บทที่ 4

ทบทวนวรรณกรรม

4.1 งานวิจัยศึกษาวิเคราะห์การเผาไหม้ในเครื่องยนต์

Rothrock [14] ได้ทำการศึกษาการเกิดและการเผาไหม้ของสเปรย์เชื้อเพลิง ในเครื่องยนต์ CI แบบสูบเดียว โดยวิธีการถ่ายภาพโดยตรงในห้องเผาไหม้เป็นครั้งแรกตั้งแต่ปี 1931 ซึ่งมีอุปกรณ์ทดสอบที่ประกอบด้วย เครื่องยนต์ CI แบบสูบเดียว ฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง ที่มีห้องเผาไหม้แบบ vertical disk อยู่ในฝาสูบที่มีผนังด้านข้างเป็นกระจกหนา, มอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับขับเครื่องยนต์ และอุปกรณ์สำหรับถ่ายภาพได้ด้วยความเร็ว 2000 เฟรมต่อวินาที โดยในขณะที่มีการเริ่มฉีดเชื้อเพลิงจากหัวฉีดแต่ยังไม่เกิดการเผาไหม้ (ignition delay) จะมีการใช้แหล่งกำเนิดแสงภายนอกเป็น spark discharge เพื่อทำให้มองเห็นสเปรย์ หลังจากนั้นจะเกิดการจุดระเบิดด้วยตัวเองของส่วนผสมอากาศและเชื้อเพลิง โดยจะมีการบันทึกภาพของการเกิดสเปรย์และการเผาไหม้บนฟิล์มถ่ายรูปชุดเดียวกัน แล้วมีการวิเคราะห์การเผาไหม้จากภาพถ่ายโดยตรง

Moore และ Collins [15] ได้ศึกษาการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ CI สูบเดียวแบบ IDI ในปี 1936 ด้วยการวัดความดันทั้งใน prechamber และ main chamber โดยใช้ farnboro electric indicator รวมทั้งศึกษาผลกระทบของตัวแปรทำงานต่างๆที่มีต่อสมรรถนะเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบคงที่ที่ 1500 rev/min โดยใช้ข้อมูลความดันที่วัดได้เป็นตัวบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพการเผาไหม้ ประสิทธิภาพของวัฏจักรและประสิทธิภาพเชิงกลของเครื่องยนต์

Ito และคณะ [16] ได้ทำการถ่ายภาพการเกิดและการเผาไหม้ของสเปรย์ในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าแบบ swirl chamber ของเครื่องยนต์ CI แบบ IDI สูบเดียว การบันทึกภาพถ่ายทำโดยวิธี direct photography และ schlieren photography พร้อมทั้งทำการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการลามของเปลวไฟผ่าน throat โดยวิธี two color method รวมทั้งวิเคราะห์อัตราการปล่อยความร้อนที่ห้องเผาไหม้ล่วงหน้าและห้องเผาไหม้หลัก โดยศึกษาเปรียบเทียบในเรื่องตำแหน่งการติดตั้งหัวฉีดซึ่งแบ่งตามทิศทางการฉีด 3 กรณีดังนี้คือ ฉีดแนวรัศมีเข้าที่แกนกลางของ swirl chamber, ฉีดแนวสัมผัสตามทิศทางการไหลวน และฉีดแนวสัมผัสทวนทิศทางการไหลวน

Fujimoto และคณะ [17] ได้ศึกษาปรากฏการณ์การเผาไหม้ใน swirl chamber ของเครื่องยนต์ IDI แบบสูบเดียว เพื่อเปรียบเทียบระหว่าง swirl chamber ที่ทำจากเซรามิคและเหล็กกล้า โดยวิธีการถ่ายภาพทั้งแบบ direct และ schlieren photography รวมทั้งมีการถ่ายภาพของเขม่าโดยวิธี high-speed laser shadowgraphy พร้อมทั้งมีการวิเคราะห์ flame temperature

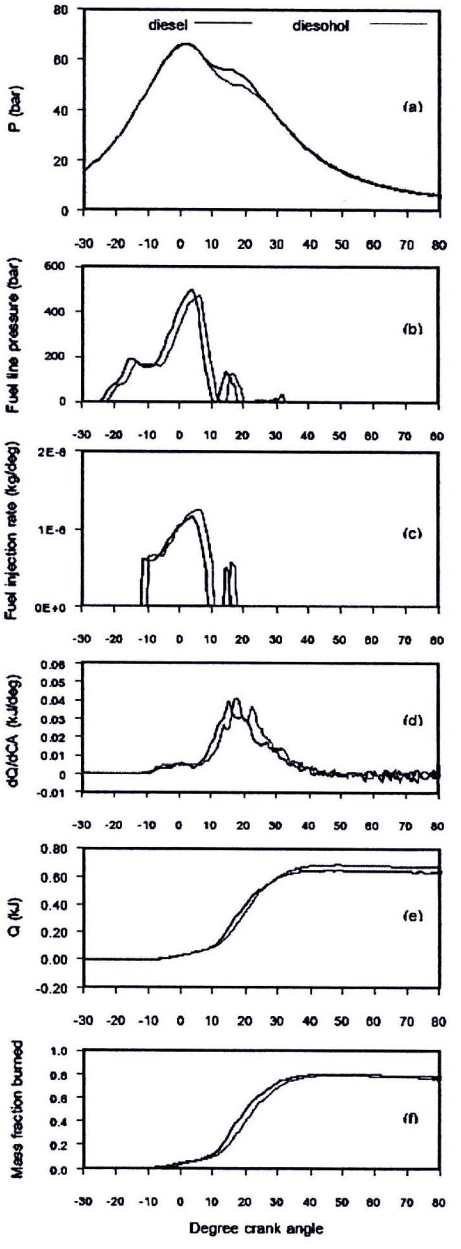
และ KL factor จากภาพถ่ายแบบ direct โดยวิธี two-color method และมีการวัดความดันกระบอกสูบ รวมทั้งวิเคราะห์อัตราการปล่อยความร้อนด้วย

Hotta และคณะ [18] ได้ทำการศึกษาถึงกลไกการลดมลพิษในเครื่องยนต์ IDI โดยวิเคราะห์ภาพถ่ายจากเครื่องยนต์ IDI แบบสูบเดียวที่ทำ optical access ได้ทั้งใน swirl chamber และ main chamber พร้อมกัน โดยใช้ swirl chamber ที่มีผนังเป็น quartz รูปทรงกระบอก ส่วนที่ main chamber จะสังเกตผ่านหัวลูกสูบที่ถูกเปลี่ยนวัสดุเป็น quartz โดยถ่ายรูปด้วยกล้องถ่ายรูปความเร็วสูงด้วยวิธี shadow graph ซึ่งสามารถเก็บรูปได้ด้วยอัตราเร็ว 9000 เฟรมต่อวินาที และใช้ tungsten halogen lamp เป็นแหล่งกำเนิดแสงภายนอก ทำให้สังเกตเห็นสเปรย์เชื้อเพลิงและการเผาไหม้

Larsson [19] ได้ทำการศึกษาการเกิดสเปรย์เชื้อเพลิงและการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ DI แบบสูบเดียว ด้วยวิธี direct photography โดยใช้ endoscope-base measurement system และมีการวัด fuel spray penetration, flame lift-off และ flame length รวมทั้งใช้ two-color method ในการคำนวณหา spatial flame temperature ด้วย

Hajime Fujimoto และคณะ [20] ได้ทำการศึกษาปรากฏการณ์การเผาไหม้ในเครื่องยนต์ IDI แบบสูบเดียว ชนิด swirl chamber โดยมีผนังของ swirl chamber และหัวลูกสูบเป็น quartz ทำให้ถ่ายภาพโดยตรงในห้องเผาไหม้ทั้งสองได้พร้อมกัน โดยใช้กล้องถ่ายรูปความเร็วสูง แล้วคำนวณโดย two-color method หาการกระจายของ flame temperature และ KL factor โดยทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบเดินเบา ไม่มีภาระ เพียงจุดเดียว

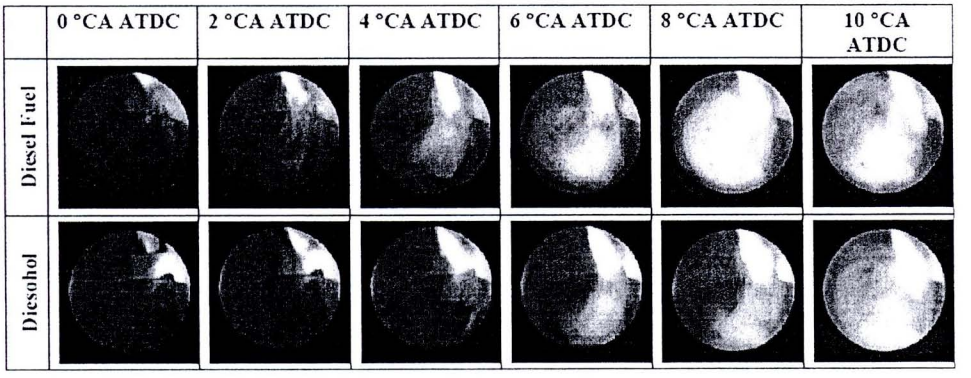
จากงานวิจัยของ คณิต วัฒนวิเชียร [21] ได้มีการวิเคราะห์เปรียบเทียบการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดีเซล และเชื้อเพลิงดีโซฮอล์ ในเครื่องยนต์ดีเซลชนิดห้องเผาไหม้ล่วงหน้า โดยวิเคราะห์จากการเก็บข้อมูลความดันในกระบอกสูบ (In-cylinder pressure) และความดันท่อจ่ายน้ำมัน (Fuel line pressure) ที่มุมข้อเหวี่ยงต่างๆ เพื่อคำนวณหาค่าอัตราการปล่อยความร้อน (Heat release rate) อัตราการฉีดเชื้อเพลิง (Fuel injection rate) และสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ (Mass fraction burn) ซึ่งผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 4-1



รูปที่ 4-1 (a) In-cylinder pressure, (b) Fuel line pressure, (c) Fuel injection rate, (d) Heat release rate, (e) Net heat release, (f) Mass fraction burned ที่ 2250 rev/min, 80 Nm [21]

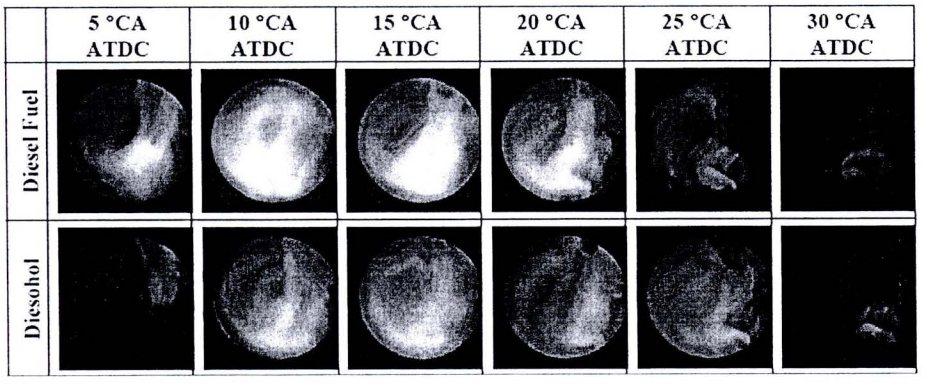
ในงานวิจัยนี้เมื่อเก็บค่าความดันในกระบอกสูบ และความดันท่อจ่ายน้ำมัน แล้วนำมาวิเคราะห์ในเรื่องการเผาไหม้ จุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิง จุดเริ่มต้นและสิ้นสุดการเผาไหม้ ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ระยะเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ทั้งหมด โดยพบว่าเชื้อเพลิงดีโซฮอล์มีจุดเริ่มต้นในการฉีดเชื้อเพลิงช้ากว่าเชื้อเพลิงดีเซล ที่จุดทำงานเดียวกัน ขณะที่ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดใกล้เคียงกัน และระยะเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดีโซฮอล์จะยาวกว่าเชื้อเพลิงดีเซล

