไม่เสียหายมากนัก อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์ ที่ทำการทดสอบในเครื่องยนต์ชนิดเดียวกัน

ไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์ การใช้น้ำมันไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด ทำให้กำลังของเครื่องยนต์และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงใกล้เคียงกันหรืออาจจะสูงกว่าการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ค่าประสิทธิภาพความร้อนสูงกว่าเล็กน้อยเพราะมีการเพิ่มออกซิเจนในน้ำมันเชื้อเพลิง ช่วงระยะสั้นๆจะช่วยลดปริมาณคาร์บอนที่จะทำให้เกิดคราบเขม่าคาร์บอนเกาะสะสมในห้องเผาไหม้ให้น้อยกว่าน้ำมันดีเซล เพราะมีการเผาไหม้ที่สะอาดกว่า แต่ถ้าช่วงระยะยาวอาจจะส่งผลกระทบทำให้เกิดการสึกหรอ น้ำมันบางส่วนไม่ได้เผาไหม้แต่จะไหลผ่านแหวนลูกสูบลงสู่ด้านล่างห้องข้อเหวี่ยง ทำให้อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมากสุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล และน้ำมันผสมระหว่างน้ำมันดีเซลกับไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์ การสึกหรอที่เกิดจากการเสียดสีกันระหว่างวัสดุที่มีพื้นผิวสัมผัสกันจะมีน้อยกว่าเพราะน้ำมันไบโอ

ดีเซล แบบเอสเทอร์มีคุณสมบัติการหล่อลื่นที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลมาก และอาจจะเป็นเพราะช่วงความดันสูงสุดต่ำ อัตราการเปลี่ยนแปลงความดันก็ต่ำด้วย ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมีน้อยช่วยลดอนุภาคของสารพิษ ปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่จะเพิ่มแอลดีไฮด์และไนโตรเจนออกไซด์

ผลที่เกิดจากการใช้น้ำมันไบโอดีเซลทั้งแบบเอสเทอร์ น้ำมันไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์ผสมกับน้ำมันดีเซล และน้ำมันผสมระว่างน้ำมันพืชกับน้ำมันดีเซล เนื่องจากคุณสมบัติบางประการ เช่น ค่าความร้อน ปริมาณกำมะถันต่ำ ส่วนค่าซีเทน ความหนืด ความหล่อลื่น ความตึงผิว และความหนาแน่นสูง ทำให้กำลังและทอร์กของเครื่องยนต์ที่ได้ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง อัตราการสึกหรอ และมลพิษมีค่าต่างไปจากการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง คุณสมบัติที่มีผลกระทบต่อกำลังและทอร์กของเครื่องยนต์ก็จะเป็นค่าความร้อน ค่าซีเทน ค่าความหนืด ความหล่อลื่นก็จะมีผลต่อการสึกหรอของเครื่องยนต์และปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าความร้อน ความตึงผิว ความหนืดและความหนาแน่นก็จะมีผลต่อการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงและอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง แต่คุณสมบัติทั้งหมดที่ยกตัวอย่างมาจะส่งผลโดยรวมต่อการทำงานของระบบต่างๆในเครื่องยนต์ ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ทั้งสูงขึ้นหรือต่ำลง

