

## บทที่ 5

### สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาและทดสอบในบทที่ 4 ในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยการใช้เชื้อเพลิง CBG ทั้ง 3 คุณลักษณะ โดยมีกรณีศึกษาหลัก 2 กรณี ได้แก่ การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยไม่มีการเปลี่ยนกล่องอิเล็กทรอนิกส์ควบคุม และ การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยมีการเปลี่ยนกล่องอิเล็กทรอนิกส์ควบคุม สามารถสรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะได้ดังนี้

#### 5.1 สรุปผลการศึกษาวิจัย

##### 5.1.1 การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

###### 5.1.1.1 ผลการทดสอบสมรรถนะสูงสุดของเครื่องยนต์โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงกล่อง

###### ควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

การทดสอบสมรรถนะสูงสุดของเครื่องยนต์โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์โดยการใช้เชื้อเพลิง 5 ชนิด ได้แก่ แก๊สโซฮอล์ 91 E10, NGV, CBG-83, CBG-85 และ CBG-90 การทดสอบแสดงให้เห็นว่าสมรรถนะสูงสุดของเครื่องยนต์เกิดขึ้นจากการใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 91 E10 โดยรองลงมาคือเชื้อเพลิง NGV, CBG-90, CBG-85 และ CBG-83 ตามลำดับ โดยจากการวัดค่าอัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงสัมพัทธ์ขณะเครื่องยนต์ทำงานในภาระสูงสุด เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 91 E10 มีค่าอัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงสัมพัทธ์ที่ 0.88 ตลอดย่านการทำงานรอบเครื่องยนต์ และ 1.05 สำหรับเชื้อเพลิง NGV

จากผลการทดสอบสามารถกล่าวได้ว่าเชื้อเพลิง CBG ทั้ง 3 คุณภาพสามารถทดแทนการใช้เชื้อเพลิง NGV ได้อย่างไม่สูญเสียสมรรถนะ โดยทั้งเชื้อเพลิง NGV และ CBG ทั้ง 3 คุณภาพมีกำลังและแรงบิดที่ภาระสูงสุดลดลงจากการใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 91 E10 เฉลี่ยที่ร้อยละ 10 โดยการสูญเสียสมรรถนะของเครื่องยนต์จากการใช้เชื้อเพลิงประเภทแก๊สเป็นการสูญเสียที่เกิดจากการลดลงของประสิทธิภาพเชิงปริมาตร โดยสาเหตุหลักคือการใช้เชื้อเพลิงลักษณะแก๊สได้ทำการชิงพื้นที่สำหรับการประจุอากาศภายในกระบอกสูบ อีกทั้งยังถูกเพิ่มอุณหภูมิผ่านอุปกรณ์หม้อต้มแก๊สจึงทำให้ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรลดลง ต้องใช้ปริมาณแก๊สมากขึ้นเพื่อให้ได้อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงที่เหมาะสมแก่การทำงานของเครื่องยนต์ ซึ่งเป็นลักษณะตรงกันข้ามกับการใช้เชื้อเพลิง Gasohol 91 E10 ที่เป็นเชื้อเพลิงในลักษณะของเหลว กล่าวคือปริมาณเชื้อเพลิงที่

ฉีดเข้าไปในกระบอกสูบซึ่งพื้นที่อากาศที่น้อยกว่าและไม่มีความจำเป็นต้องทำการเพิ่มอุณหภูมิก่อนการใช้งาน

#### 5.1.1.2 ผลการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

การทดสอบหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงได้ทำการทดสอบโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้เชื้อเพลิง 3 ชนิด ได้แก่ แก๊สโซฮอล์ 91 E10, NGV และ CBG-85 การทดสอบได้ทำการอ้างอิงการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองของ EPA testing procedure 2007 โดยหลังจากได้ข้อมูลอัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงต่อชนิด ได้ทำการคำนวณค่าใช้จ่ายการเดินทางต่อหนึ่งกิโลเมตร โดยปรากฏว่าเชื้อเพลิง NGV เป็นเชื้อเพลิงที่มีค่าใช้จ่ายการเดินทางต่อหนึ่งกิโลเมตรที่น้อยที่สุด คือ มีค่าใช้จ่ายในการเดินทางภายใต้ลักษณะการขับขี่ในเมืองที่ 0.67 บาท/กิโลเมตร และการเดินทางภายใต้ลักษณะการขับขึ้นนอกเมืองที่ 0.48 บาท/กิโลเมตร