งานวิจัยถัดมาของ คณิต วัฒนวิเชียร และคณะ [22] ได้มีการวิเคราะห์เปรียบเทียบภาพปรากฏการณ์การเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าของเครื่องยนต์ดีเซล เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลและเชื้อเพลิงดีโซฮอล์ โดยใช้เครื่องมือ AVL Engine Visioscope ซึ่งมี Endoscope และกล้อง CCD camera เก็บภาพปรากฏการณ์การเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ล่วงหน้า ซึ่งผลที่ได้นำมาวิเคราะห์ในเรื่องของรูปแบบสเปรย์ ทั้งในเรื่องของแกนสเปรย์ มุมของสเปรย์ และ Spray Penetration แสดงดังรูปที่ 4-2

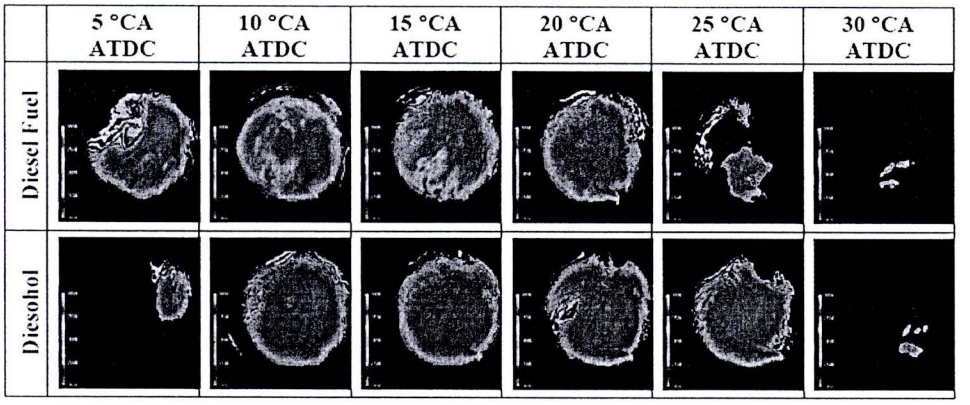


รูปที่ 4-2 ภาพถ่ายสเปรย์ในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าของเชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอล์ที่ 2000 rev/min, 30 Nm [22]

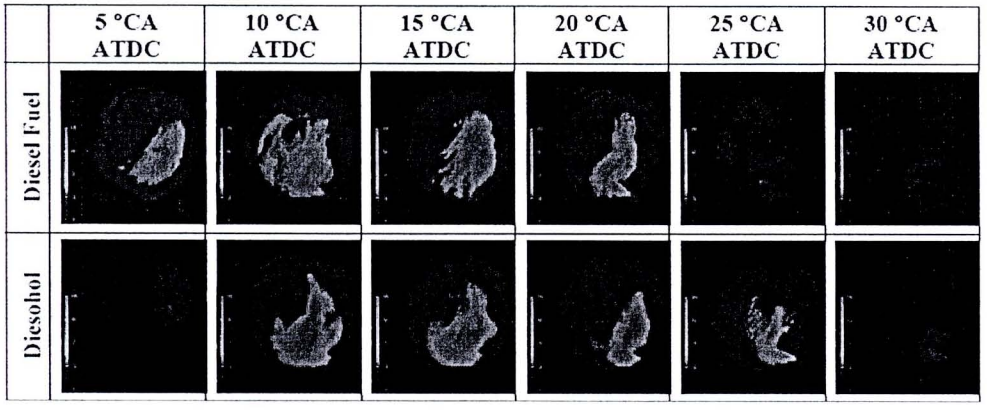
นอกจากนั้นภาพที่ได้จากปรากฏการณ์การเผาไหม้ ยังสามารถวิเคราะห์ในเรื่องเปลวไฟทั้งจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดการเผาไหม้ ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ดังรูปที่ 4-3 ในส่วนของอุณหภูมิเปลวไฟ และเขม่า (Soot Distribution) วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Thermovision ของ AVL ซึ่งโปรแกรมนี้ใช้หลักการ Two-color method ในการวิเคราะห์ผลที่ได้แสดงในรูปที่ 4-4 และรูปที่ 4-5



รูปที่ 4-3 ภาพถ่ายการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าของเชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอล์ที่ 2000 rev/min, 30 Nm [22]



รูปที่ 4-4 ภาพของอุณหภูมิเปลวไฟในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าของเชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอล์ที่ 2000 rev/min, 30 Nm [22]

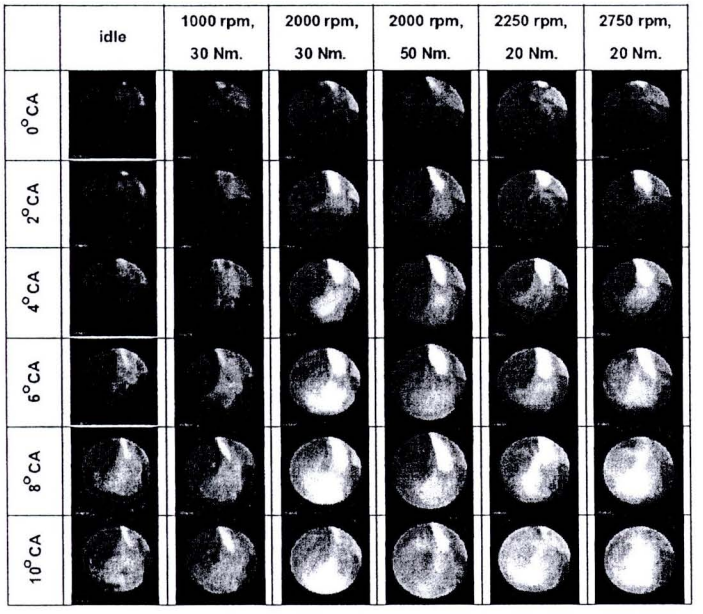


รูปที่ 4-5 ภาพของ Soot distributionในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าของเชื้อเพลิงดีเซลและดีโซฮอล์ที่ 2000 rev/min, 30 Nm [22]

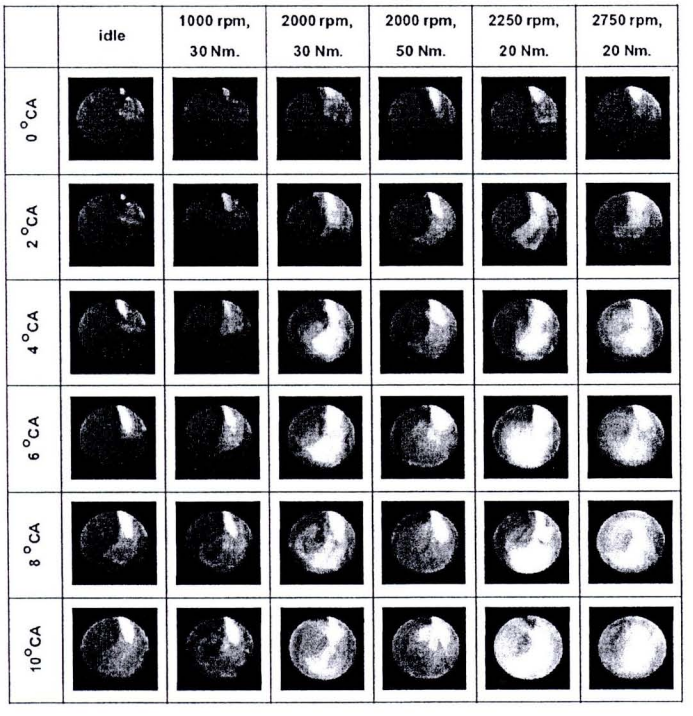
จากการศึกษานี้แสดงถึงผลกระทบที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงดีโซฮอล์ โดยพบว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิงดีโซฮอล์จะให้มุมสเปรย์ที่กว้างกว่าและมี Spray Penetration ที่ยาวกว่า เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซล ในส่วนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดีโซฮอล์จะเริ่มต้นการเผาไหม้ช้ากว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซล และระยะเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้นานกว่าเชื้อเพลิงดีเซล ขณะที่อุณหภูมิเปลวไฟและ soot density distribution ของเชื้อเพลิงดีโซฮอล์มีค่าต่ำกว่าเชื้อเพลิงดีเซล

นอกจากนี้ มีงานวิจัยเกี่ยวกับการเปรียบเทียบภาพปรากฏการณ์การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดีเซลและปาล์มดิบดีเซลของ คณิต วัฒนวิเชียร [23] ได้มีการวิเคราะห์เปรียบเทียบภาพปรากฏการณ์ การเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ล่วงหน้า ของเครื่องยนต์ดีเซล เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลและเชื้อเพลิงปาล์มดิบดีเซล โดยใช้เครื่องมือ AVL Engine Visioscope เช่นกัน ซึ่งมี Endoscope และกล้อง CCD camera เก็บภาพปรากฏการณ์ การเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ล่วงหน้า ซึ่งผลที่ได้นำมา

วิเคราะห์ในเรื่องของรูปแบบสเปรย์ ทั้งในเรื่องของแกนสเปรย์ มุมของสเปรย์ และ Spray Penetration แสดงดังรูปที่ 4-6 และรูปที่ 4-7

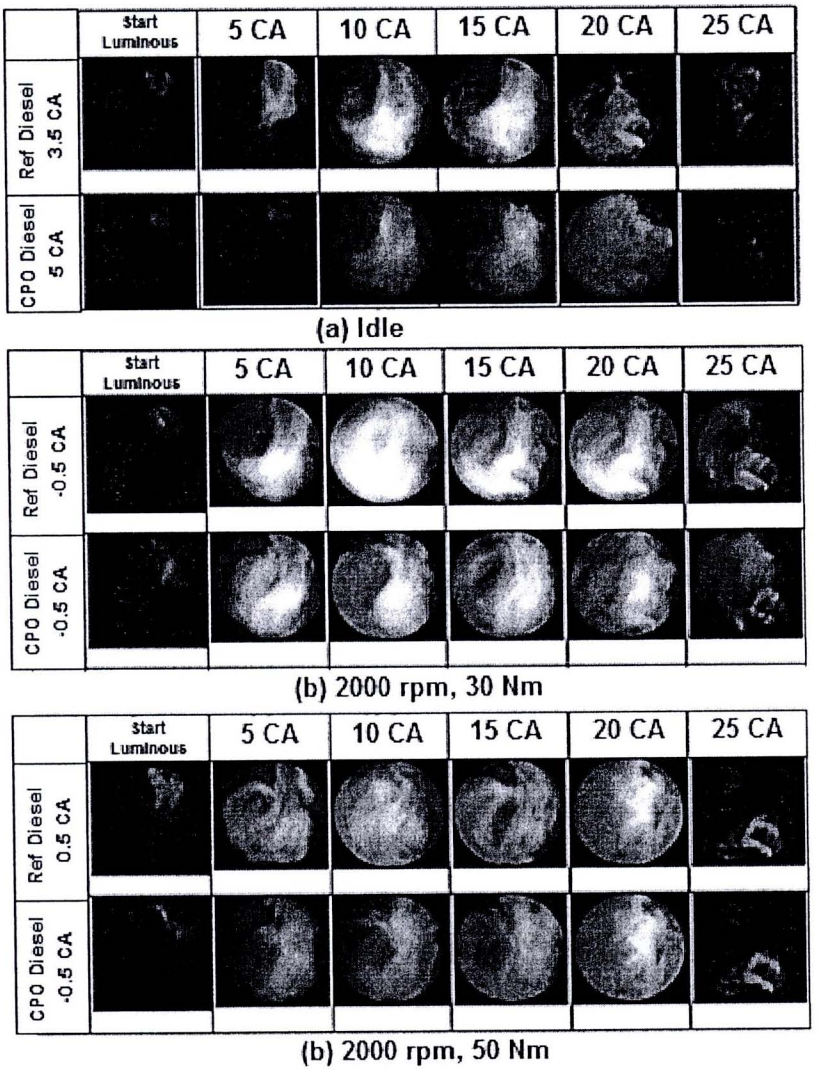


รูปที่ 4-6 ภาพถ่ายสเปรย์ในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าของเชื้อเพลิงดีเซล [23]