เนื่องจากแรงบิดของเครื่องยนต์เปลี่ยนแปลง โดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าต่อวัฏจักรโดยที่การไหลของอากาศเข้าเครื่องยนต์เกือบจะไม่เปลี่ยนแปลงเลย ทำให้เครื่องยนต์ดีเซลสามารถทำงานได้โดยไม่ต้องมีลิ้นเร่ง งานในการดูดอากาศมีน้อย (Pumping work) เป็นผลให้ประสิทธิภาพเชิงกลที่ภาระ part load สูงกว่า เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ เมื่อปริมาณของเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าไปต่อวัฏจักรเพิ่มขึ้นเพราะค่าความร้อนต่ำ ปัญหาการใช้อากาศในระหว่างการเผาไหม้จะเกิดขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การเกิดปริมาณของเขม่าจำนวนมากที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้หมดก่อนการคายไอเสียออก แม้ว่าจะพยายามที่จะให้ได้สารผสมที่สม่ำเสมอภายในกระบอกสูบก็ตาม แต่ก็ยังคงมีความไม่สม่ำเสมออยู่ เพราะในกระบอกสูบยังมีการเปลี่ยนแปลงของสารผสมเฉลี่ยในแต่ละวัฏจักรของการทำงาน เช่น เชื้อเพลิง อากาศ และแก๊สที่ค้างอยู่อาจยังไม่ผสมกันอย่างสมบูรณ์ โดยจะส่งผลกระทบต่อความล่าช้าในการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ดีเซล

ความล่าช้าในการจุดระเบิดเป็นคุณสมบัติที่สำคัญในการกำหนดลักษณะการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล เช่น ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิง ความราบเรียบในการทำงาน ควันไอเสีย เสียง และความง่ายในการสตาร์ทเครื่องยนต์ สมบัติการจุดระเบิดของเชื้อเพลิงถูกกำหนดโดยเลขซีเทน เชื้อเพลิงที่มีเลขซีเทนต่ำจะมีความล่าช้าในการจุดระเบิดยาว เกิดความล่าช้าพอสมควรในกระบวนการขยายตัว ซึ่งจะทำให้กระบวนการเผาไหม้สิ้นสุดลง เป็นผลให้การเผาไหม้ไม่

สมบูรณ์ กำลังเครื่องยนต์ตก และประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงก็จะต่ำ ส่วนเชื้อเพลิงที่มีเลขซีเทนสูง ก็จะมีช่วงล่าช้าสั้น การจุดระเบิดจะเกิดก่อนที่เชื้อเพลิงส่วนใหญ่ถูกฉีดเข้าไปเป็นผลให้เชื้อเพลิงส่วนใหญ่ถูกฉีดไปก่อนเกิดการจุดระเบิด ซึ่งจะทำให้อัตราการเผาไหม้ในช่วงเริ่มต้นรวดเร็วมาก และทำให้อัตราการเพิ่มความดันสูง รวมทั้งความดันสูงสุดก็จะมีค่าสูงด้วย จังหวะการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงจะควบคุมมุมข้อเหวี่ยงที่มีการเผาไหม้เริ่มต้นขึ้น ในขณะที่สภาวะของอากาศที่เชื้อเพลิงฉีดเข้าไปตามจังหวะของการฉีดเชื้อเพลิง ก็จะทำให้ความล่าช้าในการจุดระเบิดเปลี่ยนแปลงไปด้วย สำหรับจังหวะที่ฉีดเชื้อเพลิงล่าช้ามักจะทำให้ควันดำเพิ่มขึ้นแม้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างการฉีดล่าช้ากับปริมาณควันดำจะแปรผันตามชนิดและการทำงานแบบต่างๆของเครื่องยนต์ก็ตาม ส่วนสารละอองน้ำมันเชื้อเพลิงจะเพิ่มขึ้นเมื่อจังหวะการฉีดล่าช้ายาวออกไป

การแตกออกของหยดละอองน้ำมันเชื้อเพลิงที่เคลื่อนที่ในอากาศ ขึ้นอยู่กับสมบัติของของเหลวและแก๊ส ได้แก่ ความหนาแน่น ความหนืด แรงเค้นระหว่างพื้นผิว และรูปแบบการไหลของแก๊สรอบๆหยดละอองเชื้อเพลิง ส่วนอัตราการระเหยของหยดเชื้อเพลิงจะขึ้นอยู่กับขนาดของหยด การกระจายและความเร็วของหยด ความดันและอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ และคุณสมบัติในการระเหยของเชื้อเพลิง

