

สมรรถนะของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้แก๊สเตาผลิตจากซังข้าวโพด  
**PERFORMANCE OF A SPARK-IGNITED ENGINE ON PRODUCER GAS  
FROM CORN COB**

จตุรงค์ แป้นพงษ์ และสนิท ขวัญเมือง  
อาจารย์, สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก  
41/1 หมู่ 7 ตำบลไ้ม้งาม อำเภอเมือง จังหวัดตาก 63000

Chaturong Paenpong and Sanit Khwanmueng  
Lecturer, Mechanical Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Tak  
41/1, Moo 7, Maingam Tambon, Muang Tak Amphoe, Tak Province 63000

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้แก๊สเตาผลิตจากซังข้าวโพดและน้ำมันเบนซินในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนขนาดเล็ก โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงปริมาตร กำลังงานเบรก ความดันผลเฉลี่ยเบรก ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก และประสิทธิภาพเชิงความร้อน ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,500 2,000 2,500 3,000 3,500 และ 4,000 รอบต่อนาที และตำแหน่งลิ้นเร่งร้อยละ 50 และ 75 ของการเปิดเต็มที่ ของการใช้แก๊สเตาผลิตและน้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง แก๊สเตาผลิตที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้มาจากเตาผลิตแก๊สแบบไหลลง จากผลการทดลองพบว่า การใช้แก๊สเตาผลิตเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ให้ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร กำลังงานเบรก ความดันผลเฉลี่ยเบรก และประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำกว่าการใช้น้ำมันเบนซินประมาณ ร้อยละ 18-19, 50-60, 40-45 และ 2 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงพบว่า แก๊สเตาผลิตสิ้นเปลืองมากกว่าการใช้น้ำมันเบนซินประมาณร้อยละ 57

**คำสำคัญ:** แก๊สเตาผลิต, ซังข้าวโพด, เครื่องยนต์แก๊สโซลีน

#### ABSTRACT

This research studied to using the producer gas and gasoline in a small spark-ignited engine. Volumetric efficiency, brake power, brake mean effective pressure, brake specific fuel consumption and thermal efficiency were evaluated at engine speed 1,500 2,000 2,500 3,000 3,500 and 4,000 rpm and throttle position opening of 50 and 75 % of full throttle position. A downdraft gasifier was used to generate producer gas from corn cob. From experimental,

the volumetric efficiency, brake power, brake mean effective pressure and thermal efficiency were lower for the producer gas operation, respectively by 18-19, 50-60 %, 40-45 % and 2 % compared to the gasoline operation. However, when considering the break specific fuel consumption, it was found the producer gas had higher than gasoline approximated 57 %.

**Keywords:** Producer gases, Corn cob, spark-ignited engine

## 1. บทนำ

การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในปริมาณเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดวิกฤติการขาดแคลนพลังงาน จากการคาดการณ์พลังงานสำรอง พบว่าทั่วโลกสามารถใช้น้ำมันเชื้อเพลิง แก๊สธรรมชาติ และถ่านหิน ประมาณ 41 63 และ 150 ปี ตามลำดับ [1] ส่วนในประเทศไทยมีปริมาณแก๊สธรรมชาติและถ่านหินที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ประมาณ 19 และ 61 ปี ตามลำดับ จากการคาดการณ์นี้ทำให้ทราบว่าอีกประมาณ 50 ปี น้ำมันเชื้อเพลิงจะมีราคาเพิ่มสูงขึ้น จนไม่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงหลักได้เหมือนปัจจุบัน การค้นหาแหล่งพลังงานสำรองอื่น ๆ ขึ้นมาทดแทน สามารถลดการพึ่งพาน้ำมันเชื้อเพลิงได้ ซึ่งรัฐบาลไทยได้เล็งเห็นความสำคัญดังกล่าว จึงมอบหมายให้กระทรวงพลังงานจัดทำแผนการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกร้อยละ 25 ใน 10 ปี (พ.ศ. 2555-2564) หรือ Alternative energy development plan: AEDP (2012-2021) [1] เพื่อกำหนดกรอบและทิศทางการพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศไทย และพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานทดแทนให้มีต้นทุนถูกลง และมีการยอมรับอย่างกว้างขวาง ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นพลังงานหลักต่อไปในอนาคตได้ ชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มีการส่งเสริมให้พัฒนาเทคโนโลยีเพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนในการผลิตพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน ปี พ.ศ. 2557 ผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อนประมาณ 2,541.8 เมกกะวัตต์ และ 5,184 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ตามลำดับ [2] ตามเป้าหมายในปี พ.ศ. 2564 ต้องนำชีวมวลผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อน ประมาณ 4,800 เมกกะวัตต์ และ 8,500 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ตามลำดับ[3] จากข้อมูลพบว่าปริมาณชีวมวลที่นำมาใช้งานต่ำกว่าที่กำหนดไว้ในแผนพัฒนา ซึ่งการพัฒนาตามแผน AEDP นี้ต้องการมุ่งพัฒนาเทคโนโลยีผลิตแก๊สจากเตา (Gasifier) เครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สเตาผลิต (Gas engine) และพัฒนาอุตสาหกรรมต่อเนื่องเพื่อการผลิตภายในประเทศ

