บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 การปรับปรุงคุณภาพน้ำมันพืช

น้ำมันพืชดิบที่ได้จากการสกัดจากพืชแต่ละชนิดนั้น ต้องนำมาผ่านกระบวนการทางเคมีและนำการกลั่นเพื่อให้เป็นน้ำมันพืชบริสุทธิ์เพื่อนำมาบริโภค ซึ่งสามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลและให้สมรรถนะใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลอีกด้วย (Thomas, 1982) แต่จะมีราคาแพง ดังนั้นจึงหันมาใช้น้ำมันพืชดิบซึ่งมีราคาต่ำกว่าแต่ยังมีความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงคุณภาพน้ำมันพืชดิบ เพราะในน้ำมันพืชดิบมีสารประกอบที่ไม่ใช่น้ำมันเจือปนอยู่ โดยจะมีสารประกอบที่เป็นน้ำมันอยู่เป็นส่วนมากขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำมันดิบ แต่มีส่วนที่เหลือเพียงเล็กน้อยเป็นสารประกอบที่ไม่ใช่น้ำมัน (Ho and Chow, 2000) หากจะนำน้ำมันพืชดิบมาใช้กับเครื่องยนต์นั้นก็มีความจำเป็นที่จะต้องลดสารประกอบที่ไม่ใช่น้ำมันและส่วนที่มีผลกระทบต่อเครื่องยนต์ ซึ่งจะกล่าวถึงเฉพาะส่วนที่ต้องลดปริมาณเพื่อให้มีค่าน้อยลงในน้ำมันดิบเพื่อให้ได้น้ำมันพืชดิบมีคุณภาพที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้งาน (ทวีศักดิ์ พิทักษ์วรรัตน์, 2541) และได้สมรรถนะของเครื่องยนต์ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล (Tahir and Buchanan, 1982) มีอยู่ 3 อย่างคือ

1) กรดไขมันอิสระ (Free Fatty acid) เกิดจากการย่อยสลายของไขมันโดยกระบวนการทางเคมีหรือเอนไซม์ ดังนั้นปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันพืชดิบจะเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของน้ำมันพืชดิบ (Stournas et al., 1995) ถ้าปริมาณกรดไขมันอิสระมีมาก หากนำมาใช้กับเครื่องยนต์ความเป็นกรดของน้ำมันจะทำให้เกิดการกัดกร่อนกับชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ถังเก็บน้ำมัน หัวฉีด ห้องเผาไหม้ ลูกสูบ แหวนและปะเก็น

การลดปริมาณ ทำได้โดยวัดความเป็นกรดก่อน แล้วจึงเติมสารที่เป็นเบสลงไปผสมกับน้ำมันพืชดิบจะทำให้ความเป็นกรดลดลง และเกิดสบู่แล้วจึงล้างสบู่ออกด้วยน้ำอุ่น

2) ยางเหนียว (Gums) เป็นสารพวกคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ฟอสฟอไทด์และสารอื่นๆ ที่มีลักษณะเป็นเมือก สารพวกนี้อาจอยู่ในรูปของสารละลาย สารไม่ละลายหรือสารแขวนลอยอยู่ในน้ำมัน ซึ่งจะมีอยู่ในปริมาณร้อยละ 0.03 ถึง 3 สารพวกนี้มักจะจับอยู่กับโลหะ เช่น เหล็ก ทองแดง และแมกนีเซียม ซึ่งจะมีผลต่ออายุการเก็บรักษาของน้ำมันพืช เมื่อเกิดการเผาไหม้ยังจะจับตัวเป็นก้อนที่หัวฉีด ซึ่งทำให้น้ำมันที่ฉีดออกมากระจายเป็นฝอยลดลง (Van der Walt and Hugo, 1982)

และทำให้เกิดการสึกหรอภายในห้องเผาไหม้ หากใช้น้ำมันที่กำจัดกัมแล้วยังพบว่าสมรรถนะที่ได้ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลอีกด้วย (Thomas, 1982) กัมแบ่งได้ 2 ประเภท คือกัมที่ละลายในน้ำกับกัมที่ละลายในกรด