ความเข้มข้นของออกซิเจนในสารผสมเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าไป จะมีผลต่อความล่าช้าในการจุดระเบิดด้วย ความเข้มข้นที่เปลี่ยนแปลง เช่น เมื่อนำไอเสียกลับมาใช้อีก (EGR) เพื่อควบคุมปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน ความเข้มข้นของออกซิเจนก็จะลดลงซึ่งเป็นผลให้ช่วงล่าช้ายาวขึ้น ดังนั้นถ้าความเข้มข้นของออกซิเจนเพิ่มขึ้น ความล่าช้าในการจุดระเบิดก็จะสั้น จะเห็นได้ น้ำมันไบโอดีเซลมีการทำปฏิกิริยาเพื่อเกิดออกซิเจนมากขึ้น ทำให้ความล่าช้าในการจุดระเบิดสั้นตามไปด้วย

เครื่องยนต์ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้โดยตรง ได้ประสิทธิภาพสูงกว่าเครื่องยนต์ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้ช่วยก่อนเข้าห้องเผาไหม้จริง เพราะผลจากการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ล่าช้า เพราะการเผาไหม้ที่ยาวและล่าช้า เป็นผลให้เกิดการสูญเสียความร้อนและงานในการปั๊มต่างๆ (Pump work) ที่มากกว่า เช่น ปั๊มน้ำหล่อเย็น ปั๊มน้ำมันหล่อลื่น เครื่องยนต์ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้ช่วยก่อนเข้าห้องเผาไหม้จริง ใช้ความดันในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำกว่าเครื่องยนต์ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้โดยตรง การเผาไหม้จะเริ่มต้นก่อนทำให้ความดันในห้องเผาไหม้ก่อนเพิ่มขึ้นดันให้แก๊สไหลกลับเข้าไปในห้องเผาไหม้หลัก โดยแก๊สจะพุ่งผ่านรูเข้าไปผสมกับอากาศในห้องเผาไหม้หลักและมีการเผาไหม้ต่อไปอีก เครื่องยนต์ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้ช่วยก่อนเข้าห้องเผาไหม้จริงจะมีหัวเผาติดอยู่ภายในห้องเผาไหม้ด้วย หัวเผามีไว้สำหรับการติดเครื่องยนต์ในขณะเย็นโดยหัวเผาจะให้ความร้อนแก่ห้องเผาไหม้ก่อน

การหมุนติดเครื่องยนต์ ดังนั้นการใช้น้ำมันไบโอดีเซลทั้งแบบเอสเทอร์ และแบบผสมกับน้ำมันดีเซลเหมาะกับการใช้ในเครื่องยนต์ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้ช่วยก่อนเข้าห้องเผาไหม้จริงมากกว่า แต่ข้อเสียคืออัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูงกว่ามาก