ประเทศไทยมีชีวมวลเหลือทิ้งจากการเกษตรเป็นจำนวนมาก และมีศักยภาพในการผลิตพลังงาน แต่ชีวมวลบางชนิดมีการนำมาใช้ประโยชน์กันมาก ทำให้มีราคาเพิ่มสูงขึ้น เช่น แกรบ ปีกไม้ยางพารา ทะลายปาล์มเปล่า ไม้ชิ้นสับ [4] แต่มีชีวมวลหลายชนิดที่ไม่ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ เช่น ยอดและใบอ้อย ลำต้นและเหง้ามันสำปะหลัง ลำต้นและซังข้าวโพด แม้ชีวมวลเหล่านี้มีปริมาณไม่เพียงพอสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงหลัก แต่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเสริมได้ [5] ชีวมวลเหล่านี้บาง

ชนิดเกิดขึ้นจากพืชเศรษฐกิจที่มีการเพาะปลูกมากและกระจุกตัวในบางพื้นที่ ทำให้เก็บรวบรวมได้ง่าย เช่น ชังข้าวโพด เหง้ามันสำปะหลัง หรือแกลบ เป็นต้น จังหวัดตากมีการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นปริมาณมาก มีชังข้าวโพดที่เหลือเป็นปริมาณเฉลี่ยมากกว่า 30 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ [6] ถ้านำชังข้าวโพดนี้ไปผลิตแก๊ส ทำให้สัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มมากขึ้น

การนำชังข้าวโพดเพื่อผลิตแก๊สนั้น มีการศึกษามากมาย [7, 8] แต่การนำแก๊สที่ผลิตได้จากชังข้าวโพดมาใช้ในเครื่องยนต์นั้น มีเพียงงานวิจัยของ Das และคณะ [9] และ จตุรงค์ แป้นพงษ์ [10] โดยเครื่องยนต์ทำงานด้วยระบบเชื้อเพลิงร่วม จากงานวิจัยนี้พบว่าการใช้เชื้อเพลิงแก๊สจากชังข้าวโพด ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนลดลงจากร้อยละ 32.3 เป็น 28.7 ทดแทนการใช้น้ำมันดีเซลได้ร้อยละ 62-64 ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านมายังไม่มีการศึกษาการนำแก๊สเตาผลิตจากชังข้าวโพดไปใช้ในเครื่องยนต์เบนซิน ดังนั้นในงานวิจัยนี้สนใจที่จะนำชังข้าวโพดมาผลิตแก๊สเพื่อในเครื่องยนต์เบนซิน โดยศึกษาเกี่ยวกับสมรรถนะของเครื่องยนต์ โดยการเปรียบเทียบระหว่างการใช้แก๊สเตาผลิตกับน้ำมันเบนซิน ที่ระดับความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,500 2,000 2,500 3,000 3,500 และ 4,000 รอบต่อนาที และตำแหน่งลิ้นเร่งที่ร้อยละ 50 และ 75 ของการเปิดลิ้นเร่งเต็มที่