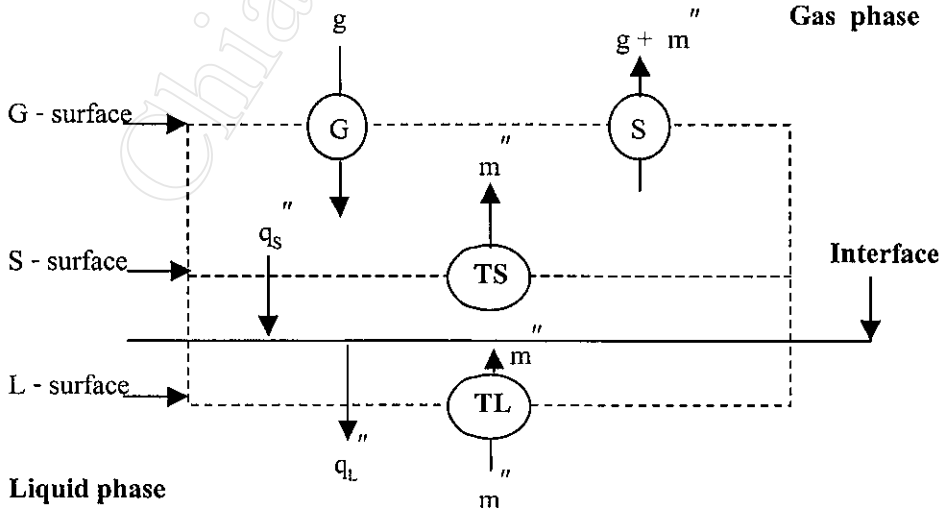
การลดปริมาณ จะต้องใช้กรดฟอสฟอริคเข้มข้นและน้ำเติมลงในน้ำมันเพื่อลดปริมาณกัม

3) ความชื้น (Humidity) ในน้ำมันควรมีความชื้นต่ำ หากมีความชื้นมากจะทำให้เกิดการสึกหรอเมื่อเกิดการเผาไหม้ และทำให้การเผาไหม้มีประสิทธิภาพลดลงอีกด้วย

การลดปริมาณ นำน้ำมันพืชไปอุ่นเพื่อทำให้น้ำระเหยออกจากน้ำมันพืชซึ่งจะทำให้ความชื้นในน้ำมันพืชลดลง