มลพิษที่เกิดจากเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในที่จุดระเบิดด้วยการอัดมีส่วนทำให้เกิดปรากฏการณ์โลกร้อน เกิดฝนกรด หมอกปนควัน กลิ่น รวมทั้งปัญหาระบบทางเดินหายใจและสุขภาพของมนุษย์ มลพิษส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ การออกซิเดชันของไนโตรเจนในอากาศ และความไม่บริสุทธิ์ของเชื้อเพลิงและอากาศ สำหรับมลพิษที่สำคัญที่ออกมากับไอเสีย ก็คือ ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไฮโดรคาร์บอน (HC) และสารละอองพวกเขม่า การเกิดมลพิษในเครื่องยนต์ดีเซลจะขึ้นอยู่กับการกระจายเชื้อเพลิงและลักษณะของการกระจายที่แปรผันกับเวลาอันเนื่องมาจากการผสม เนื่องจากเครื่องยนต์ดีเซลนั้นเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าไปในกระบอกสูบก่อนการเผาไหม้เริ่มต้นเล็กน้อย การกระจายของเชื้อเพลิงจึงไม่สม่ำเสมอ ออกไซด์ของไนโตรเจน(NO_x)เกิดขึ้นในบริเวณแก๊สที่เผาไหม้แล้วที่มีอุณหภูมิสูง เนื่องจากการกระจายของอุณหภูมิ และอัตราส่วนระหว่างเชื้อเพลิงต่ออากาศภายในบริเวณแก๊สที่เผาไหม้ไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นอัตราการเกิดจะสูงสุดในบริเวณสารผสมที่ใกล้สารผสมพอดี เขม่าจะเกิดขึ้นในบริเวณแกนของสเปรย์ที่มีเชื้อเพลิงซึ่งยังไม่เผาไหม้ แล้วเขม่าก็จะถูกออกซิไดซ์ในบริเวณเปลวไฟเมื่อไปสัมผัสกับออกซิเจน ส่วนสารไฮโดรคาร์บอน (HC) และอัลดีไฮด์ จะเกิดขึ้นในบริเวณที่เปลวไฟดับทั้งที่ผนัง และในบริเวณที่ถูกเจือจางด้วยอากาศมากเกินไปจนการเผาไหม้ไม่สามารถเริ่มต้นหรือเกิดต่อไปจนสมบูรณ์ได้ และไอเชื้อเพลิงจากเชื้อเพลิงที่เหลืออยู่ที่ปลายหัวฉีดในช่วงหลังการเผาไหม้ก็จะเป็นแหล่งของไฮโดรคาร์บอนอีกแหล่ง สำหรับเสียงที่เกิดจากการเผาไหม้นั้น จะถูกควบคุมโดยส่วนแรกของกระบวนการเผาไหม้ซึ่งมีการปล่อยความร้อนที่รวดเร็วทันที หลังช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด โดยพยายามไม่ให้มีการเผาไหม้ของสารผสมที่เกิดขึ้นพร้อมกันทันทีในบริเวณที่มากเกินไป ส่วนคาร์บอนมอนอกไซด์(CO)เกิดขึ้นในระหว่างการเผาไหม้ที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอที่จะเผาไหม้คาร์บอนทั้งหมดในเชื้อเพลิงให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และเกิดขึ้นในแก๊สที่เผาไหม้แล้วซึ่งมีอุณหภูมิสูงแม้ว่าจะเป็นการเผาไหม้สารผสมที่บางก็ตาม แต่การใช้น้ำมันไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงช่วยลดปัญหานี้เพราะการเกิดออกซิเดชันทำให้การเผาไหม้สะอาดขึ้นกว่าการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

5.3 สรุปผลจากการรวบรวมโครงงานวิจัย

โครงงานวิจัยนี้ทำให้เราทราบคุณสมบัติต่างๆของน้ำมันที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยอัด ซึ่งแต่ละคุณสมบัติมีผลต่อการทำงานของเครื่องยนต์ไม่เหมือนกัน ดังนั้นน้ำมันแต่ละชนิดที่จะใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจึงมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันดังนี้

น้ำมันพืช เนื่องจากมีคุณสมบัติที่แตกต่างกับน้ำดีเซลค่อนข้างมาก ทำให้มีปัญหาในการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เครื่องยนต์สะดุด เกิดการสึกหรอต่อลูกสูบและวาล์ว ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงเสียหาย เพราะน้ำมันพืชมีความหนืดสูง กรองน้ำมันเชื้อเพลิงเกิดการอุดตัน ทำให้อายุการทำงานของเครื่องยนต์สั้นกว่าปกติ การสตาร์ทติดเครื่องก็ลำบากข้อดีก็คือราคาถูก พอใช้ได้กับเครื่องยนต์รอบต่ำ แต่ก็ไม่นิยม