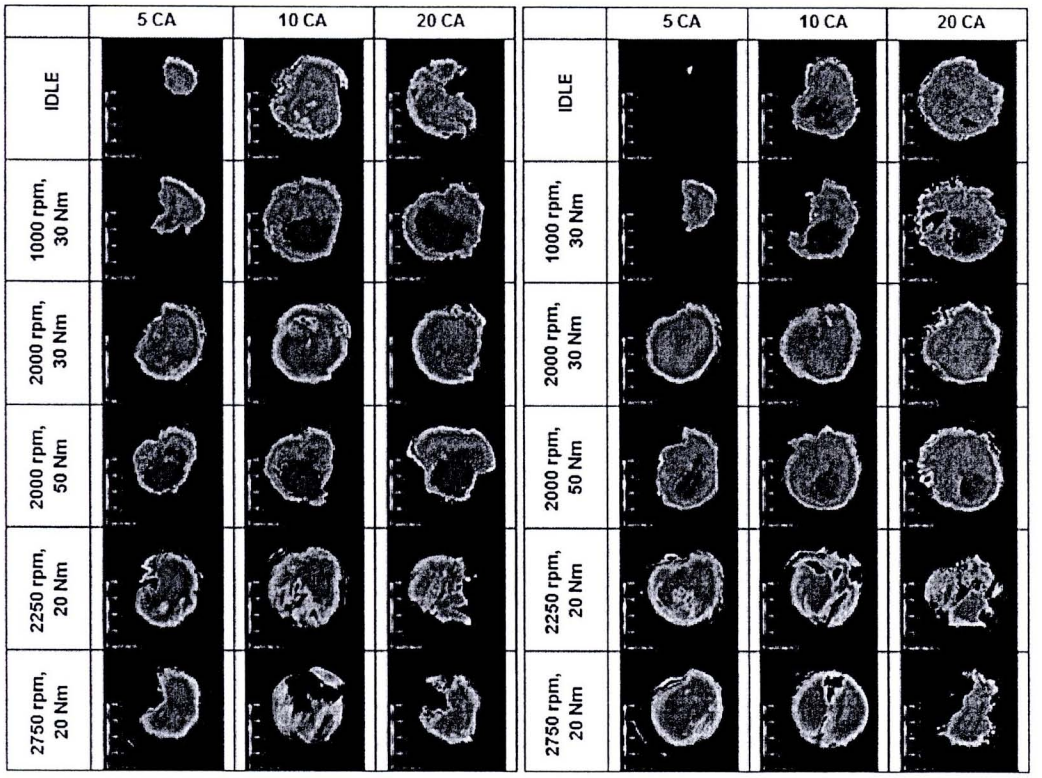


รูปที่ 4-7 ภาพถ่ายสเปรย์ในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าของเชื้อเพลิงปาล์มดิบดีเซล [23]

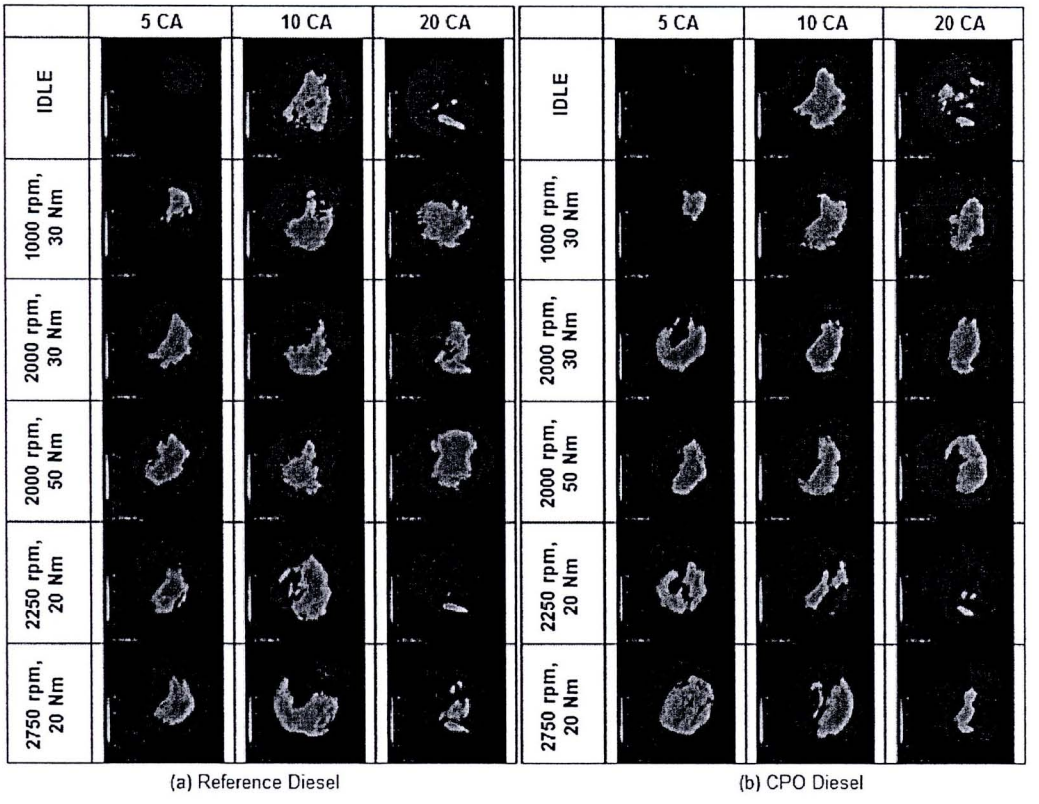
นอกจากนั้นภาพที่ได้จากปรากฏการณ์การเผาไหม้ ยังสามารถวิเคราะห์ในเรื่องเปลวไฟทั้งจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดการเผาไหม้ ช่วงล่าช้าในการจุดระเบิด ดังรูปที่ 4-8 ในส่วนของอุณหภูมิเปลวไฟ และเขม่า (Soot Distribution) วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Thermovision ของ AVL ซึ่งโปรแกรมนี้ใช้หลักการ Two-color method ในการวิเคราะห์ซึ่งผลได้แสดงในรูปที่ 4-9 และรูปที่ 4-10



รูปที่ 4-8 ภาพถ่ายการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าของเชื้อเพลิงดีเซลและปาล์มดิบดีเซล (a) รอบเดินเบา (b) 2000 rev/min,30 Nm (c) 2000 rev/min,50 Nm [23]



รูปที่ 4-9 อุณหภูมิเปลวไฟในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าของเชื้อเพลิงดีเซลและปาล์มดิบดีเซล [23]



รูปที่ 4-10 Soot distribution ในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าของเชื้อเพลิงดีเซลและปาล์มดิบดีเซล [23]

จากการศึกษานี้แสดงถึงผลกระทบที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงปาล์มดิบดีเซล โดยพบว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิงปาล์มดิบดีเซลจะให้มุมสเปรย์ที่กว้างกว่า และ มี Spray Penetration ที่ยาวกว่า เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซล ในส่วนการเผาไหม้ เชื้อเพลิงปาล์มดิบดีเซลจะเริ่มต้นการเผาไหม้ช้ากว่าเมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซล และมีระยะเวลาในการเผาไหม้สั้นกว่าเชื้อเพลิงดีเซล ขณะที่อุณหภูมิเปลวไฟและ soot density distribution ของเชื้อเพลิงปาล์มดิบดีเซลจะมีค่าต่ำกว่าเชื้อเพลิงดีเซล

ปี 2548 ทางจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดย คณิต วัฒนวิเชียร และ สุพิชฌ์ ไตรภพภูมิ [24] ได้ศึกษา เปรียบเทียบผลของการใช้เชื้อเพลิงดีเซลและปาล์มดิบดีเซล (น้ำมันปาล์มดิบ 10% ผสมน้ำมันดีเซล 90% โดยปริมาตร) ต่อการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซลชนิดห้องเผาไหม้ล่วงหน้าแบบมีอากาศหมุน โดยทดสอบกับเครื่องยนต์ Ford Ranger รุ่น WL81 ขนาด 2.499 ลิตร พบว่าการใช้เชื้อเพลิงปาล์มดิบดีเซลให้แรงบิดและกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่าดีเซล แต่ประสิทธิภาพต่ำกว่าดีเซลตลอดทุกช่วงภาระ โดยที่ความเร็วรอบต่ำอุณหภูมิไอเสียของปาล์มดิบดีเซลสูงกว่าดีเซลเล็กน้อย และความแตกต่างนี้จะมากขึ้นเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้น ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดของปาล์มดิบดีเซลสูงกว่าดีเซลเล็กน้อย แต่อัตราการปล่อยความร้อนและสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ต่ำกว่าดีเซล ในส่วนของการศึกษาภาพถ่ายภายในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าพบว่าสเปรย์ปาล์มดิบดีเซลมีระยะพุ่งสเปรย์ยาวกว่าและมุมสเปรย์กว้างกว่าดีเซลเล็กน้อย องศาการฉีดปาล์มดิบดีเซลจะฉีดก่อนดีเซลเล็กน้อย โดยในช่วงความเร็วรอบต่ำจะมีช่วงล่าช้าในการจุดระเบิดยาวกว่าดีเซล แต่มีแนวโน้มใกล้เคียงกันเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น ขณะที่ช่วงเวลาการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทั้งสองจะใกล้เคียงกัน ซึ่งจากการวิเคราะห์ด้วย Two-color Method พบว่าปาล์มดิบดีเซลให้อุณหภูมิเปลวไฟต่ำกว่าดีเซล แต่มีการแจกแจงความเข้มข้นของเขม่าใกล้เคียงกัน โดยปรากฏการณ์การเผาไหม้ที่สังเกตได้จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายนี้เป็นไปในทิศทางสอดคล้องกับอัตราการปล่อยความร้อนที่วิเคราะห์จากข้อมูลความดันในห้องเผาไหม้ ซึ่งพฤติกรรมการเผาไหม้ทั้งสองเชื้อเพลิงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ในปี 2008 งานวิจัยของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดย คณิต วัฒนวิเชียร และ จักร์กฤช ตั้งรัตนโสภณ [25] เป็นการศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้เชื้อเพลิงดีเซลและเชื้อเพลิงดีเซลทางเลือก (น้ำมันเตา 30 % ผสม เคโรซีน 70 % โดยปริมาตร) ต่อการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก ชนิดห้องเผาไหม้ล่วงหน้า โดยทดสอบกับเครื่องยนต์ Kubota รุ่น RT 120 ขนาด 0.624 ลิตร โดยแบ่งงานออกเป็น 3 ส่วน คือส่วนแรก การหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ ส่วนที่สองคือ การวิเคราะห์ผลจากการวัดข้อมูลความดันในห้องเผาไหม้และความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด แล้ววิเคราะห์หาอัตราการฉีดเชื้อเพลิง, ช่วงล่าช้าการจุดระเบิด อัตราการปล่อยความร้อน, การปล่อย

ความร้อนสุทธิ และสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ ส่วนที่สาม คือ การศึกษาปรากฏการณ์การเผาไหม้ของสเปรย์เชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ล่วงหน้า จากภาพที่ถ่ายด้วยระบบ Engine Visioscope ตลอดจนการวิเคราะห์การแจกแจงความน่าจะเป็นของปรากฏการณ์เปลวไฟ การเปรียบเทียบผลการศึกษาปรากฏการณ์การเผาไหม้กับผลการวิเคราะห์ข้อมูลความดันในห้องเผาไหม้

จากผลการศึกษานี้พบว่า ค่าแรงบิดเบรกของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลทางเลือกมีค่าใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงดีเซล ค่าอัตราสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลทางเลือกมีค่าสูงกว่าเล็กน้อย ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเมื่อใช้เชื้อเพลิงดีเซลทางเลือกมีค่าต่ำกว่าเชื้อเพลิงดีเซลเล็กน้อย องศาการฉีดเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงดีเซลทางเลือกล่าช้ากว่าเชื้อเพลิงดีเซลในช่วง 0.4 ถึง 1.2 องศาเพลาข้อเหวี่ยง ความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดของเชื้อเพลิงดีเซลทางเลือกมีแนวโน้มน้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซล 0.04 ถึง 1.23 bar อัตราการปล่อยความร้อนสูงสุดของเชื้อเพลิงดีเซลทางเลือกมีแนวโน้มน้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซล 0.2 ถึง 9.9 จูลต่อองศาเพลาข้อเหวี่ยง และสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้สูงสุดของเชื้อเพลิงดีเซลทางเลือกน้อยกว่าเชื้อเพลิงดีเซล 0 ถึง 0.03 ในส่วนของการศึกษาภาพถ่ายภายในห้องเผาไหม้ล่วงหน้าพบว่าภาพถ่ายสเปรย์และการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดีเซลทางเลือกและเชื้อเพลิงดีเซลที่ได้สอดคล้องกับผลจากการวิเคราะห์การเผาไหม้จากข้อมูลความดันโดยภาพปรากฏการณ์ที่ถ่ายได้แสดงให้เห็นว่าค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิง จุดสิ้นสุดการฉีดเชื้อเพลิง จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ ช่วงล่าช้าการจุดระเบิด และจุดสิ้นสุดการเผาไหม้อยู่ในตำแหน่งเดียวกันกับข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลความดัน อาจสรุปได้ว่าเชื้อเพลิงดีเซลทางเลือกสามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลชนิดห้องเผาไหม้ล่วงหน้าได้