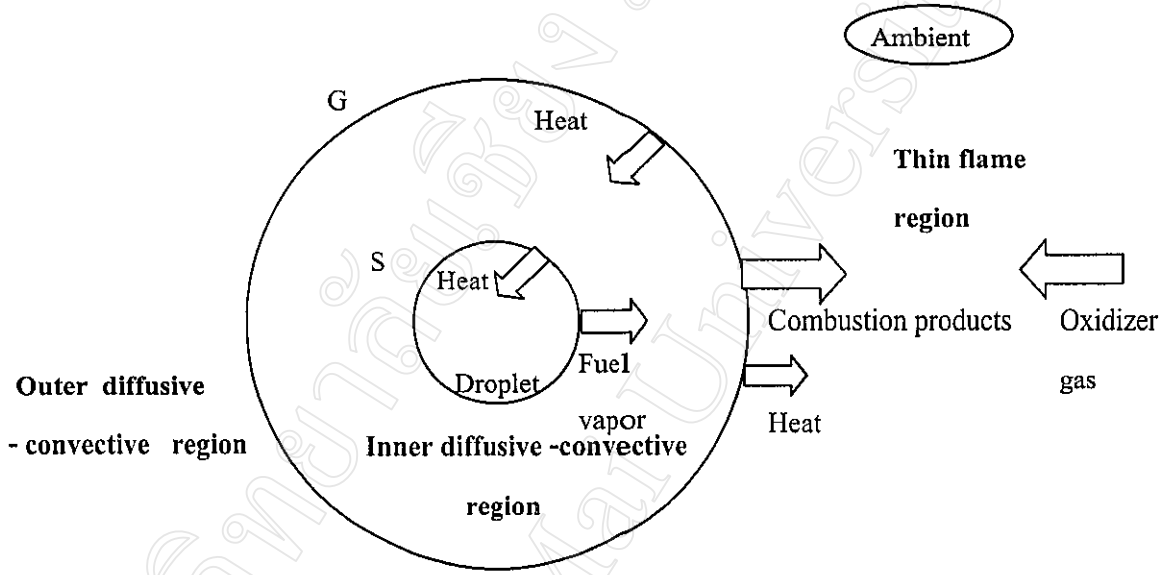
2.2 ทฤษฎีการถ่ายเทมวล

ทฤษฎีการถ่ายเทมวล (Mass transfer theory) นี้ใช้แบบการไหลของเรย์โนลดส์ โดยเรย์โนลดส์ได้เสนอแบบจำลองสำหรับการไหลใกล้บริเวณผิวร่วมระหว่างสถานะสองสถานะ ดังนี้ กำหนดให้ผิว G เป็นผิวที่ขนานกับผิว S แต่อยู่ไกลออกไปจนสภาวะของไหลมีลักษณะเป็นสภาวะ G ซึ่งเป็นสถานะที่พิจารณาฟลักซ์ถ่ายเทมวลผิว S และผิว L จะขนานกับผิวร่วมแต่จะแยกออกจากกันโดยมีระยะห่างกันประมาณ 2 – 3 เท่าของระยะวิถีเสรีเฉลี่ยของโมเลกุล ส่วน q_s'' และ q_L'' เป็นฟลักซ์ถ่ายเทความร้อนที่ผ่านเข้าและออกจากผิวร่วม ตามรูป 2.1 ฟลักซ์ g ของของไหลที่สภาวะ G เคลื่อนที่ผ่านผิว G มายังผิว S และฟลักซ์ $g + m''$ ของของไหลจากสภาวะ S เคลื่อนที่ผ่านผิว G ออกไป (Spalding, 1979)



รูป 2.1 แบบจำลองการไหลเรย์โนลดส์สำหรับการถ่ายเทมวล (Spalding, 1979)

ทฤษฎีการถ่ายเทมวลโดยการพา ได้รับการพัฒนาจากแบบจำลองการไหลเรย์โนลดส์โดย Spalding(1979) ผู้ซึ่งเริ่มประยุกต์ทฤษฎีนี้กับการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเหลว พิจารณาหยดเชื้อเพลิงเหลวที่อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง เชื้อเพลิงเหลวได้รับความร้อนจะระเหยกลายเป็นไอและผสมกับอากาศแล้วจะติดไฟเกิดการเผาไหม้ เป็นชั้นเปลวไฟบางๆที่ผิวนอกของชั้นไอเชื้อเพลิง การเผาไหม้มีอัตราเร็วกว่าอัตราการผสมกันระหว่างอากาศกับไอเชื้อเพลิง ดังรูป 2.2



รูป 2.2 แบบจำลองการเผาไหม้หยดเชื้อเพลิงเหลว (Wibulswas et al., 1989)

จากการทดลองการเผาไหม้ของไอเชื้อเพลิงที่ระเหยจากผิวทรงกลม Spalding(1979) ได้เสนอกฎการถ่ายเทมวลภายใต้สมมุติฐานดังนี้

1. หยดน้ำมันมีขนาดทรงกลมสม่ำเสมอ
2. หยดน้ำมันอยู่ในออกซิแดนท์ที่กำลังเคลื่อนที่
3. ความร้อนถ่ายเทจากเปลวไฟมายังหยดน้ำมันโดยการพาความร้อน ซึ่งอยู่ในรูปของการกลายเป็นไอ และการแผ่รังสีความร้อนจากก๊าซที่เผาไหม้มีขนาดน้อยมาก
4. เปลวไฟที่เกิดจากการเผาไหม้มีขนาดบางมาก เนื่องจากอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเร็วกว่าอัตราการกลายเป็นไอของเชื้อเพลิง
5. ระยะห่างระหว่างหยดน้ำมันที่เผาไหม้จะมีขนาดมากกว่าขนาดหยดน้ำมัน