น้ำมันพืชผสมน้ำมันดีเซล เนื่องจากการผสมกันระหว่างน้ำมันพืชและน้ำมันปิโตรเลียม ทำให้ลดปัญหาเรื่องความหนืดลงเล็กน้อยแต่ก็ยังมีปัญหาที่สภาพอากาศเย็นเหมือนเดิมถ้าใช้เป็นระยะเวลานานความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นจะสูงขึ้นเครื่องยนต์จะเกิดการสึกหรอเพราะคราบเขม่าคาร์บอนที่เกาะสะสมที่ห้องเผาไหม้อายุการใช้งานของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงสั้นลง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสูง แต่การเกิดมลพิษน้อย เหมาะสำหรับเครื่องยนต์รอบต่ำ หรือเครื่องจักรกลเกษตร

น้ำมันมะพร้าวผสมน้ำมันก๊าด คล้ายกับการใช้น้ำมันพืชล้วนแต่คุณสมบัติดีกว่าเล็กน้อย ใช้ได้กับเครื่องยนต์รอบต่ำแต่ต้องคอยดูแลกรองน้ำมันเชื้อเพลิงอยู่เสมอ ราคาถูกและช่วยเกษตรกรไทยด้วย

น้ำมันไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์ผสมกับน้ำมันดีเซล กำลังและแรงบิดของเครื่องยนต์มีค่าใกล้เคียงหรือต่ำกว่าเล็กน้อย อัตราการสึกหรอและอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อย มีความปลอดภัยต่อการขนย้ายและการเก็บรักษาดีกว่าน้ำมันดีเซล ช่วยลดมลพิษทางอากาศ ยกเว้นการเกิดออกไซด์ของไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ขั้นตอนในการผลิตที่ยุ่งยากและราคาค่อนข้างแพง

น้ำมันไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์ กำลังและทอร์กของเครื่องยนต์ที่ได้มีค่าสูงกว่าน้ำมันทุกชนิด อัตราการสึกหรอต่ำเพราะมีความหล่อลื่นสูง แต่อาจจะมีผลกระทบจากการสะสมคราบเขม่าคาร์บอนเนื่องจากมีเกิดคาร์บอนมากว่าปกติไม่มีอันตรายปลอดภัยต่อการเก็บรักษาและขนย้าย ลดการเกิดมลพิษ ปรากฏการณ์โลกร้อน ฝนกรด แต่จะเพิ่มปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนซึ่งเป็นผลร้ายต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสูง ราคาแพง

ปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณานำน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละชนิดมาใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลกับเครื่องยนต์ดีเซล คือ ประสิทธิภาพของกำลังที่ได้ควรจะมีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ความประหยัด รวมไปถึงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลและปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้น น้ำมันพืชที่ใช้ในการผสมควรจะมีมากในท้องถิ่น และผลกระทบที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์ภายหลังการใช้งาน

5.4 ปัญหา ข้อเสนอแนะ และแนวทางแก้ไข

ในการทำโครงงานครั้งนี้มีสิ่งที่เป็นปัญหาก็คือ

5.4.1 เนื่องจากลักษณะของโครงงานนี้ เป็นการศึกษาหาคุณสมบัติของไบโอดีเซล ทั้งต่างประเทศและภายในประเทศ ทำให้เกิดความสับสนในความหมายของไบโอดีเซล เพราะต่างประเทศจะหมายถึง น้ำมันพืชมาผ่านกระบวนการต่างๆกลายเป็นเอสเทอร์ ส่วนประเทศไทยตีความหมายว่าน้ำมันพืชที่นำมาปรับปรุงคุณสมบัติโดยการผสมกับน้ำมันดีเซลหรือน้ำมันก๊าด ซึ่งทำให้เกิดการสับสนเกี่ยวกับความหมายที่แตกต่างกันเพราะแท้จริงแล้วความหมายที่ถูกต้องจะหมายความเหมือนกับของต่างประเทศ ดังนั้นประเทศไทยควรจะเปลี่ยนคำว่าไบโอดีเซลใหม่มาใช้คำว่า น้ำมันผสมแทน