งานวิจัยในประเทศไทย โดยงานวิจัยของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี 2007 โดย Phan Minh Duc [26] มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาผลของการใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงช่วยจุดระเบิดในเครื่องยนต์ระบบเชื้อเพลิงร่วม เพื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบหาประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงพลังงาน การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรวม ปริมาณการทดแทนดีเซล การปลดปล่อยความร้อนสุทธิ รวมทั้งภาพปรากฏการณ์การเผาไหม้ ความน่าจะเป็นของเปลวไฟ อุณหภูมิการเผาไหม้ ปริมาณ soot ในเปลวไฟ ปรากฏว่าการใช้ทั้งดีเซลและปาล์มไบโอดีเซล(Palm Methyl Ester, PME) เครื่องยนต์เดินเรียบปราศจากการน็อกทุกจุดที่ทำการทดสอบและทุกค่าส่วนผสมของ LPG จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ของ LPG-PME จะเร็วกว่าเนื่องมาจากผลของการฉีดที่เร็วขึ้นจากผลของ bulk modulus และความหนืดที่สูงกว่าของ PME โดยทั้ง LPG-ดีเซล และ LPG-PME มีช่วงเวลาการเผาไหม้ที่สั้นลงเมื่อเปรียบเทียบกับการเผาไหม้ของดีเซล เป็นผลให้อุณหภูมิไอเสียมีค่าต่ำลงและทำให้จุดกึ่งกลางของการปลดปล่อยความร้อนเลื่อนเข้าหาศูนย์ตายบนมากขึ้น เนื่องจากอิทธิพลของค่าความร้อนและคุณสมบัติการระเหยที่ต่ำกว่าดีเซลของ PME จะมีความแปรปรวน

ของการเผาไหม้สูงกว่าเล็กน้อย มีเสถียรภาพต่ำกว่าและเปลวไฟที่มีอุณหภูมิสูงปรากฏในบริเวณที่แคบกว่า ทั้งนี้เนื่องมาจากคุณสมบัติของ PME อาทิ ค่าความร้อนที่ต่ำกว่า ค่าอุณหภูมิอะเดียแบติกของเปลวไฟต่ำกว่า และความหนาแน่นที่สูงกว่า ความเข้มข้นของ soot ในเปลวไฟมีปริมาณลดลงเมื่อปริมาณสัดส่วนของ LPG มีค่าสูงขึ้น

4.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการนำ DME มาใช้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด

Rolf Egnell [27] ได้ทำการศึกษาการปล่อยความร้อนและการเกิด NO_x ในเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ DME เป็นเชื้อเพลิง โดยมีเงื่อนไขในการฉีดเชื้อเพลิงเป็นตัวแปรควบคุมสำหรับเชื้อเพลิง DME และน้ำมันดีเซล กล่าวคือ ระบบการฉีดเชื้อเพลิง (CR) ความดันในการฉีดที่ 270 bar และช่วงเวลาในการฉีดของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดเหมือนกัน อย่างไรก็ตามการทดลองนี้ได้มีการปรับขนาดของหัวฉีดเพื่อให้ได้ปริมาณเชื้อเพลิงและคุณสมบัติทางกายภาพที่เหมือนกัน นอกจากนี้การทดลองได้ถูกออกแบบให้มีจุดเริ่มฉีดเชื้อเพลิงที่ตำแหน่งเดียวกันและเปลี่ยนจุดสิ้นสุดการฉีด เพื่อศึกษาปริมาณ NO_xและมลภาวะที่ภาระสูงสุดของเครื่องยนต์ในแต่ละสถานะของการเผาไหม้ โดยที่อัตราการปล่อยความร้อนได้ถูกนำมาเป็นพารามิเตอร์ในแบบจำลองการเผาไหม้แบบ zero-dimensional multizone ในการคำนวณหาค่า NO_x ต่อไป จากการทดลอง พบว่ากราฟอัตราการปล่อยความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดมีลักษณะเหมือนกัน แต่เชื้อเพลิงดีเซลปล่อย CO, HC และปริมาณเขม่ามากกว่าเมื่อเทียบกับ DME และผลจากการคำนวณโดยใช้แบบจำลอง zero-dimensional multizone พบว่า อัตราส่วนสมมูลอากาศต่อเชื้อเพลิงค่อนข้างสูง (ϕ>1) และมีค่าเท่ากันสำหรับเชื้อเพลิงทั้งสองชนิด

เนื่องจากในระบบการฉีดเชื้อเพลิงแบบ CR ที่ใช้นี้มีความดันการฉีดน้อยกว่าการทำงานปกติของเชื้อเพลิง จึงทำให้การผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงดีเซลมีคุณภาพต่ำกว่าปกติและส่งผลต่อปริมาณเขม่าที่มากขึ้น ดังนั้นปริมาณการปล่อย NO_x ที่น้อยกว่าในเชื้อเพลิง DME สามารถอธิบายได้จากอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงดีเซลที่มีความดันของการฉีดที่สูงกว่า สำหรับการวิเคราะห์ในแง่ของลักษณะการฉีดเชื้อเพลิง จะพบว่า DME มีความเร็วในการฉีดล่าช้ากว่าเชื้อเพลิงดีเซลและเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดให้ปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงที่ต่างกัน

Gisoo Hyun และคณะ [28] ได้มุ่งเน้นที่จะศึกษาการปรับปรุง plant oil เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงทางเลือกแทนเชื้อเพลิงดีเซล ทั้งนี้ plant oil ยังคงมีข้อจำกัดในแง่ของสมรรถนะของเครื่องยนต์และการปล่อยมลพิษเนื่องจากค่าความหนืดที่สูงและค่าการระเหยที่ต่ำของ plant oil การทดลองนี้เริ่มจากการหาค่าอัตราการผสมที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด (50:50) โดยวิเคราะห์

ลักษณะของละออง DME ผสมกับ plant oil ด้วยวิธี shadowgraph จากนั้นจึงทำการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลชนิดฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง โดยใช้เชื้อเพลิงต่างๆ คือ DME ผสม plant oil , ดีเซลบริสุทธิ์, DME บริสุทธิ์และเชื้อเพลิง transesterified ผลการทดสอบพบว่า เชื้อเพลิง DME ผสม plant oil ให้ลักษณะการเผาไหม้เทียบเคียงกับเชื้อเพลิงดีเซล

S.C. Sorenson และ Svend-Erik Mikkelsen [29] ได้ทำการศึกษาถึงการใช้ DME ในเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กชนิดไม่มีเทอร์โบชาร์จเจอร์ โดยมีการดัดแปลงระบบเชื้อเพลิงบางส่วน จากการศึกษาพบว่า DME ให้ผลของการเผาไหม้ สมรรถนะของเครื่องยนต์ และการปล่อยของไอเสียอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ โดยที่ DME ปล่อยปริมาณ NO_x ควันและเสียงที่ต่ำกว่าดีเซล ณ จุดทำงานของเครื่องยนต์ที่ให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเท่ากัน นอกจากนี้ยังพบว่าการนำไอเสียกลับมาใช้ใหม่สามารถลดปริมาณ NO โดยไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนและควันดำ จากการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์พบว่า ปั๊มฉีดเชื้อเพลิงดีเซลสามารถใช้กับเชื้อเพลิง DME ได้มากกว่า 500 ชั่วโมง

ในปี ค.ศ. 1997 สำหรับงานวิจัยของ S. Kajitani, Z. L. Chen, และ M. Konno จากมหาวิทยาลัยอิบารากิ ประเทศญี่ปุ่น และ K. T. Rhee จากมหาวิทยาลัยรัทเจอส์ ประเทศสหรัฐอเมริกา [30] ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับคุณลักษณะของสมรรถนะและมลภาวะในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดชนิดฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงเมื่อนำเชื้อเพลิง DME มาใช้ ซึ่งวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการศึกษาคุณลักษณะค่าสมรรถนะและมลภาวะที่ปลดปล่อยออกมาและเพิ่มเติมในส่วนของการยกตัวของวาล์วยกเข็มหัวฉีดและอัตราการปลดปล่อยความร้อนเมื่อใช้ DME นำมาเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงดีเซลที่ใช้อยู่ปัจจุบัน

ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่า DME ไม่สามารถนำมาใช้ได้โดยตรงกับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดหากไม่ทำการดัดแปลงองค์ประกอบเพียงเล็กน้อยให้เกิดความเหมาะสมทางด้านระบบส่งเชื้อเพลิงอันเนื่องจากคุณสมบัติบางประการของเชื้อเพลิง DME ที่แตกต่างจากเชื้อเพลิงดีเซลซึ่งพบว่าจากคุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่มีความดันไอสูงและการหล่อลื่นต่ำของ DME อาจพบกับปัญหาการสึกหรอเนื่องจากการกัดกร่อนของตัวเชื้อเพลิง DME กับอุปกรณ์จำพวกชุดหัวฉีด, วัสดุที่ทำจากยางทั้งหมดจึงจำเป็นต้องมีการเติมสารเติมแต่งลงไปอาทิเช่น Hitec560 ผลิตโดย Ethyl Japan Corp.ในปริมาณ 100 ppm ลงในตัวเชื้อเพลิงเพื่อเพิ่มคุณสมบัติการหล่อลื่นในเชื้อเพลิง โดยผลจากการทดสอบสมรรถนะและมลภาวะของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิง DME เปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงดีเซล โดยพบว่ามีค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงที่สูงและมีองค์ประกอบของแก๊สไอเสียที่ปล่อยออกมานั้นมีอุณหภูมิที่ต่ำ ในส่วนผลของความดันไอที่มีค่าสูงจะทำให้ช่วงเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงนั้นยาวนานขึ้นอีกทั้งยังมีรูปแบบของสเปรย์ที่ฉีดมานั้นเชื่อได้ว่าเป็น

แบบส่วนผสมบางและสลายตัวผสมกันกับอากาศได้ง่ายขึ้นซึ่งผลดังกล่าวจะมีผลกระทบต่อมลภาวะที่ปลดปล่อยออกมาสู่บรรยากาศโดยตรง ทำให้มลภาวะที่ปล่อยออกสูบรรยากาศมีค่าลดต่ำลงกว่ากรณีใช้เชื้อเพลิงดีเซล ประการต่อมาในส่วนของแรงดันในการยกเข็มหัวฉีดเชื้อเพลิงของหัวฉีดในกรณีที่ใช้หัวฉีดเดิมที่ติดตั้งมากับเครื่องยนต์นั้นอาจทำให้ฉีดเชื้อเพลิงได้ยากขึ้นเนื่องด้วยแรงดันยกเข็มหัวฉีดที่ออกแบบมาสำหรับเชื้อเพลิงดีเซลดังนั้นเมื่อทำการปรับลดค่าแรงดันในการยกเข็มหัวฉีดลงทำให้ช่วงการฉีดเชื้อเพลิงยาวนานมากขึ้น อีกทั้งผลของค่าความดันไอเชื้อเพลิงที่สูงของ DME จึงต้องทำการป้อนแรงดันจากไนโตรเจนเพื่อเพิ่มแรงดันบรรยากาศยับยั้งไม่ให้ DME กลายเป็นไอในระบบเชื้อเพลิง แรงดันจากไนโตรเจนในระบบดังกล่าวจะทำให้ feed pressure ของ DME สู่ปั๊มเชื้อเพลิงสูงขึ้นส่งผลทำให้การยกตัวของเข็มหัวฉีดยกตัวขึ้นก่อนหน้าองศาการฉีด (มาตรฐาน) ที่ได้ตั้งเอาไว้เล็กน้อย จะทำให้ feed pressure ของ DME สู่ปั๊มเชื้อเพลิงสูงขึ้น ส่งผลทำให้คาบเวลาในการฉีดเชื้อเพลิงยาวนานขึ้น ประกอบกับปรากฏการณ์ bouncing ของเข็มหัวฉีดอันเนื่องมาจาก Compressibilityของตัวเชื้อเพลิงทำให้มีมวลเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดออกแล้วมาสะสมผสมกันกับอากาศแต่อยู่ในช่วงไม่ถึงจุดติดไฟปริมาณมากเป็นผลให้การเผาไหม้ในช่วง premixed combustion phase นั้นเกิดการปลดปล่อยความร้อนในช่วงเวลานดังกล่าวเกิดขึ้นอย่างรุนแรงเพิ่มโอกาสสนับสนุนให้เกิด NO_x ได้มากขึ้นจากผลของการกระทำ ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงโดยการปรับลดค่าแรงดันในการฉีดเชื้อเพลิงด้วยวิธีการปรับลดสปริงยกเข็มหัวฉีดให้มีค่าน้อยลงจากเดิมและปรับค่าองศาการฉีดให้ล่าหลังจากค่ามาตรฐานจะช่วยปรับปรุงสมรรถนะและประสิทธิภาพการเผาไหม้และยังช่วยลดค่ามลภาวะที่เกิดจากการเผาไหม้ด้วย