Spalding ทดลองเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ระเหยจากผิวทรงกลมและได้เสนอกฎการถ่ายเทมวลของอัตราการไหลของมวลต่อพื้นที่ (Mass transfer flux) ไว้ดังสมการ (Wibulswas et al., 1989)

$$m'' = g \times \ln(1 + B) \tag{2.1}$$

2.2.1 ความนำการถ่ายเทมวล

ประเมินจากสมการถ่ายเทความร้อนที่ดัดแปลงมาอยู่ในรูปสมการการถ่ายเทมวล โดยอาศัยสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวร่วมระหว่างอากาศที่ไหลผ่านและไอเชื้อเพลิงสำหรับการเผาไหม้ของหยดเชื้อเพลิงหรือบนผิวทรงกลมที่มีการพาแบบบังคับ ค่าความนำการถ่ายเทมวล (Mass transfer conductance) คำนวณจากสมการ (Wibulswas et al., 1989)

$$g = \left(\frac{\mu}{d \times Sc}\right) Nu \tag{2.2}$$

ความหนืดจะหาได้จากความหนืดที่อุณหภูมิเฉลี่ยของฟิลม์ (T_f) ที่คำนวณได้จากอุณหภูมิจุดเดือดของน้ำมัน (T_{bp}) กับอุณหภูมิของอากาศ (T_g) รอบทรงกลมหรือหยดน้ำมัน (Gradinger and Boulouchos, 1998)

$$T_f = T_{bp} + \frac{1}{2}\left(T_g - T_{bp}\right) \tag{2.3}$$

2.2.2 เลขถ่ายเทสปัลดิง

เลขถ่ายเทสปัลดิง (Spalding transfer number) ในกรณีที่เป็นการระเหยเพียงอย่างเดียวสามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ B_M และ B_H เมื่อพิจารณาว่าเป็นการทดสอบตามเงื่อนไข quasi-steady จะได้ $B_H = B_M = B$ (Chauveau et al., 2000) สำหรับการเผาไหม้ที่สภาวะคงที่ ประเมินเลขถ่ายเทสปัลดิงจากค่าเอนทัลปีของเชื้อเพลิงและอากาศที่ไหลผ่านหยดเชื้อเพลิงหรือผิวทรงกลมดังสมการ (Wibulswas et al., 1989)

$$B = \frac{\left[C_{Pg}\left(t_{\infty} - t_{bp}\right) + Hhv\left(\frac{m_{ox,G}}{R}\right)\right]}{\left[h_{fg,fuel} + C_o\left(t_{bp} - t_{int}\right)\right]} \tag{2.4}$$

2.2.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ

ก. การประมาณค่าเลขชมิดท์

ค่าเลขชมิดท์ (Schmidt number) หาค่าได้ดังสมการ (Wibulswas et al., 1989)

$$Sc = 0.145M^{0.556} \tag{2.5}$$

M = มวลโมเลกลของน้ำมัน

ข. ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของเชื้อเพลิง

ความร้อนแฝงที่ทำให้สารหนึ่งหน่วยมวลเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ ที่อุณหภูมิและความดันคงที่ สำหรับน้ำมันพืชหาได้จากสมการ (Wibulswas et al., 1989)

$$h_{fg,fuel} = \frac{2.33(108 - 0.162t_{bp})}{spgr} \tag{2.6}$$

ค. ความร้อนจำเพาะของน้ำมันเชื้อเพลิง

เป็นปริมาณความร้อนทำให้น้ำมันหนึ่งหน่วยมวลมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 ^{o}C ที่สภาวะความดันและหรือปริมาตรคงที่ สำหรับน้ำมันพืชหาได้จากสมการ (Wibulswas et al., 1989)

$$C_o = 1.97 + 0.00306t \tag{2.7}$$

ส่วนน้ำมันดีเซลจะหาได้จาก

$$C_o = 1.63 + \frac{0.00025(t - 32)}{Spgr^{\frac{1}{2}}} \tag{2.8}$$

ง. อัตราส่วนออกซิเจนต่อเชื้อเพลิง (Stoichiometric oxygen / fuel ratio)