โดยหากพิจารณาให้เชื้อเพลิง CBG-85 มีราคาขายตามท้องตลาดที่ราคาเดียวกับเชื้อเพลิง NGV จะพบว่า มีค่าใช้จ่ายในการเดินทางภายใต้ลักษณะการขับขี่ในเมืองที่ 0.72 บาท/กิโลเมตร และการเดินทางภายใต้ลักษณะการขับขึ้นนอกเมืองที่ 0.51 บาท/กิโลเมตร โดยมีค่าใช้จ่ายที่ในการเดินทางที่สูงกว่าการใช้เชื้อเพลิง NGV เพียงเล็กน้อย และยังพบว่าการใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 91 E10 มีค่าใช้จ่ายในการเดินทางสูงที่สุด โดยค่าใช้จ่ายในการเดินทางภายใต้ลักษณะการขับขี่ในเมืองที่ 3.62 บาท/กิโลเมตร และการเดินทางภายใต้ลักษณะการขับขึ้นนอกเมืองที่ 2.85 บาท/กิโลเมตร ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่มากกว่าการใช้เชื้อเพลิง CBG-85 ถึง 5 เท่าและ 5.6 เท่า สำหรับการขับขี่แบบในเมืองและนอกเมือง ตามลำดับ

ดังนั้น เมื่อเชื้อเพลิง CBG สามารถผลิตและออกจำหน่ายในเชิงพาณิชย์รวมทั้งมีราคาขายที่ใกล้เคียงกับเชื้อเพลิง NGV แล้ว เชื้อเพลิง CBG จะเป็นพลังงานทางเลือกใหม่ที่จะช่วยให้ประชาชนสามารถลดค่าใช้จ่ายในการคมนาคมได้เป็นอย่างดี

#### 5.1.1.3 ผลการทดสอบมลพิษในไอเสียรถยนต์

การทดสอบหามลพิษในไอเสียรถยนต์ของงานวิจัยนี้ เป็นการเข้าร่วมการทดสอบของสำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยใช้มาตรฐานการทดสอบ EURO 3 ซึ่งการทดสอบเป็นการจำลองการขับขี่จริงบนท้องถนน แบ่งเป็น 2 ลักษณะที่ทดสอบต่อเนื่องคือ การขับขี่ในเมืองและนอกเมือง

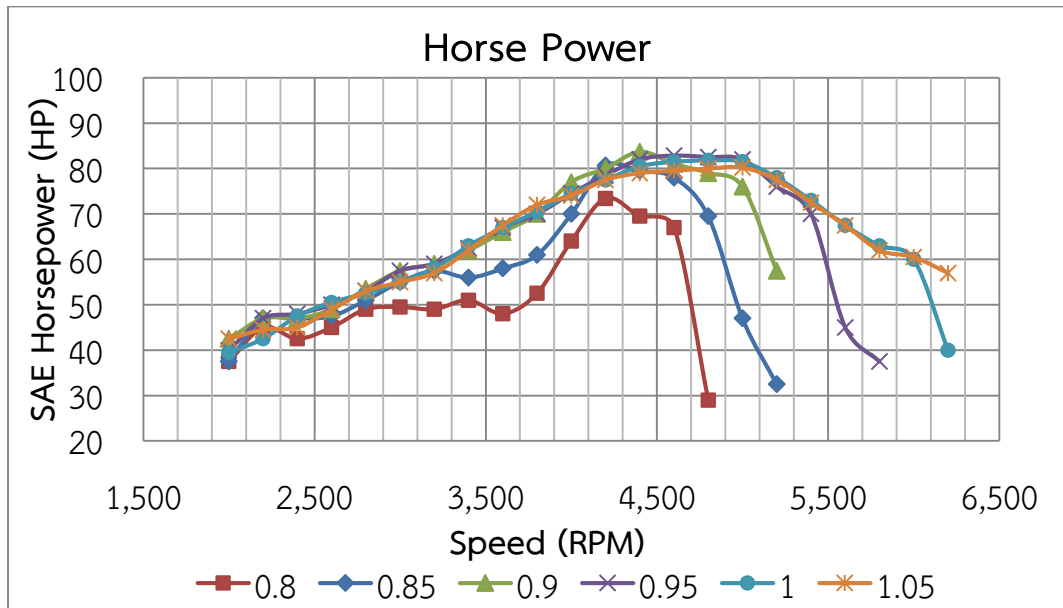
สารมลพิษที่ทำการทดสอบมี 3 ชนิดคือ ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO<sub>x</sub>) ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเชื้อเพลิงการใช้เชื้อเพลิง NGV และ CBG ทั้ง 3 คุณภาพ ปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์น้อยกว่าการใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 91 E10 ประมาณหนึ่งเท่าตัวเป็นเหตุมาจากการอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง โดยจากการทดสอบพบว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 91 E10 ทางผู้ผลิตยานยนต์ได้ทำการปรับอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงไปย่านให้กำลังสูง นั่นคือปริมาณเชื้อเพลิงหนา ซึ่งจะส่งผลให้ได้รับก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ในไอเสียที่สูง ซึ่งตรงกันข้ามกับการใช้เชื้อเพลิง NGV และ CBG ซึ่งอยู่ในย่านการประหยัดเชื้อเพลิงสูงสุด นั่นคือปริมาณเชื้อเพลิงบางซึ่งจะส่งผลให้ได้รับก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ในไอเสียที่ต่ำ