ในปี ค.ศ. 1998 สำหรับงานวิจัยของ Kensuke Wakai, Keiya Nishida, Takuo Yoshizaki และ Hiroyuki Hiroyasu [31] ได้ทำงานวิจัยเกี่ยวกับคุณลักษณะของการฉีดสเปรย์เชื้อเพลิงและการจุดระเบิดของเชื้อเพลิง DME ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดชนิดฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง ซึ่งในการทดสอบสำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการฉีดสเปรย์เชื้อเพลิงเข้าไปในห้องเผาไหม้ที่ความดันและอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ที่สูงแล้วใช้วิธีดูปรากฏการณ์จากภาพถ่ายด้วยวิธีของซูรีเรน ซึ่งผลทีได้ออกมาค่อนข้างชัดเจนสำหรับความแตกต่างของลำสเปรย์เชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าไป อาทิเช่น ความยาวของลำสเปรย์ที่พุ่งทะลวงเข้าไป, องศาของลำสเปรย์ที่ออกจากรูหัวฉีดและปริมาณของเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดออกไปซึ่งเปรียบความแตกต่างกันของเชื้อเพลิง DME กับ น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล รวมไปถึงเปลวไฟที่เกิดจากการเผาไหม้พบว่าไม่พบแสงจากเปลวไฟ (non-luminous) ในช่วงกระบวนการจุดระเบิดของเชื้อเพลิง DME และช่วงล่าช้าการจุดระเบิดของเชื้อเพลิง DME ภายใต้สภาวะความดันบริเวณภายในห้องเผาไหม้ที่สูงพบว่าช่วงล่าช้าการจุดระเบิดมีแนวโน้มแบบเดียวกันกับเชื้อเพลิงดีเซลภายใต้สภาวะดังกล่าวในขณะที่ภายใต้สภาวะ

ความดันบริเวณในห้องเผาไหม้ที่ต่ำช่วงล่าช้าของการจุดระเบิดของเชื้อเพลิง DME จะสั้นกว่าเมื่อเทียบกันกับเชื้อเพลิงดีเซลที่อยู่ภายใต้สภาวะเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของเชื้อเพลิง DME เนื่องมาจากหากพิจารณาถึงความแตกต่างของสเปรย์เชื้อเพลิง DME กับ สเปรย์ของเชื้อเพลิงดีเซลในเรื่องของการเปลี่ยนแปลงค่ามุมองศาของสเปรย์และปริมาณเชื้อเพลิงที่ฉีดออกมากับสเปรย์เชื้อเพลิงต่ออิทธิพลของความดันบริเวณล้อมรอบที่สเปรย์ถูกฉีดเข้าไปโดยสาเหตุหลักถึงความแตกต่างกันนั้นมาจากคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเชื้อเพลิง DME มีส่วนช่วยในเรื่องการยกระดับของเหลวเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเป็นลำสเปรย์เหลวให้เป็นหยดละอองฝอยด้วยการเกิดวาบเป็นไอของเชื้อเพลิงบริเวณขอบริมนอกของลำสเปรย์ (flush boiling) ลักษณะคล้ายเช่นเดียวกันกับการระเหยกลายเป็นไอของเชื้อเพลิงโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่สภาวะความดันบริเวณรอบห้องเผาไหม้มีค่าต่ำจากเหตุผลที่ได้อธิบายไปข้างต้นจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้สเปรย์ DME ที่สภาวะความดันบริเวณภายในห้องเผาไหม้ต่ำมีมุมองศาของสเปรย์ที่กว้าง ซึ่งผลของมุมองศาของสเปรย์เชื้อเพลิงจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อปริมาณเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเป็นของเหลวเข้าไปในห้องเผาไหม้ด้วยเช่นกันปรากฏการณ์ในเรื่องของมุมองศาสเปรย์และปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงของเหลวของเชื้อเพลิงนั้นจะมีแนวโน้มใกล้เคียงกันกับลักษณะของเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดภายใต้การทดสอบที่สภาวะความดันบริเวณภายในห้องเผาไหม้มีค่าสูง

ในปี ค.ศ. 1999 สำหรับงานวิจัยของ Zhou Longbao, Wang Hewu, Jiang Deming และ Huang Zuohua [4] ได้ทำการศึกษาผลของสมรรถนะและคุณลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง DME ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดชนิดฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง (DI) โดยการทดสอบใช้เชื้อเพลิง DMEกระทำในรถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ซึ่งเสนอถึงผลกระทบต่อสมรรถนะและคุณลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง DME ในตัวแปรที่ทำการศึกษาสองด้านหลักๆคืออย่างแรกพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงจำพวก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกปั๊มเชื้อเพลิง (plunger), ชนิดของหัวฉีดที่ใช้ในการทดสอบฉีดเชื้อเพลิง, ช่วงจังหวะการฉีดของเชื้อเพลิง,แรงดันยกเข็มเปิดหัวฉีดเชื้อเพลิงและการยื่นโผล่ออกมาของปลายเข็มหัวฉีดเข้าหาจุดศูนย์กลางของลูกสูบ และอย่างที่สองคือ ลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในกระบอกสูบเช่นอัตราส่วนการไหลอลวนในห้องเผาไหม้ (swirl ratio) เป็นต้น ซึ่งโดยภาพรวมพบว่าช่วงล่าช้าของการเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงเหลวใน DME จะมีช่วงยาวกว่ากรณีใช้น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลเนื่องมาจากในเชื้อเพลิงเหลวของ DME มีค่าสภาพการอัดตัวได้ที่สูง (compressibility effect) หรือค่า (Bulk of modulus of elasticity) ที่ต่ำ แต่เชื้อเพลิง DME มีช่วงล่าช้าของการจุดระเบิดที่ (ignition delay) สั้นกว่าน้ำมันดีเซล เนื่องมาจาก DME นั้นมีค่าซีเทนนัมเบอร์ที่สูง, อุณหภูมิลุกติดไฟของเชื้อเพลิงที่ต่ำและความสามารถในการระเหยกลายเป็นไอของเชื้อเพลิงที่ดีเยี่ยม และยัง

พบว่าการใช้ DME มีประสิทธิภาพต่อการลดการก่อตัวของ NO_x รวมไปถึงการมีค่า zero-smoke ที่เกิดจากการเผาไหม้

ในส่วนของคุณลักษณะการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นพบว่าค่าความดันภายในห้องเผาไหม้สูงสุด, อัตราการเพิ่มขึ้นของค่าความดันสูงสุดภายในห้องเผาไหม้และเสียงที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้ทั้งหมดที่กล่าวมานั้นมีค่าต่ำกว่าในกรณีเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลจึงปรับแก้ได้โดยการเพิ่มองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้าจากค่ามาตรฐาน

ในปี ค.ศ. 2001 สำหรับงานวิจัยของ Ho Teng, James C. McCandless และ Jeffrey B. Schneyer [32] ได้ทำการศึกษาวิจัยถึงคุณลักษณะทางด้านอุณหพลศาสตร์และเคมีของเชื้อเพลิง DME มาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนสำหรับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมีและทางกายภาพของเชื้อเพลิง DME โดยทำการศึกษาจากรากฐานทางด้านโครงสร้างองค์ประกอบทางเคมีของเชื้อเพลิง DME และอุณหพลศาสตร์ของการไหลของตัวโมเลกุลเชื้อเพลิง DME ซึ่งสามารถเข้าใจในปรากฏการณ์ทางด้านอุณหพลศาตร์และทางเคมีของตัวเชื้อเพลิงที่ส่งผลต่อค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์และนำผลที่ได้จากการปรากฏการณ์ดังกล่าวมาเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้วิเคราะห์ในการนำ DME มาประยุกต์ใช้กับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดให้เหมาะสมตลอดช่วงอุณหภูมิและความดันภายในเครื่องยนต์ตลอดช่วงการทำงาน ผลจากงานวิจัยนี้เมื่อทำการวิเคราะห์ผลแล้วทำให้ทราบถึงคุณประโยชน์หลายด้านของเชื้อเพลิง DME ต่อการนำมาใช้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด อาทิเช่น ค่าความร้อนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง, ค่าเลขซีเทนนัมเบอร์ของเชื้อเพลิง DME ที่สูง, ค่าแรงตึงผิวและมลภาวะที่ปลดปล่อยจากการเผาไหม้มีค่าที่ต่ำ เพื่อให้เข้าใจถึงพฤติกรรมอย่างดีขึ้นต่อการนำไปใช้งานให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุดต่อไป

ในปี ค.ศ. 2002 สำหรับงานวิจัยของ Jun Yu, Jookwang Lee และ Choongsil Bae [33] ได้ทำการวิจัยคุณลักษณะของสเปรย์เชื้อเพลิง DME เทียบกันกับน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดในระบบ common-rail fuel injection ในการทดสอบการใช้เชื้อเพลิงทั้งกรณีของ DME และน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลได้ใช้ระบบ common-rail fuel injection และได้นำ CCD camera เพื่อใช้ในการจับภาพถ่ายของสเปรย์โดยภาพที่ถ่ายนำเสนอในส่วนของ องศาความกว้างของลำสเปรย์ที่ถูกฉีดเข้าไปสู่ห้องเผาไหม้และความยาวที่สเรปย์ถูกฉีดพุ่งทะลวงเข้าไปในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์เพื่อเปรียบเทียบกับกรณีใช้น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล ซึ่งพบว่าภายในห้องเผาไหม้ที่อยู่ภายใต้สภาวะความดันบรรยากาศแม้ว่าค่าแรงดันในการฉีดเชื้อเพลิงจะมีค่าเป็นเท่าใดก็ตามก็จะพบว่าจากภาพถ่ายค่าองศาของลำสเปรย์ DME จะมีมุมองศากว้างกว่ากรณีน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลและระยะการพุ่งทะลวงของลำสเปรย์เชื้อเพลิงเข้าไปสู่ห้องเผาไหม้ของ DME

นั้นระยะพุ่งจะสั้นกว่าเนื่องมาจากผลกระทบของการเกิดการวาบไอที่ขอบนอกของสเปรย์เชื้อเพลิงกับอากาศ (flush boiling) ซึ่งปลายของสเปรย์ DME ที่ถูกฉีดมานั้นละอองของลำสเปรย์จะก่อตัวเป็นรูปแบบคล้ายกับดอกเห็ดซึ่งลักษณะการเกิดขึ้นของรูปแบบดังกล่าวจะหายไปเมื่อทำการฉีดลำสเปรย์เชื้อเพลิงเหลวเข้าไปสู่ห้องเผาไหม้ที่ความดันในห้องเผาไหม้ที่มีค่าสูงและการแปรปรวนระหว่างรูหัวฉีดในแต่ละรูที่ใช้ในการฉีดเชื้อเพลิงเหลว DME มีความแปรปรวนระหว่างรูต่อรูของหัวฉีดที่น้อยกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลทั้งนี้เมื่อฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง DME เข้าไปในห้องเผาไหม้ที่สภาวะห้องเผาไหม้มีค่าความดันเท่ากับค่าความดันบรรยากาศหรือสูงกว่าผลที่ได้เป็นเช่นเดียวกัน