## 2. วัตถุประสงค์ และการทดลอง

### 2.1 ชังข้าวโพดและแก๊สเตาผลิต

ชังข้าวโพดในงานวิจัยนี้เป็นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในเขตพื้นที่จังหวัดตาก ขนาดระหว่าง 10-20 มิลลิเมตร มีลักษณะเป็นท่อนเล็ก ๆ ได้จากการกะเทาะเมล็ดด้วยเครื่องจักร ปริมาณความชื้นร้อยละ 7.0 มาตรฐานแห้ง ชีวมวลที่นำมาแปรรูปเป็นพลังงานควรจะมีค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 [11] เพราะจะทำให้เชื้อเพลิงที่ได้มีปริมาณความชื้นสูง การวิเคราะห์ปริมาณกลุ่มสาร (Proximate analysis) ของชังข้าวโพดในงานวิจัยนี้ โดยวิเคราะห์ปริมาณความชื้น สารระเหย และเถ้า ตามวิธีมาตรฐาน ASTM E1756-01 E872-82 และ E1755-01 ส่วนคาร์บอนคงที่ คำนวณได้จากค่าความแตกต่างที่เหลือจากปริมาณความชื้น สารระเหย และเถ้า จากการวิเคราะห์พบว่าความชื้น สารระเหย ปริมาณเถ้า และคาร์บอนคงที่ ประมาณร้อยละ 7.00 80.10 1.36 และ 18.54 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณธาตุ (Ultimate analysis) ด้วยเครื่องมือ Leco CHN/S Determinators analyzer ตามวิธีมาตรฐานของ ISO/IEC Guide 22 และ EN 45014 พบว่ามีคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจน ประมาณร้อยละ 46.58 5.87 45.46 และ 0.47 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ส่วนแก๊สที่ได้จากการผลิตด้วยเตาปฏิกรณ์แบบไหลลง มีองค์ประกอบของแก๊สต่าง ๆ ดังตารางที่ 1 องค์ประกอบที่เผาไหม้ได้คือคาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน ไฮโดรเจน มีปริมาณรวมกันร้อยละ 28.1 และส่วนประกอบที่ไม่เผาไหม้ได้มีปริมาณร้อยละ 71.9 เมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบแก๊สเตาผลิตของซีเลียม พบว่าองค์ประกอบที่เผาไหม้ได้ของซีเลียมมีปริมาณสูงกว่าชัง

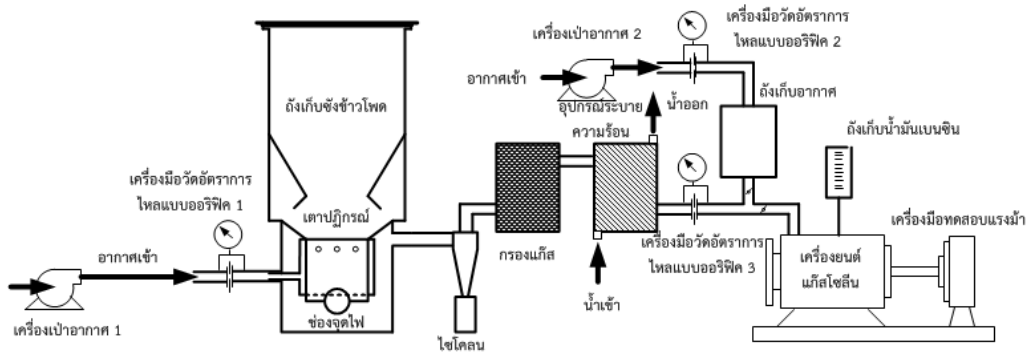
ข่าวโพด โดยมีค่าร้อยละ 77.4 ดังนั้นแก๊สเตาผลิตจากขังข่าวโพดเป็นเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนต่ำ (Lean gas หรือ Low calorific value gas) [12] มีค่าความร้อนประมาณ 4.5 - 4.9 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม [13] ส่วนน้ำมันเบนซินที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีค่าความร้อนประมาณ 44 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม [14]

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของแก๊สเตาผลิตจากขังข่าวโพดและซีเลื่อย (ร้อยละโดยปริมาตร)

รายการ	ขังข่าวโพด	ซีเลื่อย[15]
คาร์บอนมอนอกไซด์	19.3	30.23
คาร์บอนไดออกไซด์	18.5	14.88
ไฮโดรเจน	7.4	37.78
มีเทน	1.4	9.43
ไนโตรเจน	52.0	6.88
ออกซิเจน	1.4	0.8