แต่พบว่าการปล่อยก๊าซไฮโดรคาร์บอนของการใช้เชื้อเพลิงประเภทก๊าซกลับมีการปล่อยมากกว่าการใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 91 E10 ซึ่งเป็นผลมาจากไฮโดรคาร์บอนจะมีค่าลดลงตามปริมาณส่วนผสมของเอทานอลที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเอทานอลมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบจึงช่วยในการสันดาปของเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนได้ดีขึ้น จึงทำให้ไฮโดรคาร์บอนที่ไม่ได้เกิดการสันดาปมีค่าลดลง แสดงให้เห็นว่าเครื่องยนต์เชื้อเพลิง NGV และ CBG มีปริมาณออกซิเจนอยู่น้อย จึงไม่เพียงพอต่อการสันดาป จึงส่งผลให้ไฮโดรคาร์บอนมีค่าสูงกว่าเครื่องยนต์เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 91 E10 แต่ยังคงอยู่ในขอบเขตของค่ามาตรฐานที่กำหนดค่ามลพิษจากไอเสียในรถยนต์

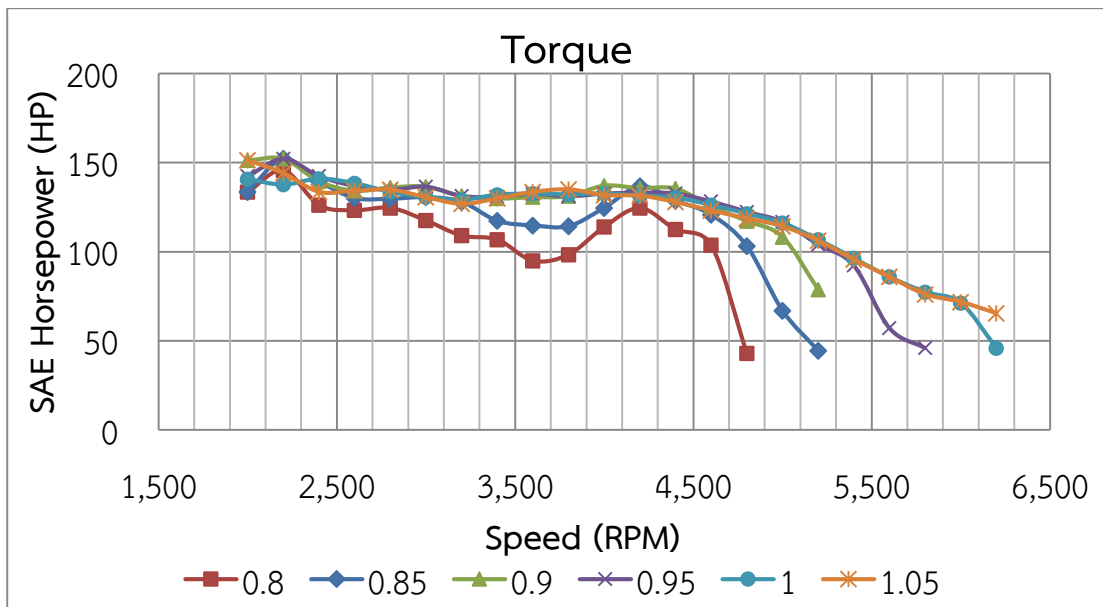
### 5.1.2 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์โดยมีการเปลี่ยนแปลงกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