ในปี ค.ศ. 2006 สำหรับงานวิจัยของ D.Cipolat [7] ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์การปลดปล่อยความร้อนและมลภาวะ NO_x ที่ปลดปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดเมื่อใช้ DME เป็นเชื้อเพลิงหลัก ในงานวิจัยนี้ทำการทดสอบในเครื่องยนต์ 4 จังหวะ ระบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง 2 กระบอกสูบและระบายความร้อนด้วยอากาศซึ่งปราศจากการดัดแปลงแก้ไขในส่วนขององศาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงและค่าแรงดันที่ใช้เปิดเข็มหัวฉีดเชื้อเพลิงซึ่งใช้ชุดอุปกรณ์ทดสอบแบบเดียวกันกับกรณีเชื้อเพลิงดีเซล โดยผลการวิเคราะห์ค่าความดันภายในท่อส่งเชื้อเพลิงแสดงถึงการเกิด compressibility ของเชื้อเพลิง DME ซึ่งส่งผลให้อัตราการเพิ่มขึ้นของค่าความดันในกระบอกสูบมีอัตราที่ต่ำกว่าดีเซล, ผลลัพธ์ในเรื่องของการเริ่มฉีดเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นนั้นล่าช้ากว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล โดยที่ค่าความดันสูงสุดอันเนื่องจากการเผาไหม้ภายในกระบอกสูบมีค่าสูงที่สุดในกรณีของการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล ในส่วนของการปลดปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิงพบว่าเชื้อเพลิง DME มีการเกิดการปลดปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิงล่าช้าออกไปดดยการปลดปล่อยความร้อนของเชื้อเพลิง DME ส่วนใหญ่ได้เกิดขึ้นหลังลูกสูบเคลื่อนที่ออกห่างจากจุดศูนย์ตายบน ซึ่งสอดคล้องกับจุดการเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงของ DME ที่ล่าช้ากว่าในกรณีเทียบกันกับจุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงของการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล

ในปี 2007 สำหรับงานวิจัยของ Constantine Arcoumanis และคณะ [34] พบว่า DME นั้นเหมาะสำหรับใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลเนื่องจากมีค่าซีเทนที่สูงและมีค่าอุณหภูมิของ Auto Ignition ต่ำ ซึ่งการเผาไหม้มีเขม่าน้อยมาก (Soot Free) เนื่องจากมี Carbon เป็นส่วนประกอบน้อยและมี Oxygen เป็นส่วนประกอบ แต่ควรมีการปรับปรุงวัสดุที่ใช้ทำ seal เพื่อป้องกันการกัดกร่อน โดยเปลี่ยนมาใช้ Poly-Tetrafluoroethylene (PTFE) และปรับปรุงเรื่องการหล่อลื่นเนื่องจาก DME มีค่าคุณสมบัติการหล่อลื่นที่ต่ำ แต่สิ่งที่ควรระวังคือช่วงของการติดไฟนั้นมีค่ากว้าง จึงต้องมีการระมัดระวังในการใช้เป็นพิเศษ

ในปี ค.ศ. 2008 สำหรับงานวิจัยของ Wang Ying, Li genbao, Zhu Wei, Zhou Longbao [35] ได้ทำการศึกษาในการนำเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดมาดัดแปลงเพื่อประยุกต์ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงผสมกันระหว่าง DME กับ น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล โดยขั้นตอนการทดสอบได้ทำการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการผสมของ DME ลงในน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลที่อัตราส่วนต่างๆซึ่งผลที่ได้นำเสนอในรูปของคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละอัตราส่วนแต่สิ่งที่เห็นได้ชัดพบว่า DME สามารถละลายผสมกันเข้ากับน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลได้ในทุกอัตราส่วนการผสมเช่นกันและค่าความดันไอของเชื้อเพลิงของ DME ผสมน้ำมันดีเซล จะมีค่าที่ต่ำกว่ากรณีของ DME บริสุทธิ์ที่จุดทดสอบภายใต้อุณหภูมิเดียวกันและค่าความดันไอของเชื้อเพลิงจะมีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจนหากเพิ่มสัดส่วนโดยมวลการผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลลงไปใน DME ซึ่งคุณประโยชน์ที่ได้จากการลดต่ำลงของค่าความดันไอจะช่วยในเรื่องของการลดความดันไอล็อคของเชื้อเพลิงภายในระบบจ่ายเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดและการใช้เชื้อเพลิงผสมกันดังกล่าวยังช่วยเพิ่มคุณสมบัติการหล่อลื่นที่ดีขึ้นและการแตกตัวเป็นละอองฝอยของหยดเชื้อเพลิงเหลวหลังจากฉีดเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ได้ดีขึ้นและช่วยลดมลภาวะจากไอเสียที่ต่ำลง

ในปี ค.ศ. 2009 สำหรับงานวิจัยของ Lijun Xu, Zichen Chen และ Xiaolu Li [36] ได้ทำการศึกษาถึงคุณลักษณะของการฉีดเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นสำหรับกรณีใช้เชื้อเพลิง DME และน้ำมันดีเซล ซึ่งในงานวิจัยได้นำเอาระเบียบวิธีเชิงเลขและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาจำลองเพื่อทำนายถึงพฤติกรรมของการฉีดเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นโดยผลที่ได้ประกอบไปด้วย ลำดับของการฉีดของหัวฉีดเชื้อเพลิงในแต่ละกระบอกสูบที่เกิดขึ้นจริง, ปริมาณเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าไปภายในกระบอกสูบ, อัตราการไหลของมวลเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าไปในแต่ละช่วงองศาเพลาข้อเหวี่ยงโดยสะสม, ช่วงการยกตัวเปิด-ปิดของวาล์มเข็มหัวฉีดเชื้อเพลิง, มุมองศาของลำสเปรย์เชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าไปในกระบอกสูบ, ความยาวของสเปรย์ที่ถูกฉีดเข้าไปและเส้นผ่านศูนย์กลางโดยเฉลี่ยของหยดเชื้อเพลิงเหลวแบบซอเตอร์ (SMD) เป็นต้น ผลพารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมดที่กล่าวมานั้นกระทำภายใต้อุณหภูมิภายในกระบอกสูบที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งผลจากงานวิจัยโดยภาพรวมแสดงให้เห็นว่าคุณลักษณะของเชื้อเพลิง DME ที่ถูกฉีดเข้าไปในกระบอกสูบนั้นจะโดนผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในกระบอกสูบที่น้อยกว่ากันกรณีที่เทียบกันกับเชื้อเพลิงดีเซลและเชื้อเพลิง DME มีคุณลักษณะพารามิเตอร์ของเชื้อเพลิงที่ใช้ทำการศึกษาดังกล่าวข้างต้นนั้นที่ดีกว่าซึ่งรวมไปถึงช่วงล่าช้าการจุดระเบิดและอัตราการฉีดเชื้อเพลิงสูงสุดของเชื้อเพลิง DME ซึ่งพบว่ามีค่าสั้นกว่าและปริมาณที่ต่ำกว่าตามลำดับ เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงดีเซลภายใต้สภาวะการทดสอบการฉีดเชื้อเพลิงที่สภาวะเดียวกัน

สำหรับงานวิจัยของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย [37] พบว่าการนำ DME มาใช้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด ชนิดฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงนั้นสามารถใช้กับชุดขับปั๊มเชื้อเพลิงมาตรฐานได้ โดยสิ่งที่ต้องกระทำเพิ่มเติมคือระบบจ่ายเชื้อเพลิงซึ่งต้องมีการใช้ท่อความดันสูง และถังเก็บเชื้อเพลิงที่สามารถทนความดันสูงได้ การที่จะป้องกันปัญหา Vapor Lock ในระบบเชื้อเพลิงนั้นต้องใช้ความดันอัด DME ประมาณ 3 MPa โดยใช้แก๊ส Nitrogen ใช้สร้างความดันให้ระบบเชื้อเพลิง ซึ่งจากการทดสอบตอนแรกพบว่า ปั๊มขับเชื้อเพลิงมาตรฐานไม่สามารถสร้างแรงดันในระบบเชื้อเพลิงให้ชนะแรงดันยกของหัวฉีดได้ เนื่องจากคุณสมบัติการอัดตัวได้ของ DME มีค่าสูงและหัวฉีดเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด ชนิดฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงนั้นมีค่าแรงดันยกหัวฉีด (Opening Pressure) ที่สูง จึงต้องมีการปรับค่า Pre Load ของหัวฉีด ซึ่งกระทำโดยการเปลี่ยนแหวนรองสปริงภายในหัวฉีด และจากการทดสอบนั้นพบว่า DME ไม่มีควันดำจากการเผาไหม้ ซึ่งค่าควันดำที่วัดได้จาก Smoke Meter นั้นมีค่าต่ำ จึงสามารถกล่าวได้ว่า DME เป็นเชื้อเพลิงปราศจากควันดำ (Smoke Free) สำหรับที่ภาระสูงสุดลักษณะการเผาไหม้มีพฤติกรรมใกล้เคียงกับดีเซล แต่สามารถทำแรงบิดเบรกได้เพียงครึ่งหนึ่ง โดย DME สามารถทำแรงบิดเบรกได้ 19.7 Nm ที่ 1150 rpm และมีแรงบิดเบรกสูงสุด 23 Nm ที่ 2000 rpm ซึ่งเป็นผลมาจากค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่มีค่าเพียง 28.43 MJ/kg ส่วนการฉีดเชื้อเพลิงนั้น พบว่า DME มีช่วงเวลาการฉีดเชื้อเพลิงที่นานกว่าและมีค่าความดันในระบบจ่ายเชื้อเพลิงต่ำกว่าดีเซล

Ho Teng และคณะ [38] ได้ทำการศึกษาผลกระทบของความหนืดของ DME เหลวต่ออุณหภูมิและความดัน พบว่าความหนืดของ DME เหลวอิ่มตัวที่ -40 $^{\circ}$C เป็น 0.37 cSt และลดลงมาที่ 0.17 cSt ที่ 80 $^{\circ}$C สำหรับสถานะ subcooled liquid ความหนืดแปรผันตรงกับความดัน ณ อุณหภูมิใดๆ กล่าวคือ ที่อุณหภูมิ 20°C subcooled liquid เป็น 0.23 cSt ที่ 5.3 bar และเพิ่มขึ้นเป็น 0.33 cSt ที่ 500 bar ผลของค่าความหนืดและความดัน สอดคล้องกับค่าที่ได้จากการวัด นอกจากนี้ยังพบว่า แอลกอฮอล์จำพวก long-chain แบบมีขั้ว และกรดไขมันที่มีค่า C_{15} – C_{22} สามารถเป็นสารเพิ่มความสามารถในการหล่อลื่นที่ดี และพบว่าการเติม castor oil เพียง 1%โดยมวล สามารถเพิ่มความสามารถในการหล่อลื่นของ DME เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงดีเซล

ในปี พ.ศ. 2551 งานวิจัยของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยโดย คณิต วัฒนวิเชียร และ เกริกไกร ยุวมิตร [39] ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการเผาไหม้และผลกระทบขององศาการฉีดเชื้อเพลิงต่อการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง DME ในเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กชนิดฉีดเชื้อเพลิงโดยตรงเมื่อใช้ชุดขับปั๊มเชื้อเพลิงมาตรฐาน จากการวิเคราะห์การปล่อยความร้อนเนื่องจากการเผาไหม้จากข้อมูลความดันภายในกระบอกสูบ ในงานวิจัยนี้จะใช้เครื่องยนต์ Kubota รุ่น RT 140 ขนาด 0.709 ลิตร ซึ่งจะทำการทดสอบที่องศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐานแล้วทำการ

บันทึกค่าสมรรถนะและความดันภายในกระบอกสูบเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการเผาไหม้และหลังจากนั้นจะทำการเปลี่ยนค่าองศาการฉีดเชื้อเพลิงต่างๆอันได้แก่องศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า STD-4, องศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า STD-2 และองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่าช้า STD+2 แล้วทำการเปรียบเทียบผลกระทบขององศาการฉีดเชื้อเพลิงต่อสมรรถนะและพฤติกรรมการเผาไหม้ ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้แบ่งการนำเสนอออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนแรกแสดงผลด้านสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้ DME ที่องศาการฉีดเชื้อเพลิงต่างๆและผลการพิจารณาองศาการฉีดเชื้อเพลิงที่เหมาะสม ส่วนที่สองแสดงลักษณะการเผาไหม้ของ DME ที่องศาการฉีดเชื้อเพลิงต่างๆ จากผลการศึกษาวิเคราะห์อัตราการปล่อยความร้อนเนื่องจากการเผาไหม้จากข้อมูลความดันภายในกระบอกสูบและความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด รวมทั้งผลการวิเคราะห์อัตราการฉีดเชื้อเพลิง, ช่วงล่าช้าการจุดระเบิด, การปล่อยความร้อนสุทธิ และสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ เป็นต้น