## 2.2 อุปกรณ์การทดลอง

เตาปฏิกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นเตาปฏิกรณ์แบบไหลลง ผลิตแก๊สได้ประมาณ 7.13 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง บรรจุขังข่าวโพดน้ำหนักสูงสุด 16 กิโลกรัม ส่วนเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลองเป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีนยีห้อฮอนดา รุ่นเวฟ จำนวนสูบเดียว ชนิด 4 จังหวะ ความจุกระบอกสูบ 97.1 ซีซี อัตราส่วนการอัด 9.0: 1 กำลังสูงสุด 5.20 กิโลวัตต์ ที่ความเร็วรอบ 8,000 รอบต่อนาที เพื่อให้เครื่องยนต์นี้สามารถใช้แก๊สเตาผลิตเป็นเชื้อเพลิงได้ จึงได้สร้างอุปกรณ์ผสมแก๊สและอากาศ ขนาดของท่อทางเข้าอากาศและทางเข้าแก๊สเท่ากับ 20 มิลลิเมตร ของไหลที่เข้าสู่เครื่องยนต์ถูกควบคุมด้วยลิ้นปีกผีเสื้อ 2 ตัว ตัวแรกควบคุมปริมาณการไหลของอากาศ ตัวที่สองควบคุมอัตราการไหลของไอดี (อากาศและแก๊สที่ผสมแล้ว) การติดตั้งอุปกรณ์การทดลองแสดงดังรูปที่ 1 อากาศที่ไหลเข้าสู่เตาและเครื่องยนต์ถูกวัดด้วยออร์ฟิค มาตรฐาน ISO 5167-1 [16] โดยวัดความดันแตกต่างบริเวณด้านเข้าและออกแผ่นออร์ฟิช อากาศถูกป้อนด้วยเครื่องเป่าอากาศจำนวน 2 ตัว เครื่องเป่าอากาศถูกควบคุมความเร็วรอบด้วยอินเวอร์เตอร์ เตาปฏิกรณ์ผลิตแก๊สต่อกับไซโคลน กรองแก๊ส และอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ไซโคลนเป็นอุปกรณ์สำหรับดักจับอนุภาคขนาดใหญ่ ติดตั้งไว้ด้านทางออกของเตาปฏิกรณ์ ส่วนกรองแก๊สดักจับอนุภาคขนาดเล็กที่ไม่ถูกดักจับด้วยไซโคลน และอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลสวนทางกัน มีหน้าที่ลดอุณหภูมิแก๊สเครื่องยนต์ถูกติดตั้งเข้ากับเครื่องทดสอบกำลังแบบไฮดรอลิกส์ ยี่ห้อ TecQuipment รุ่น TD I14 การเพิ่มหรือลดภาระของเครื่องยนต์กระทำด้วยการควบคุมปริมาณน้ำที่ไหลเข้าเครื่องทดสอบกำลัง



รูปที่ 1 การติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง

### 2.3 วิธีการทดลอง

การผลิตแก๊สจากเตาปฏิกรณ์แบบไหลลงในงานวิจัยนี้ เป็นการทดลองแบบครั้งคราว (Batch scale) และการทดสอบเครื่องยนต์ในงานวิจัยนี้เป็นแบบความเร็วรอบเปลี่ยนแปลง และภาระงานบางส่วน การทดลองแบบนี้เพื่อต้องการทราบสมรรถนะของเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดที่ระดับความเร็วรอบและภาระงานต่าง ๆ โดยความเร็วรอบที่ทดลองในงานวิจัยนี้คือ 1,500 2,000 2,500 3,000 3,500 และ 4,000 รอบต่อนาที ส่วนการปรับภาระงานเป็นการเปลี่ยนตำแหน่งลิ้นเร่งที่ร้อยละ 50 และ 75 ของการเปิดลิ้นเร่งเต็มที่ ดังนั้นการทดลองนี้มีทั้งหมด 12 สภาวะ การทดลองในแต่ละสภาวะมีการบันทึกอัตราการไหลของแก๊สเตาผลิตและอากาศที่เข้าสู่เตาและเครื่องยนต์ ซึ่งน้ำหนักของน้ำมันเบนซิน ความเร็วรอบและแรงบิดจากเพลลาของเครื่องยนต์