#### 5.1.2.1 ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยการปรับเปลี่ยนส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิง

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยการปรับเปลี่ยนส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงโดยใช้เชื้อเพลิง CBG-85 สามารถกล่าวได้ว่าในช่วงอัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงสัมพัทธ์ที่ 0.90-1.05 เป็นช่วงที่ให้กำลังและแรงบิดที่เหมาะสมแก่เครื่องยนต์ โดยการพิจารณาข้อมูลสมรรถนะสูงสุดที่เกิดขึ้นจากการทดสอบ อัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงสัมพัทธ์ที่ 0.90 เป็นอัตราส่วนที่ให้กำลังและแรงบิดสูงสุดที่รอบเครื่องยนต์ 4,400 รอบต่อนาที และเมื่อนำข้อมูลการทดสอบมาพิจารณาแล้ว ในอัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงสัมพัทธ์ต่างๆสามารถให้กำลังและแรงบิดสูงสุดที่รอบการทำงานเครื่องยนต์ต่างกัน โดยสามารถพิจารณาได้ตามรูปที่ 5.1 และ 5.2



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอบเครื่องยนต์และแรงม้าสูงสุด โดยการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิง



รูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอบเครื่องยนต์และแรงบิดสูงสุด โดยการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิง

ผลจากการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงสัมพัทธ์ที่ตำแหน่งต่างๆ แสดงให้เห็นความไม่เหมาะสมจากการใช้อัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงที่ค่อนข้างไปทางหนา โดยสังเกตได้จากรอบการทำงานของเครื่องยนต์สูงสุดที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากประสิทธิภาพเชิงปริมาตรที่ต่ำเมื่อมีการจ่ายเชื้อเพลิงที่สูงเนื่องจากการชิงพื้นที่การประจุอากาศในกระบอกสูบ รวมถึงการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงสัมพัทธ์ที่ 1.00 และ 1.05 มีความราบเรียบและต่อเนื่องของสมรรถนะเครื่องยนต์

ดังนั้น การปรับแต่งอัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงสัมพัทธ์เพื่อให้ได้รับสมรรถนะที่ดีจากการใช้เชื้อเพลิง CBG ควรทำการเลือกใช้อัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงสัมพัทธ์ที่ 1.00 หรือ 1.05 ซึ่งให้กำลังและแรงบิดสูงสุดได้ใกล้เคียงกับการเลือกใช้อัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงสัมพัทธ์ที่ 0.90 ที่เป็นส่วนผสมที่ให้สมรรถนะสูงสุดแต่ให้รอบการทำงานของเครื่องยนต์ที่มากกว่าและยังส่งผลต่ออัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ลดลง

#### 5.1.2.2 การทดสอบหาองศาจุระเปิดที่ส่งผลดีที่สุดต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์

จากการทดสอบหาองศาจุระเปิดที่ส่งผลดีที่สุดต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นของการจุระเปิดล่วงหน้าอย่างมาก ซึ่งจะเห็นได้จากในขณะทีการเร่งสูงสุดที่รอบสูง ยังคงต้องมีการจุระเปิดล่วงหน้าสูงถึง 40 องศา ก่อนศูนย์ตายบนจึงจะส่งผลให้เกิดสมรรถนะสูงสุด ซึ่งเป็นผลมาจากค่าต้านทานการनोंคของเชื้อเพลิงก๊าซไบโอมีเทนอัดที่ร้อยละมีเทน 85 โดยเมื่อเปรียบเทียบกับองศาการจุระเปิดล่วงหน้าของการใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 91 E10 ในการทดสอบหาสมรรถนะสูงสุดของเครื่องยนต์ในหัวข้อ 4.2.3 จะเห็นได้ว่าเชื้อเพลิงก๊าซไบโอมีเทนอัดที่ร้อยละมีเทน 85 ต้องการการจุระเปิดล่วงหน้ามากกว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ 91 E10 โดยเฉลี่ย 13-15 องศา