5.4.2 เนื่องจากลักษณะของโครงงานนี้ เป็นการทดลองหาค่าความร้อนและความหนืด ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ทดลองมีปัญหาการชำรุด เช่น ลูกยางดูดสาร ทำให้มีความยุ่งยากมากในการดูดน้ำมันเป็นต้น และเกิดความผิดพลาดได้ง่ายในการทดลองซึ่งอาจเป็นให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนได้

5.4.3 เนื่องจากลักษณะของโครงงานนี้ เป็นการศึกษาค้นคว้างานวิจัยต่างๆ ที่ทดสอบเครื่องยนต์โดยน้ำมันไบโอดีเซลและน้ำมันผสมเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งผลการทดสอบส่วนใหญ่เหมือนกัน แต่มีบางอย่างที่ไม่เหมือนกัน เช่น งานวิจัยบางแห่งบอกว่าได้กำลังเพิ่มขึ้น แต่อีกแห่งบอกว่ากำลังน้อยลง อาจจะเป็นเพราะเครื่องยนต์ที่ทำให้ได้ผลแตกต่างกัน ดังนั้นเราจึงต้องทราบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงด้วยเพื่อจะได้วิเคราะห์ว่าน่าจะเชื่อผลการทดสอบแบบไหน

5.4.4 งบประมาณที่ทำการทดสอบ ทำให้ไม่มีเครื่องยนต์และอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้หาค่าคุณสมบัติของน้ำมันก็มีน้อยจึงต้องใช้ข้อมูลจากแหล่งอื่นซึ่งเราไม่สามารถทราบได้ว่าค่าที่ได้จะมีความถูกต้องมากน้อยแค่ไหน ถ้าเราสามารถทดสอบได้เองจะเป็นผลดีกว่าที่จะใช้ข้อมูลจากแหล่งอื่น

5.4.5 น้ำมันที่จะใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงนั้นมีมากมาย และคุณสมบัติก็แตกต่างกันอย่างเด่นชัด แม้แต่น้ำมันชนิดเดียวกันคุณสมบัติก็ต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการและขั้นตอนการผลิต ทำให้ส่งผลกระทบต่อการวิจัยต่างๆที่อาจจะได้ผลการทดสอบไม่เหมือนกัน แต่ปัญหานี้ก็มีน้อยเพราะ

การกำหนดคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงนั้นนิยมกำหนดเป็นช่วง โดยประมาณค่าใกล้เคียงก็ยอมรับได้

5.4.6 ซึ่งการทดสอบความหล่อลื่นตามมาตรฐาน ASTM D-5001 นั้นยังไม่มีอุปกรณ์ในการทดสอบ จึงอาจจะมีค่าในบางส่วนที่ไม่สามารถวิเคราะห์โดยละเอียดได้

5.5 เป้าหมายในอนาคต

ในลักษณะของโครงงานนี้เป็นเพียงพื้นฐานของการศึกษาคุณสมบัติและผลกระทบที่มีต่อเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลหรือน้ำมันผสมเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ที่จุดระเบิดด้วยการอัด เพื่อเป้าหมายในอนาคตว่าเหมาะสมที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนการใช้น้ำมันดีเซลหรือไม่ ซึ่งแนวทางของการศึกษาโครงงานในอนาคตนั้น ควรจะดูว่าต้องใช้น้ำมันชนิดไหนหรือน้ำมันผสมระหว่างอะไร อัตราส่วนเท่าไร มาเป็นเชื้อเพลิงแล้วมีความเหมาะสมมากที่สุด จากการศึกษาโครงงานนี้ขอแนะนำ น้ำมันไบโอดีเซลแบบเอสเทอร์ผสมกับน้ำมันดีเซลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง เพราะมีอัตราการสึกหรอ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใกล้เคียงกันหรืออาจจะดีกว่าน้ำมันดีเซล แต่ที่สำคัญมลพิษมีน้อย ความปลอดภัยในการขนย้ายและเก็บรักษาสูง