จากผลการวิจัยพบว่าเมื่อพิจารณาในทุกจุดทดสอบนั้นองศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐานให้ค่าอัตราสิ้นเปลืองจำเพาะเบรกต่ำที่สุดโดยมีค่า 494 g/kW-hr และให้ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรกมากที่สุดโดยมีค่า 25.6% สำหรับอุณหภูมิไอเสียที่องศาการฉีดเชื้อเพลิงต่างๆพบว่าที่องศาการฉีดเชื้อเพลิงล่าช้า STD+2 มีอุณหภูมิไอเสียสูงที่สุด แต่ที่องศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐาน, องศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า STD-4 และองศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้า STD-2 นั้นมีอุณหภูมิไอเสียใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาอัตราสิ้นเปลืองจำเพาะเบรกร่วมกับความถี่จากการใช้งานตามมาตรฐาน ESC Test Cycle พบว่าที่องศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐานนั้นเป็นองศาการฉีดเชื้อเพลิงที่เหมาะสมที่สุด สำหรับผลของการปรับเปลี่ยนองศาการฉีดเชื้อเพลิงต่อการเผาไหม้นั้นพบว่าจะทำให้มีแนวโน้มของการสร้างแรงดันในท่อส่งเชื้อเพลิงเกิดขึ้นก่อนหลังตามลำดับขององศาการฉีดเชื้อเพลิง สำหรับปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงในแต่ละวัฏจักรเมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบต่างๆพบว่าที่ความเร็วรอบ 1700 rpm จะมีปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงในแต่ละวัฏจักรต่ำที่สุด เป็นผลให้สมรรถนะที่ความเร็วรอบดังกล่าวมีค่าสูงสุด องศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้าจะให้ค่าความดันสูงสุดในห้องเผาไหม้สูงกว่าที่องศาการฉีดเชื้อเพลิงล่าช้า สำหรับค่าสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้นั้นพบว่าที่องศาการฉีดเชื้อเพลิงล่าช้าจะมีค่ามากที่สุด ช่วงล่าช้าการจุดระเบิดนั้นในแต่ละองศาการฉีดเชื้อเพลิงจะมีค่าแตกต่างกัน โดยในกรณีที่มีการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้ามากขึ้น จะมีช่วงล่าช้าการจุดระเบิดที่ยาวมากขึ้น แต่เมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบต่างๆแล้วพบว่าที่ความเร็วรอบ 1700 rpm นั้นมีช่วงล่าการจุดระเบิดยาวที่สุด

จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่าถึงแม้ที่องศาการฉีดเชื้อเพลิงมาตรฐานจะมีค่าอัตราสิ้นเปลืองจำเพาะเบรกที่ต่ำที่สุด แต่ถ้าพิจารณาในด้านการเผาไหม้โดยการพิจารณาจากค่า

สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้นั้นพบว่าไม่ได้มีค่าที่สูงที่สุด ดังนั้นจึงควรพิจารณาหาวิธีการที่จะทำให้มีการเผาไหม้ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นต่อไป

ในปี พ.ศ. 2552 งานวิจัยของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยโดยคณิต วัฒนวิเชียร และอัคฆพงศ์ สถาวรินทุ [40] ได้ทำการศึกษาวิจัยในหัวข้อการวิเคราะห์การเผาไหม้และภาพปรากฏการณ์การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง DME ในเครื่องยนต์ดีเซล ชนิดห้องเผาไหม้ล่วงหน้า งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการเผาไหม้ของการใช้ DME จากการวิเคราะห์อัตราการปล่อยความร้อนและภาพถ่ายปรากฏการณ์การเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล ชนิดห้องเผาไหม้ล่วงหน้า โดยแบ่งการวิจัยออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนแรกทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิง DME ส่วนที่สองทดสอบเพื่อศึกษาลักษณะการเผาไหม้จากการวิเคราะห์อัตราการปล่อยความร้อน ส่วนที่สามศึกษาปรากฏการณ์การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง DME จากภาพถ่าย

จากการทดสอบสมรรถนะที่สภาวะภาระสูงสุดพบว่า แรงบิดเบรกสูงสุดและประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงที่ได้จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นในทุกองศาการฉีดเชื้อเพลิง เมื่อลดอัตราส่วนกำลังอัดลงจากค่ามาตรฐาน (21:1) โดยที่อัตราส่วนกำลังอัดเป็น 16.1:1 เครื่องยนต์จะให้แรงบิดเบรกสูงสุดที่ความเร็วรอบ 1000 rpm คือ 12.04 Nm ที่องศาการฉีดเชื้อเพลิงเป็น 24 BTDC และทั้งความเร็วรอบ 1200 rpm และ 1400 rpm คือ 11.56 Nm ที่องศาการฉีดเชื้อเพลิงเป็น 26 BTDC โดยที่ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงจะมีค่าสูงสุดที่องศาการฉีดเชื้อเพลิงเป็น 28 BTDC ในทุกความเร็วรอบ ผลของการทดสอบสมรรถนะที่สภาวะภาระบางส่วนแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงมีค่าสูงสุดในทุกจุดทดสอบ เมื่อปรับองศาการฉีดเชื้อเพลิงเป็น 28 BTDC นอกจากนี้เครื่องยนต์ยังทำงานโดยปราศจากเขม่าควันในทุกจุดทดสอบ จากการทดสอบลักษณะการเผาไหม้ พบว่า ความดันภายในห้องเผาไหม้สูงสุดจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อปรับให้องศาการฉีดเชื้อเพลิงมีค่าล่วงหน้ามากขึ้นและสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้มีค่าสูงที่สุดที่องศาการฉีดเชื้อเพลิงเป็น 28 BTDC ในส่วนของการศึกษาภาพถ่ายปรากฏการณ์การเผาไหม้พบว่า เมื่อถ่ายภาพโดยใช้แสงแฟลชช่วย จะเห็นเชื้อเพลิงที่ออกจากรูหัวฉีดหลังจากเริ่มการฉีดราว 15-20 องศาเพลาข้อเหวี่ยง และมีระยะพุ่งของสเปรย์ที่สั้น เนื่องจากเชื้อเพลิงจะระเหยกลายเป็นไอพร้อมผสมกับอากาศและเกิดการเผาไหม้ทันที การดูดความร้อนของเชื้อเพลิงขณะเปลี่ยนสถานะจะทำให้อุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ลดต่ำลงจนสามารถสังเกตเห็นลำของสเปรย์เชื้อเพลิงได้ และจากภาพถ่ายเมื่อไม่ใช้แสงแฟลชช่วยพบว่า จะเริ่มเห็นเปลวไฟตั้งแต่เริ่มต้นการฉีดโดยการเผาไหม้ DME มีเปลวไฟเป็นสีน้ำเงิน เนื่องจากมีปริมาณเขม่าในเปลวไฟที่ต่ำ จึงไม่เห็นเปลวไฟที่เปล่งแสงเช่นเชื้อเพลิงดีเซล

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า เชื้อเพลิง DME เป็นเชื้อเพลิงทางเลือกที่สะอาด ช่วยลดปัญหาด้านมลพิษ และพบว่า ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงและสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ของเครื่องยนต์รุ่นที่ใช้ในการวิจัยนี้จะมีค่าสูงสุด เมื่อมีการลดอัตราส่วนกำลังอัดเหลือ 16.1:1 และปรับแก้ให้มีองศาการฉีดเชื้อเพลิงเป็น 28 BTDC

4.3 งานวิจัยเกี่ยวกับการนำปาล์มไบโอดีเซลมาใช้กับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด

ในปัจจุบันมีงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้เชื้อเพลิงเอสเทอร์อยู่หลากหลายซึ่งงานเหล่านั้นแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้งานได้กับเครื่องยนต์ DI Engine ได้ เช่นจากงานของ McCutchen (1981) [41] ที่ทำการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์ turbocharged caterpillar 3306 DI diesel ที่ใช้เมทิลเอสเทอร์ที่ได้จากน้ำมันจากเมล็ดเรป สำหรับ 150 ชั่วโมง ซึ่งพบว่าสมรรถนะไม่มีการเปลี่ยนแปลงไป ส่วนงานของ Bacon และคณะ (1981) [42] พบว่าการอุดตันของหัวฉีดในเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิง methyl อิ่มตัวน้อยกว่า ethyl oleate หรือ ethyl ester ของ น้ำมันดอกทานตะวัน อย่างไรก็ตามยังมีปัญหาเกี่ยวกับการใช้น้ำมันพืชที่ผ่านกระบวนการ transesterification อยู่ ซึ่งเป้าหมายสำคัญคือการเพิ่มระดับเอสเทอร์ให้สูงถึง 90% เนื่องจากการทดสอบที่ระดับ 70% จะพบปัญหาการอุดตันของหัวฉีด หลังจากการทดสอบเพียง 50 ชั่วโมงโดยลักษณะการใช้งานเครื่องยนต์แบบภาระบางส่วนเท่านั้น (Hawkins and Fuls, 1984 [43]) อีกทั้งงานของ Hawkins Fuls และ Hugo (1984) ยังได้กล่าวเกี่ยวกับเชื้อเพลิงเอสเทอร์อาจเกิดผลกับพลาสติกและยางในระบบเชื้อเพลิงได้ การนำไบโอดีเซลมาใช้แบบทดแทนน้ำมันดีเซลทั้งหมดก็สามารถนำมาใช้ได้แล้ว อาทิ งานวิจัยของ K.R. Kaufman. และ M. Ziejewski [44] ที่เกี่ยวกับการใช้ เมทิลเอสเทอร์ที่ได้จากน้ำมันดอกทานตะวัน ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดแบบฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง โดยงานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นว่า สามารถนำมาใช้ได้ตลอดช่วงทำงาน 280 ชั่วโมงในการทดสอบความทนทานซึ่งหัวฉีดไม่เกิดปัญหาสามารถใช้งานได้ตามปกติความดันในการเปิดหัวฉีดลดลงเพียง 5% และสภาพปลายหัวฉีดมีเขม่าจับเพียงเล็กน้อย โดยผลยังแสดงอีกว่าสำหรับสมรรถนะกำลังที่สร้างได้ลดลง 5.8% สำหรับการใช้เมทิลเอสเทอร์ แต่ประสิทธิภาพแตกต่างกันในเชิงน้อยกว่าเพียง 1%

ปี ค.ศ. 2007 งานวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยคณิต วัฒนวิเชียร และ วรวุฒิ กฤษดาธิการ [45] ซึ่งทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันไบโอดีเซลผสมน้ำในอัตราส่วน 70:30% โดยปริมาตร จากการทดสอบพบว่าคุณสมบัติของเชื้อเพลิงมีความแตกต่างกันอย่างมากจากคุณสมบัติของเชื้อเพลิงดีเซลทั่วไป แต่เมื่อนำมาใช้กับเครื่องยนต์จะทำให้เครื่องยนต์สามารถทำงานได้อย่างเชิงความร้อนที่สูงขึ้นโดยปราศจากควันดำ แม้ว่าสรรถนะของเครื่องยนต์ที่

ได้จะต่ำกว่าสมรรถนะที่ได้จากการใช้เชื้อเพลิงดีเซลโดยทั่วไปและมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเชิงปริมาตรเพิ่มสูงขึ้น