ดังนั้น เพื่อให้เกิดสมรรถนะสูงสุดของเครื่องยนต์โดยการใช้เชื้อเพลิง CBG ควรจะมีการปรับองศาจุระเปิดล่วงหน้าให้สูงขึ้น ซึ่งอาจเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยเพิ่มองศาจุระเปิดล่วงหน้าเพียงอย่างเดียว โดยไม่จำเป็นต้องเป็นกล่องอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมตัวใหม่ เนื่องจากการทดสอบครั้งนี้ได้ใช้อัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงสัมพัทธ์ที่ 1.00 ตลอดทุกช่วงการทำงานของเครื่องยนต์ ซึ่งเป็นอัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงสัมพัทธ์ที่ผู้ผลิตรายานยนต์ใช้เช่นเดียวกัน

### 5.1.3 การเปรียบเทียบสมรรถนะสูงสุดของเครื่องยนต์ระหว่างมีการเปลี่ยนแปลงกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์และไม่มีการเปลี่ยนแปลงกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

การติดตั้งกล่องอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมใหม่เพื่อสร้างสมรรถนะสูงสุดให้แก่เครื่องยนต์ของงานวิจัยนี้ โดยคงการใช้อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงสัมพัทธ์ที่ 1.00 แต่ทำการปรับองศาจุดระเบิดให้ได้กำลังและแรงบิดที่สูงที่สุด พบว่าสามารถสร้างกำลังและแรงบิดที่รอบเครื่องยนต์ 2,000 - 4,500 RPM ได้สูงกว่าการไม่เปลี่ยนกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์อย่างเห็นได้ชัด โดยกำลังและแรงบิดที่แตกต่างกันสูงสุดอยู่ที่ย่านรอบเครื่องยนต์ 2,000 RPM และลดทอนลงมาจนกระทั่งรอบเครื่องยนต์ 4,500 RPM และหลังจากรอบการทำงานเครื่องยนต์นี้ จะมีค่ากำลังและแรงบิดที่ใกล้เคียงกัน

ผลของสมรรถนะที่สูงขึ้นจากการปรับเปลี่ยนกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์นั้น เป็นสาเหตุมาจากการปรับองศาการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ที่เหมาะสม ทำให้ได้รับแรงดันภายในกระบอกสูบสูงที่สุดหลังจุดศูนย์ตายบนเพียงเล็กน้อย จึงส่งผลให้ได้รับกำลังและแรงบิดที่สูงมากขึ้น

### 5.1.4 การเปรียบเทียบสมรรถนะสูงสุดของเครื่องยนต์ระหว่างการใช้กล่องควบคุมเดิมกับเชื้อเพลิง Gasohol 91 E10 และการใช้กล่องควบคุมใหม่กับเชื้อเพลิงชนิดแก๊ส

จากการเปรียบเทียบสมรรถนะสูงสุดของเครื่องยนต์ระหว่างการใช้กล่องควบคุมเดิมกับเชื้อเพลิง Gasohol 91 E10 และการใช้กล่องควบคุมใหม่กับเชื้อเพลิงชนิดแก๊ส พบว่าการใช้กล่องควบคุมใหม่กับเชื้อเพลิงชนิดแก๊ส สามารถทำให้เกิดกำลังและแรงบิดที่สูงกว่าการใช้กล่องควบคุมเดิมกับเชื้อเพลิง Gasohol 91 E10 ที่รอบเครื่องยนต์ 2,000 – 2,500 RPM ซึ่งเป็นย่านรอบการทำงานเครื่องยนต์ที่ใช้เป็นประจำในชีวิตประจำวัน จึงกล่าวได้ว่า หากมีอุปกรณ์การช่วยปรับองศาการจุดระเบิดสำหรับการใช้เชื้อเพลิงชนิดแก๊ส ซึ่งได้แก่ NGV, CBG-90, CBG-85 และ CBG-83 สามารถทดแทนการใช้เชื้อเพลิง Gasohol 91 E10 ได้เป็นอย่างดี

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 เพื่อการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะสูงสุดของเครื่องยนต์ให้ละเอียด ควรทำการทดสอบภายใต้ห้องทดสอบที่สามารถควบคุมปัจจัยภายนอกได้ เช่น อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ เป็นต้น รวมทั้งต้องมีเวลาในการทดสอบที่มาก เพื่อให้ได้ผลของการทดสอบที่ละเอียดมากขึ้น