### 2.4 การคำนวณหาสมรรถนะของเครื่องยนต์

จากผลการทดลองเครื่องยนต์ นำแรงบิด ความเร็วรอบเครื่องยนต์ และความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมาคำนวณหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (Volumetric efficiency,  $\eta_v$ ) คือ ปริมาตรอากาศที่เครื่องยนต์นำไปใช้ในการเผาไหม้จริงต่อปริมาตรอากาศทางทฤษฎีที่เครื่องยนต์ดูดเข้ากระบอกสูบตามขนาดของกระบอกสูบ ค่านี้ถูกนำมาใช้ประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการนำไอดีเข้าสู่กระบอกสูบ โดยประสิทธิภาพเชิงปริมาตรนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อเพลิงด้วย โดยเฉพาะเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งเชื้อเพลิงจะเข้าไปแทนที่อากาศ ทำให้อากาศเข้าสู่เครื่องยนต์น้อยลง โดยประสิทธิภาพเชิงปริมาตรคำนวณได้จาก

$$\eta_v = \frac{2m_a}{\rho_{a,i}V_a N} \quad \text{ร้อยละ} \quad (1)$$

เมื่อ  $m_a$  คือมวลของอากาศที่ไหลเข้าเครื่องยนต์จริง (กิโลกรัมต่อวินาที),  $\rho_{a,i}$  คือความหนาแน่นของอากาศที่เข้าเครื่องยนต์ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร),  $V_d$  คือปริมาตรกระบอกสูบ (ลูกบาศก์เมตร),  $N$  คือความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (รอบต่อวินาที)

กำลังงานเบรก (Brake Power,  $W_b$ ) คือ ปริมาณงานของเครื่องยนต์ต่อหนึ่งหน่วยเวลา เป็นปริมาณงานที่เกิดขึ้นจากแรงกระทำของเพลาช้อเหวี่ยงในเครื่องยนต์ กำลังงานเบรกของเครื่องยนต์แปรผันตามแรงบิดและความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ดังนั้นเครื่องยนต์ที่มีความจุกระบอกสูบสูง มีแรงบิดสูง จะให้กำลังงานเบรกสูงด้วย [14]

$$W_b = 2\pi TN \quad \text{วัตต์} \quad (2)$$

เมื่อ  $T$  คือ แรงบิดจากเพลารเครื่องยนต์ (นิวตัน-เมตร)

ความดันผลเฉลี่ยเบรก (Brake mean effective pressure, bmep) เป็นค่าที่บ่งบอกประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของพื้นที่กระบอกสูบของเครื่องยนต์ให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด เครื่องยนต์ที่มีขนาดกระบอกสูบเล็ก แต่มีความดันผลเฉลี่ยเบรกสูง แสดงว่าเครื่องยนต์ดังกล่าวมีประสิทธิภาพการใช้พื้นที่กระบอกสูบสูง และสามารถแปรเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นกำลังงานได้ดี ค่าความดันผลเฉลี่ยเบรกถูกนำไปใช้เปรียบเทียบเครื่องยนต์ที่มีขนาดแตกต่างกันได้ โดยคำนึงพิจารณาจากแรงบิดเทียบกับปริมาตรกระบอกสูบของเครื่องยนต์ เครื่องยนต์ทั่ว ๆ ไปมีความดันผลเฉลี่ยสูงสุดที่ความเร็วรอบต่ำ ซึ่งค่านี้จะเปรียบเทียบได้ดีกว่ากำลังงานของเครื่องยนต์ [14]

$$bmep = \frac{\pi T n_R}{500 V_d} \quad \text{กิโลพาสคัล} \quad (3)$$

เมื่อ  $n_R$  คือค่าคงตัว เครื่องยนต์ 4 จังหวะ เท่ากับ 2 และเครื่องยนต์ 2 จังหวะ เท่ากับ 1

ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Brake specific fuel consumption, bsfc) คืออัตราการไหลเชิงมวลของเชื้อเพลิงต่อกำลังงานเบรกของเครื่องยนต์ ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกแสดงความสามารถของเชื้อเพลิงในการเปลี่ยนพลังงานจากการเผาไหม้เป็นกำลังงานเบรกได้ดี [14]

$$bsfc = \frac{3.6 \times 10^9 m_f}{W_b} \quad \text{กรัมต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง} \quad (4)$$

เมื่อ  $m_f$  คือ อัตราการไหลเชิงมวลของเชื้อเพลิง (กิโลกรัมต่อวินาที)

ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency,  $\eta_{th}$ ) คืออัตราส่วนระหว่างกำลังงานที่ได้จากเครื่องยนต์กับพลังงานของเชื้อเพลิงที่ใส่เข้าไปในเครื่องยนต์ [14] ค่านี้ถูกใช้เพื่อประเมินประสิทธิภาพการแปรรูปพลังงานเชื้อเพลิงเป็นพลังงานความร้อนของเครื่องยนต์ โดยมีข้อสมมุติฐานว่าการเผาไหม้สมบูรณ์ ดังนั้นประสิทธิภาพการเผาไหม้เท่ากับหนึ่ง

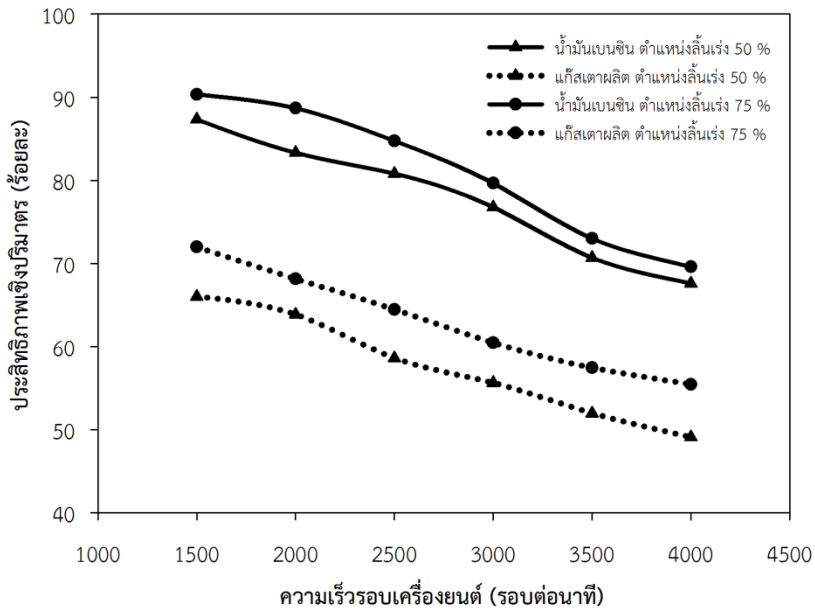
$$\eta_{th} = \left( \frac{1}{bsfc \cdot Q_{LHV}} \right) \times 100 \quad \text{ร้อยละ} \quad (5)$$

เมื่อ  $Q_{LHV}$  คือ ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)

### 3. ผลการวิเคราะห์

#### 3.1 ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร

จากรูปที่ 2 เมื่อเพิ่มความเร็วยรอบของเครื่องยนต์ ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรลดลง เนื่องจากที่ความเร็วรอบสูง ความเร็วของอากาศไหลเข้าเครื่องยนต์เพิ่มสูงขึ้น จนกระทั่งเท่ากับความเร็วเสียงทำให้เกิดการไหลแบบโซค และไอเสียตกค้างในกระบอกสูบเป็นปริมาตรสูง เนื่องจากเครื่องยนต์คายไอเสียออกไม่ทัน อุณหภูมิของแก๊สภายในกระบอกสูบสูง ความหนาแน่นของอากาศลดลง ทำให้มวลของอากาศภายในกระบอกสูบลดลง [17] เมื่อเปิดตำแหน่งลิ้นเร่งเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 50 เป็น 75 พบว่าประสิทธิภาพเชิงปริมาตรเพิ่มขึ้น เพราะการปิดกั้นของลิ้นเร่งน้อยลง การสูญเสียความดันในท่ออากาศลดลง ทำให้อากาศเข้ากระบอกสูบเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของเครื่องยนต์จากการใช้แก๊สเตาผลิตและน้ำมันเบนซินพบว่า การใช้แก๊สเตาผลิตมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพเชิงปริมาตรอย่างชัดเจน โดยประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันเบนซินที่ตำแหน่งลิ้นเร่งร้อยละ 50 และ 75 มีค่าระหว่างร้อยละ 68-90 ส่วนการใช้เชื้อเพลิงแก๊สเตาผลิตมีค่าระหว่างร้อยละ 49-72 ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรจากการใช้แก๊สเตาผลิตต่ำกว่าการใช้ น้ำมันเบนซินมาก เพราะว่าแก๊สเตาผลิตแทนที่อากาศ ทำให้อากาศบรรจุเข้าเครื่องยนต์ในปริมาณน้อยลง ซึ่งเครื่องยนต์ทั่ว ๆ ไปที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สจะมีประสิทธิภาพเชิงปริมาตรต่ำลงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เชื้อเพลิงเหลว เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงเหลวและไม่มีระบบบรรจุอากาศมีประสิทธิภาพเชิงปริมาตรประมาณร้อยละ 80-90 ซึ่งจะมีค่าต่ำกว่าเครื่องยนต์ดีเซล [14] เนื่องจากการสูญเสียจากการไหลผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ติดตั้งบริเวณท่อร่วมไอดีที่มีมากกว่าเครื่องยนต์ดีเซล