ปี พ.ศ. 2550 โดยงานวิจัยของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดย คณิต วัฒนวิเชียร และอณัติ จิตรานุเคราะห์ [46] มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาผลกระทบจากการใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลตามกำหนดของประกาศกรมธุรกิจพลังงาน พ.ศ. 2549 ต่อเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก ชนิดฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง โดยแบ่งการวิจัยออกเป็นสามส่วน คือ ส่วนแรกทำการทดสอบเครื่องยนต์บนแท่นทดสอบ ที่สภาวะคงตัวที่ความเร็วรอบคงที่ ระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลและเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลที่สภาวะภาระสูงสุด และสภาวะภาระบางส่วน ซึ่งผลการทดสอบที่ได้เมื่อนำมาปรับค่าเทียบกับอุณหภูมิและความดันบรรยากาศมาตรฐาน พบว่าที่สภาวะภาระสูงสุดแรงบิดเบรก และค่าควันดำของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลมีค่าต่ำกว่าน้ำมันดีเซล ในทุกความเร็วรอบของการทดสอบโดยต่างกันสูงสุด ร้อยละ 7.7 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ และอุณหภูมิไอเสียที่ได้จากการใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลและน้ำมันดีเซล มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนที่สภาวะภาระบางส่วนพบว่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ ที่ได้จากการใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลมีค่าสูงกว่าทุกจุดทดสอบ ค่าอุณหภูมิไอเสียใกล้เคียงกัน ค่าควันดำในช่วงแรงบิดต่ำมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ในช่วงแรงบิดสูงค่าควันดำจากการใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลมีค่าต่ำกว่า ส่วนที่สองการทดสอบการเปลี่ยนองศาการฉีดน้ำมันปาล์มไบโอดีเซล ที่องศาการฉีดเชื้อเพลิงล่วงหน้าพบว่าที่สภาวะภาระสูงสุดแรงบิดเบรก อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ และอุณหภูมิไอเสีย ตลอดย่านความเร็วที่ทำการทดสอบมีค่าสูงที่สุด และองศาการฉีดมาตรฐาน รองลงมาตามลำดับ ที่สภาวะภาระบางส่วนไม่พบความแตกต่างของอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะจากการเปลี่ยนองศาการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ส่วนที่สามทำการทดสอบความทนทานของเครื่องยนต์จากการใช้งานต่อเนื่องภายใต้สภาวะภาระจำลองเป็นเวลา 500 ชั่วโมง พบว่าสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่สภาวะภาระสูงสุดเมื่อใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลหลังผ่านการทดสอบความทนทานมีแรงบิดเบรกที่ลดลงร้อยละ 5.4-10.1 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะมีค่าสูงขึ้นร้อยละ 7.4-20.1 ค่าควันดำมีค่าสูงขึ้น 1.2-2.2 BSN จากการทดสอบความดันเริ่มต้นของหัวฉีดของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลไม่สามารถหาได้ เนื่องจากเกิดการรั่วที่ปลายหัวฉีดก่อนถึงระดับความดันในการเริ่มฉีดที่ระดับเหมาะสม พบปริมาณเขม่าจับตัวหนาที่ปลายหัวฉีด คราบตะกอนสีแดงที่ฝาสูบในเครื่องยนต์ นอกจากนั้นไม่พบความแตกต่างอย่างมีจากการสึกหรอในชิ้นส่วนในเครื่องยนต์ห้องเผาไหม้ และชิ้นส่วนถ่ายทอดกำลังระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลและเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล แต่พบปริมาณตะกอนในกระบอกไส้กรองน้ำมันเชื้อเพลิงในปริมาณที่มากกว่า การใช้น้ำมันปาล์มไบโอดีเซลมีผลทำให้น้ำมันหล่อลื่นเสีย

คุณสมบัติเร็วกว่ากำหนดดังเห็นได้จาก ผลจากการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นตลอดช่วงทดสอบความทนทานพบว่า ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นมีอัตราลดลง และมีค่าน้อยกว่าระดับการเตือนขั้นวิกฤตในชั่วโมงการใช้งานน้ำมันหล่อลื่นที่ 100 และ 110 และพบปริมาณโลหะเหล็ก อลูมิเนียม และโครเมี่ยมตกค้างในน้ำมันหล่อลื่นสูงกว่าการใช้น้ำมันดีเซล

สรุปได้ว่าการนำน้ำมันปาล์มไบโอดีเซลมาใช้งานกับเครื่องยนต์ชนิดฉีดเชื้อเพลิงโดยตรง สมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้ปาล์ม ไบโอดีเซลด้อยกว่าการใช้น้ำมันดีเซล การทดสอบความทนทานภายใต้สภาวะภาระจำลองพบว่า สมรรถนะที่สภาวะสูงสุดมีค่าด้อยลงอย่างชัดเจน เนื่องจากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นกับระบบการจ่ายเชื้อเพลิง เช่นการลดลงของความดันเริ่มฉีดของเชื้อเพลิง

4.4 งานวิจัยเกี่ยวกับการนำ DME ผสมกับปาล์มไบโอดีเซลมาใช้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด

ในปี ค.ศ. 2002 สำหรับงานวิจัยของ Gisoo Hyun, Mitsuharu Oguma และ Shinichi Goto [28] ได้ศึกษาวิจัยคุณลักษณะน้ำมันเชื้อเพลิงปาล์มไบโอดีเซลในเรื่องปรากฏการณ์ของสเปรย์และมลภาวะจากไอเสียที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบเมื่อนำน้ำมันเชื้อเพลิงปาล์มไบโอดีเซล (Plant Oil) มาผสมกันกับ DME โดยมีขั้นตอนการทดสอบด้วยการประมวลผลจากภาพถ่ายของลำสเปรย์ของเชื้อเพลิงด้วยวิธี Shadowgraph ซึ่งผลจากการทดสอบนั้นแสดงถึงอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการนำเอาเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดมาผสมกันในอัตราส่วน 50:50 โดยน้ำหนักซึ่งอัตราส่วนดังกล่าวนั้นเมื่อดูจากภาพถ่ายของลำสเปรย์หลังทำการฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปในห้องเผาไหม้แล้วการแตกตัวเป็นละอองฝอยผสมกันกับอากาศผสมกันเป็นเนื้อเดียวกันได้ดี จากนั้นนำเอาเชื้อเพลิงผสมระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิงปาล์มไบโอดีเซลกับ DME ในอัตราส่วนดังกล่าวมาทดสอบสมรรถนะและปรากฏการณ์การเผาไหม้รวมไปถึงมลภาวะที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดชนิด DI เพื่อเปรียบกับการใช้น้ำมันดีเซลปกติ ซึ่งพบว่าผลการวิจัยดังกล่าวสรุปถึงแนวทางความเป็นไปได้ในการนำน้ำมันเชื้อเพลิงปาล์มไบโอดีเซลมาผสมกับ DME มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานจริงโดยการดูจากคุณลักษณะของปรากฏการณ์การเผาไหม้จากภาพถ่ายเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล

ในปี 2008 งานวิจัยของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดย คณิต วัฒนวิเชียร และ วาทิต ตั้งพิสิฐโยธิน [1] เป็นการประยุกต์ใช้เชื้อเพลิง DME ผสมปาล์มไบโอดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซล ชนิดห้องเผาไหม้ล่วงหน้า งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสัดส่วนการผสมระหว่าง DME กับปาล์มไบโอดีเซลที่มีต่อสมรรถนะ และปรากฏการณ์การเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กชนิดห้องเผาไหม้ล่วงหน้า โดยทดสอบกับเครื่องยนต์ Kubota รุ่น RT120 IDI ขนาด 0.624 ลิตร ซึ่งจะ

ทำการทดสอบ DME ผสมปาล์มไบโอดีเซลที่สัดส่วน 50%DME, 40%DME และ 30%DME แล้วทำการบันทึกข้อมูลสมรรถนะและความดันในกระบอกสูบเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการเผาไหม้ ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้แบ่งการนำเสนอออกเป็น 2 ส่วน กล่าวคือ ส่วนแรกแสดงผลด้านสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้ปาล์มไบโอดีเซลเปรียบเทียบกับกรณีใช้ DME ผสมปาล์มไบโอดีเซลที่สัดส่วน 50%DME,40%DME และ 30%DME และส่วนที่สองแสดงผลปรากฏการณ์การเผาไหม้ของ DME ผสมปาล์มไบโอดีเซลที่สัดส่วน 50%DME,40%DME และ 30%DME จากผลการศึกษาวิเคราะห์อัตราการปล่อยความร้อนเนื่องจากการเผาไหม้จากข้อมูลความดันภายในกระบอกสูบและความดันเชื้อเพลิงที่ทางเข้าหัวฉีด รวมทั้งวิเคราะห์อัตราการฉีดเชื้อเพลิง ช่วงล่าช้าการจุดระเบิดและสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้

จากผลการทดสอบสมรรถนะที่สภาวะภาระสูงสุดพบว่า เมื่อมีการผสม DME ลงในปาล์มไบโอดีเซล แรงบิดเบรกสูงสุดจากการใช้ปาล์มไบโอดีเซลจะมีค่าต่ำลง โดยจะมีค่าต่ำลงตามสัดส่วนการผสม DME ที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่าควันดำที่สภาวะภาระสูงสุดจะลดลงตามสัดส่วนการผสม DME ที่เพิ่มขึ้น โดยสัดส่วน 50%DME มีค่าควันดำต่ำที่สุด ที่สภาวะภาระบางส่วนโดยภาพรวมพบว่าที่สัดส่วน 30%DME และ 40%DME มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะต่ำที่สุดต่ำกว่าการใช้ปาล์มไบโอดีเซล โดยสัดส่วน 40%DME มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะต่ำที่สุดต่ำกว่าสัดส่วน 30%DME เล็กน้อย และที่สัดส่วน 50%DME มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานรวมจำเพาะสูงสุดสูงกว่าการใช้ปาล์มไบโอดีเซล อุณหภูมิไอเสียที่สภาวะภาระบางส่วนจะสูงขึ้นตามสัดส่วน DME ที่สูงขึ้น ส่วนค่าควันดำที่สภาวะภาระบางส่วนมีแนวโน้มเดียวกับที่สภาวะภาระสูงสุด จากผลการทดสอบและวิเคราะห์ข้อมูลความดันในห้องเผาไหม้พบว่าความดันในห้องเผาไหม้สูงสุดของสัดส่วน 30%DME กับ 40 %DME มีค่าใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มสูงกว่า 50%DME การเพิ่มสัดส่วน DME มีผลทำให้จุดเริ่มต้นการฉีดเชื้อเพลิงล่าช้า โดยที่สัดส่วน 50%DME มีแนวโน้มในการสร้างแรงดันการฉีดเชื้อเพลิงล่าช้าที่สุด ในขณะที่สัดส่วน 30%DME และ 40%DME มีแนวโน้มในการสร้างแรงดันการฉีดเชื้อเพลิงใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มในการสร้างแรงดันการฉีดเชื้อเพลิงก่อนสัดส่วน 50%DME ประมาณ 0.4-2.4 องศาเพลาข้อเหวี่ยง การเพิ่มสัดส่วน DME มีผลทำให้จุดเริ่มต้นการเผาไหม้ล่าช้าขึ้น โดย 30%DME และ 40%DME มีจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ใกล้เคียงกัน ส่วน 50%DME มีจุดเริ่มต้นการเผาไหม้ล่าช้ากว่า 30%DME และ 40%DME ประมาณ 0.4-1.6 องศาเพลาข้อเหวี่ยง การเพิ่มสัดส่วน DME มีผลทำให้จุดสิ้นสุดการเผาไหม้ล่าช้า โดย 50%DME มีจุดสิ้นสุดการเผาไหม้ล่าช้าที่สุด ส่งผลให้มีอุณหภูมิไอเสียสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบสมรรถนะ การปล่อยความร้อนสุทธิของสัดส่วน 50%DME มีแนวโน้มสูงที่สุด และสัดส่วน 30%DME มีการปล่อยความร้อนสุทธิต่ำที่สุด การเพิ่มสัดส่วน DME

มีผลทำให้จุดศูนย์กลางการปล่อยความร้อนห่างจากจุดศูนย์ตายบนมากขึ้น โดย 30%DME มีจุดศูนย์กลางการปล่อยความร้อนใกล้จุดศูนย์ตายบนมากที่สุด ส่วน 50%DME มีจุดศูนย์กลางการปล่อยความร้อนห่างจากจุดศูนย์ตายบนมากที่สุด สัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ของสัดส่วน 40%DME มีค่าสูงที่สุด โดยสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ของสัดส่วน 30%DME และ 50%DME มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งกล่าวได้ว่าสอดคล้องกับประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงเบรก

ผลการวิจัยนี้สรุปได้ว่า การนำเชื้อเพลิง DME มาผสมปาล์มไบโอดีเซลสามารถนำมาใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลได้ และพบว่า หากนำเครื่องยนต์รุ่นที่ใช้ในการวิจัยนี้ไปใช้ในงานทั่วไปนั้น สัดส่วน 40%DME มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงและสัดส่วนมวลเชื้อเพลิงที่เผาไหม้สูงที่สุด