R = สัดส่วนการใช้ออกซิเจนต่อเชื้อเพลิง (Stoichiometric oxygen / fuel ratio)

$$C_mH_nO_p + xO_2 \longleftrightarrow mCO_2 + n/2\ H_2o$$

ค่า R หาได้ดังสมการ (Wibulswas et al, 1989)

$$R = \frac{16\left(2m + \frac{n}{2} - p\right)}{(12m + n + 16p)} \qquad (2.9)$$

สำหรับน้ำมันดีเซลค่า p = 0 จะมีสูตรโครงสร้างน้ำมันเป็น C_mH_n

2.3 การพัฒนาการหาค่าตัวแปรไร้มิติในสมการถ่ายเทมวล

จากงานวิจัยของ บุญฤทธิ์ วิญญูชมภูนาท (2541) ที่นำสมการถ่ายเทมวลมาเพื่อทำนายอัตราการเผาไหม้ของทรงกลมแบบการพาบังคับ ผลการคำนวณที่ได้ใกล้เคียงกับการทดลองเผาทรงกลมที่ใช้พัดลมเป่าทรงกลมที่ลุกติดไฟซึ่งยังไม่ได้มีการควบคุมความเร็วลมบนหน้าตัดทดสอบให้เท่ากัน ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทดสอบเผาทรงกลมในอุโมงค์ลมที่ควบคุมความเร็วบนหน้าตัดการทดสอบให้มีค่าใกล้เคียงกันแล้วจะนำข้อมูลการทดสอบที่ได้มาเทียบกับผลการคำนวณที่ใช้สมการถ่ายเทมวล เพื่อทำการเปรียบเทียบผลแตกต่าง ส่วนในการประเมินสัดส่วนของกำลังของเครื่องยนต์ ธิบดินทร์ แสงสว่าง (2543) ได้มีการพัฒนาการคำนวณหาเลขเรย์โนลด์ที่หาได้จากขนาดและความเร็วของหยดละอองเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดออกจากหัวฉีด และนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาสัดส่วนกำลังของน้ำมันพืชต่อดีเซลเปรียบเทียบค่าระหว่างการประเมินกับการทดสอบ พบว่าค่าที่ได้มีความแตกต่างกันบ้าง ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำตัวแปรที่ใช้ปรับปรุงเลขนัสเสล มาใช้ในการคำนวณเพื่อปรับปรุงค่าจากการคำนวณแล้วดูแนวโน้มและความแตกต่างระหว่างค่าจากการประเมินและการทดสอบ

2.3.1 การประมาณค่าเลขเรย์โนลดส์

สำหรับการทำนายหาอัตราการเผาไหม้ ความเร็วที่ใช้คำนวณในสมการจะเป็นค่าความเร็วลมที่ผ่านทรงกลม ส่วนในการประเมินหาสมรรถนะของเครื่องยนต์จะพบว่าเลขเรย์โนลด์ (Reynolds number) เป็นฟังก์ชันของความเร็วและขนาดของหยดน้ำมันที่ถูกฉีดออกจากหัวฉีดเข้าไปยังห้องเผาไหม้ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ใกล้จะถึงจุดศูนย์ตายบน โดยจะหาค่าได้ดังสมการ 2.10 (Sirignano, W.A., 1999).

$$Re = \frac{\rho_g v d}{\mu_g} \qquad (2.10)$$

โดยที่ ρ_g = ความหนาแน่นของอากาศ หาได้จากกฎของก๊าซ (kg/m^3)

μ_g = ความหนืดของอากาศที่อุณหภูมิเฉลี่ยระหว่างอุณหภูมิจุดเดือดของน้ำมันกับอุณหภูมิของอากาศ (Ns/m^2)

d = ขนาดของทรงกลมหรือหยดน้ำมัน สำหรับการคำนวณหาอัตราการเผาไหม้ของทรงกลมจะเป็นขนาดทรงกลมที่ใช้ทดสอบมีค่า 0.1 เมตร ส่วนการทดสอบหาอัตราการใช้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์จะเป็นขนาดของหยดน้ำมันที่ฉีดออกจากหัวฉีด

ส่วนการคำนวณหาขนาดหยดน้ำมันที่ฉีดจากหัวฉีดเพื่อนำไปคำนวณหาอัตราการใช้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์จะหาได้จากสมการ 2.11 และ 2.12 โดยที่สมการ 2.11 นั้นได้ใช้ทำนายน้ำมันหลายชนิด เช่น น้ำมันดีเซล แก๊ซโซลีน เคโลซีน และน้ำมันผสม โดยน้ำมันที่นำมาทดสอบหาขนาดหยดน้ำมันนั้นมีคุณสมบัติทางกายภาพแตกต่างกันอย่างมาก เช่นความหนืดต่างกันประมาณ 11 เท่า แรงตึงผิวต่างกันประมาณ 1.4 เท่า และความหนาแน่นที่ต่างกันประมาณ 1.2 เท่า รวมทั้ง ได้นำมาสมการ 2.11 นั้นทำนายน้ำมันผสมระหว่างน้ำมันมะพร้าวกับน้ำมันดีเซล รวมทั้งได้ทำการวัดขนาดหยดน้ำมันที่ทำการทดสอบอีกด้วย (Machacon et al., 2001)

ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้นำน้ำมันปาล์มและน้ำมันถั่วเหลืองมาใช้ทดสอบซึ่งคุณสมบัติทางกายภาพที่ต่างกันออกไปแต่ค่าของคุณสมบัติทางกายภาพยังอยู่ในช่วงของการทดสอบของสมการที่ได้มีการนำมาทำนายเทียบกับการทดสอบก่อนแล้วจึงนำสมการมาใช้

$$SMD_1 = 3.08\nu^{0.335}(\sigma\rho_\ell)^{0.737}\rho_g^{0.06}\Delta P^{-0.54} \qquad (2.11)$$

SMD = เส้นผ่านศูนย์กลางมัชฌิมซอเทอร์ (Sauter mean diameter) (m)

ν = ความหนืดของน้ำมัน (Kinematic viscosity) (m^2/s)

σ = แรงตึงผิว (Surface tension) (N/m)

ρ_ℓ = ความหนาแน่นของน้ำมัน (kg/m^3)

ρ_g = ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)

ΔP = ความดันที่ใช้ฉีดน้ำมัน (Pa)

ส่วนสมการที่ 2.12 นั้นได้มาจากการทดลอง ซึ่งเป็นสมการที่ใช้คำนวณหาขนาดของหยดน้ำมันของน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซลรวม 15 ชนิด (Allen, 2000)

$$SMD_2 = 0.002103\mu_\ell + 67.63\sigma_\ell \quad (2.12)$$

μ_ℓ = ความหนืดของน้ำมัน (Dynamic viscosity) (Pa·s)

เมื่ออุณหภูมิน้ำมันเพิ่มขึ้นแรงตึงผิวจะมีค่าลดลงซึ่งหาได้ดังสมการ (Goodrum and Eiteman, 1996).

$$\sigma = \frac{(31.12 - 0.0606t)}{1000} \quad (2.13)$$

t = อุณหภูมิน้ำมันพืช ($^{\circ}$C)

V = ความเร็ว สำหรับการคำนวณหาอัตราการเผาไหม้จะเป็นความเร็วเฉลี่ยของอากาศในอุโมงค์ลม ส่วนการคำนวณหาอัตราการใช้เชื้อเพลิงจะเป็นความเร็วสัมพัทธ์กันระหว่างความเร็วของหยดน้ำมันที่ฉีดออกจากหัวฉีดกับความเร็วของอากาศในกระบอกสูบ เนื่องจากความเร็วของอากาศในจังหวะลูกสูบเคลื่อนที่ใกล้กับจุดศูนย์ตายบนจะมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับความเร็วของหยดน้ำมัน ดังนั้นความเร็วจะหาได้สมการ (Sazhin et al., 2001)

$$V = C_d\sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho_\ell}} \quad (2.14)$$

โดยที่ C_d = สัมประสิทธิ์การฉีด (Discharge coefficient) ประมาณ 0.6 สำหรับขอบรูหัวฉีดคมบาง (ปราโมทย์ อ่อนประไพ, 2541)

ΔP = ความแตกต่างของความดันฉีดเชื้อเพลิงและความดันในกระบอกสูบ (Pa)

ρ_L = ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงเหลว (kg/m^3)

$$\Delta P = P_{vop} - P_{gas} \quad (2.15)$$

P_{vop} = ความดันเปิดนมหนู (Value opening pressure) (Pa)

P_{gas} = ความดันของก๊าซในห้องเผาไหม้ (Pa)