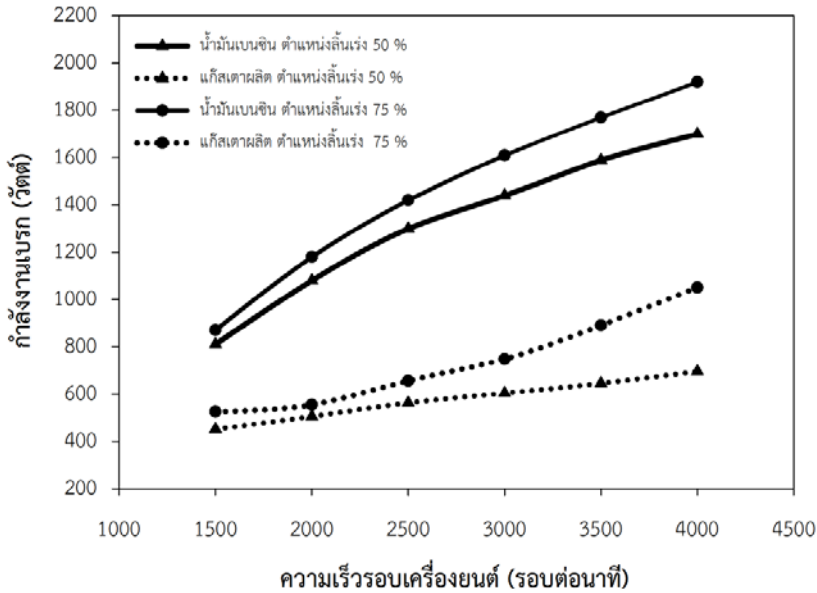
รูปที่ 2 ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

### 3.2 กำลังงานเบรก

จากรูปที่ 3 พบว่า ในช่วงที่เครื่องยนต์มีความเร็วรอบ 1,500-4,000 รอบต่อนาที กำลังงานเบรกของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เพราะการเพิ่มความเร็วยรอบเครื่องยนต์ ทำให้ไอดีถูกบรรจุในกระบอกสูบมากขึ้น โดยกำลังงานเบรกของเครื่องยนต์แปรผันตรงกับแรงบิดและความเร็วรอบของเครื่องยนต์ [18] และการเปลี่ยนตำแหน่งลิ้นเร่งร้อยละ 50 เป็น 75 ทำให้ความดันสูญเสียภายในท่อร่วมไอดีลดลง ทำให้ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรเพิ่มขึ้น [12] การบรรจุไอดีเพิ่มสูงขึ้นด้วย ดังนั้นกำลังงานเบรกเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับการเพิ่มความเร็วยรอบของเครื่องยนต์ จากการใช้แก๊สเตาผลิตเป็นเชื้อเพลิงมีกำลังงานเบรกระหว่าง 450-1,050 วัตต์ โดยมีค่ามากที่สุด 1,050 วัตต์ ที่ ความเร็วรอบ 4,000 รอบต่อนาที ตำแหน่งลิ้นเร่งร้อยละ 75 ส่วนการใช้ น้ำมันเบนซินกำลังงานเบรกระหว่าง 810-1,920 วัตต์ และค่ามากที่สุด 1,920 วัตต์ ที่ความเร็วรอบ 4,000 รอบต่อนาที ตำแหน่งลิ้นเร่งร้อยละ 75 การใช้แก๊สเตาผลิตให้กำลังงานเบรกลดลงกว่า การใช้ น้ำมันเบนซินประมาณร้อยละ 45 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Centeno และคณะ [19] Centeno และคณะ [20] และ Muñoz และคณะ [21] พบว่าจากการใช้แก๊สเตาผลิตจากไม้ เครื่องยนต์มีกำลังงานลดลงประมาณร้อยละ 50-60 ซึ่งการลดลงของกำลังเบรกเป็นผลมาจากค่าความร้อนของแก๊สเตาผลิตที่มีค่าต่ำกว่าน้ำมันเบนซิน ประมาณ 8 เท่า ซึ่งแก๊สเตาผลิตที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีส่วนประกอบของแก๊สที่เผาไหม้ได้ร้อยละ 28.1 โดยปริมาตร ถ้าสามารถเพิ่มส่วนประกอบของแก๊ส