2.3.2 การประมาณเลขนัสเสล

สำหรับการเผาไหม้จะพบว่าตัวแปรที่กล่าวถึงสัดส่วนการเผาไหม้คือเลขลิวอิส (Lewis number) ที่มีค่าแตกต่างกันตามตาราง 2.1 สำหรับการเผาไหม้ที่เป็นไปตามทฤษฎีคือการเผาไหม้ที่มีสัดส่วนของน้ำมันกับอากาศเป็นไปตามทฤษฎีแบบสมบูรณ์จะได้ค่า Le = 1 จะพบว่า $Nu = Sh$ และจะพบว่าค่าเลขถ่ายเทสปัลดิงจะมีค่าเท่ากันดังนี้ $B_H = B_M = B$

ตาราง 2.1 แสดงค่าเลขลิวอิส Hou and Lin (2001)

อัตราส่วนสมมูลของเชื้อเพลิงต่ออากาศ (fuel / air equivalent ratio, ϕ)	Le
สารผสมน้ำมันกับอากาศพอดี $\phi = 1$	1
สารผสมน้ำมันกับอากาศบาง(Lean Spray flame) $\phi < 1$	>1
สารผสมน้ำมันกับอากาศหนา(Rich spray flame) $\phi > 1$	<1

จากงานวิจัยที่ผ่านมาในการทำนายอัตราการเผาไหม้ (บุญฤทธิ์ วิญญูชมภูนาท, 2541) และประเมินสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล (ธิบดินทร์ แสงสว่าง, 2543) เลขนัสเสลที่ใช้ในการคำนวณจะมีรูปแบบดังสมการ 2.15 (Middleman, 1998) เหมาะสำหรับในกรณีที่มีอัตราการถ่ายเทความร้อนต่ำและ Re < 2000

$$Nu^{o} = 2 + 0.6\,Re^{\frac{1}{2}}\,Sc^{\frac{1}{3}} \qquad (2.16)$$

ในงานวิจัยนี้ได้นำเลขนัสเสล (Nusselt number) ที่ใช้สำหรับการถ่ายเทความร้อนที่มีค่าสูงขึ้น โดยสมการที่ใช้ในการคำนวณที่ได้รับการปรับปรุงแล้วเป็นดังนี้ (Stengele et al., 1999)

$$Nu^{*} = 2 + \frac{Nu^{o} - 2}{F(B_H)} \qquad (2.17)$$

โดยที่ค่าแฟคเตอร์ของการเปลี่ยนแปลงความหนาของน้ำมันที่เคลือบบนทรงกลมหยดเดี่ยวหรือความหนาของชั้นน้ำมันของหยดน้ำมันสำหรับการถ่ายเทความร้อนคือ (Stengele et al., 1999)

$$F(B_H) = (1 + B_H)^{0.7}\,\frac{\ln(1 + B_H)}{B_H} \qquad (2.18)$$

2.4 อัตราการเผาไหม้หยดเชื้อเพลิง

อัตราการเผาไหม้ของน้ำมันจากแบบจำลองทรงกลม รวมทั้งอัตราการใช้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซลสามารถหาค่าได้จากการนำอัตราการไหลของมวลต่อพื้นที่ มาคูณกับพื้นที่ผิวของหยดน้ำมันเชื้อเพลิงสมการ

$$m = \pi d^2 \times m'' \qquad (2.19)$$

นำสมการ 2.1 แทนในสมการ 2.18 จะได้สมการ 2.19 ที่เป็นค่าอัตราการเผาไหม้เชื้อเพลิงสำหรับทรงกลมหยดเดี่ยว ซึ่งจะเป็นค่าที่นำไปเทียบกับการทดสอบการเผาไหม้ทรงกลม

$$m = g(\ln(1+B))(\pi d^2) \qquad (2.20)$$

m = อัตราการเผาไหม้ (g/s)

ส่วนการคำนวณหาค่าอัตราการใช้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซลจะหาได้จากสมการ 2.20 ที่เป็นสัดส่วนของอัตราการใช้เชื้อเพลิงของน้ำมันพืชต่อน้ำมันดีเซล

$$\frac{m_v}{m_d} = \frac{g_v}{g_d}\frac{(\ln(1+B))_v}{(\ln(1+B))_d}\left(\frac{d_v^2}{d_d^2}\right) \qquad (2.21)$$

โดยที่ สัญลักษณ์ v และ d แทนน้ำมันปาล์มกับน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันดีเซล

2.5 การประเมินสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซล

การประเมินสมรรถนะเครื่องยนต์นั้นสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ จะแตกต่างจากการหาอัตราการเผาไหม้จากแบบจำลองเผาไหม้เชื้อเพลิงหยดเดียว จึงจำเป็นต้องกำหนดขอบเขตในการคำนวณภายใต้สมมุติฐานดังนี้ การเผาไหม้ในเครื่องยนต์สมมุติให้เป็นสภาวะอะเดียบาติก (Adiabatic) และอากาศให้เป็นสภาวะก๊าซในอุดมคติ (Ideal gas) จะคำนวณหาค่าความร้อนที่เทียบเป็นกำลังเทียบเท่าของเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ได้จากสมการ

$$Q = m \times Hhv \qquad (2.22)$$

นำสมการ 2.19 แทนในสมการ 2.21 จะได้ เป็นค่าความร้อนเทียบเท่า (Fuel equivalent power, FEP)

$$P = Q = g\ln(1+B)(\pi d^2)(HHV) \tag{2.23}$$

P = ค่ากำลังเทียบเท่ากับค่าความร้อน (kW)

Q = ค่าพลังงานความร้อน (kW)

จะพบว่าพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้จะเปลี่ยนเป็นกำลังงานที่เพลาของเครื่องยนต์ ประมาณ 30 - 35% เท่านั้น ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ในส่วนที่เหลือจะถ่ายเทสู่ระบบหล่อเย็น ให้กับน้ำมันหล่อลื่นและผนังห้องเผาไหม้ เสื้อสูบ ลูกสูบ แหวน สูญเสียไปกับความร้อนในไอเสียและถ่ายเทความร้อนสู่บรรยากาศ จึงทำให้กำลังงานที่ได้จึงมีค่าน้อยกว่าค่าความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิง (หลาบ รับสิริ, 2528)

ดังนั้นในการคำนวณหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ จะอยู่ภายใต้สมมุติฐานที่ว่าน้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันดีเซล ที่ใช้ทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อหัวฉีดฉีดน้ำมันแล้วลำของน้ำมันจะมีจำนวนของละอองหรือหยดน้ำมันของน้ำมันทั้ง 3 ชนิด มีจำนวนหยดเท่ากัน สัดส่วนของกำลังจากน้ำมันพืชต่อน้ำมันดีเซลหรือสมรรถนะของเครื่องยนต์หาได้จากอัตราส่วนของพลังงานจากน้ำมันพืชต่อน้ำมันดีเซลดังสมการ 2.23

$$\frac{P_v}{P_d} = \frac{Q_v}{Q_d} = \frac{g_v}{g_d}\frac{\ln(1+B)_v}{\ln(1+B)_d}\left(\frac{d_v^2}{d_d^2}\right)\frac{(HHV)_v}{(HHV)_d} \tag{2.24}$$

โดยที่ สัญลักษณ์ v และ d แทนน้ำมันปาล์มกับน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันดีเซล

2.6 การคำนวณหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล

2.6.1 อัตราการใช้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซล

หาได้จากการนำปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อเวลามาคูณด้วยความหนาแน่นของน้ำมันพืชที่อุณหภูมิใดๆ ในหลอดแก้ววัดปริมาตร ขณะที่ทำการทดสอบ

$$FC = \rho \frac{V}{t} \tag{2.25}$$

FC = อัตราการใช้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซล (g/s)

V = ปริมาณน้ำมันที่ใช้ทดสอบ (cc)

t = เวลาที่ใช้ในการทดสอบ (sec)

2.6.2 อัตราการใช้เชื้อเพลิงจำเพาะต่อกำลังเบรค

หาได้จากนำอัตราการใช้เชื้อเพลิงจำเพาะมาหารด้วยกำลังของเครื่องยนต์หรือภาระที่ใส่ให้กับเครื่องยนต์

$$BSFC = \frac{FC}{Power} \times 3.6 \tag{2.26}$$

BSFC = อัตราการใช้เชื้อเพลิงจำเพาะต่อกำลังเบรค (kg/kWh)

Power = กำลังเบรคเพลาหรือภาระที่ให้กับเครื่องยนต์ (kW)