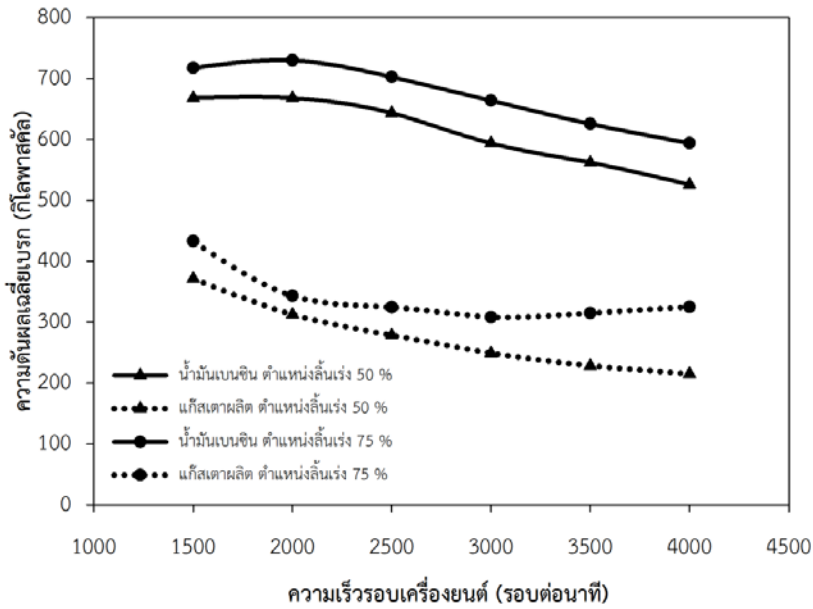
ในส่วนนี้ได้ ค่าความร้อนของแก๊สเตาผลิตเพิ่มสูงขึ้น ทำให้กำลังงานเบรกของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นด้วย



รูปที่ 3 กำลังงานเบรกของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

### 3.3 ความดันผลเฉลี่ยเบรก

ความดันผลเฉลี่ยเบรกของเครื่องยนต์เป็นตัวแปรที่ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพเชิงปริมาตรและความฝืดภายในเครื่องยนต์ จากรูปที่ 4 พบว่าเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ความดันผลเฉลี่ยเบรกจากการใช้แก๊สเตาผลิตมีค่าลดลง ส่วนการใช้เชื้อเพลิงจากน้ำมันเบนซินนั้น ความดันผลเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงความเร็วรอบ 1,500-2,000 รอบต่อนาที แต่ในช่วงความเร็วรอบ 2,000-4,000 รอบต่อนาที ความดันผลเฉลี่ยมีค่าลดลง การลดลงของความดันผลเฉลี่ยเบรก เพราะความฝืดภายในเครื่องยนต์มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความเร็วรอบเพิ่มสูงขึ้น และการลดลงของประสิทธิภาพเชิงปริมาตร [22] การใช้แก๊สเตาผลิตเป็นเชื้อเพลิง เครื่องยนต์ให้ความดันผลเฉลี่ยเบรกสูงสุด 433 กิโลพาสคัล ที่ความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที ตำแหน่งลิ้นเร่งร้อยละ 75 ซึ่งเป็นความเร็วรอบที่ให้แรงบิดสูงสุดด้วย ความดันผลเฉลี่ยเบรกสูงสุดนี้จะเกิดขึ้นที่ความเร็วรอบต่ำ เพราะที่ความเร็วรอบต่ำ เกิดความฝืดภายในเครื่องยนต์น้อย และประสิทธิภาพเชิงปริมาตรสูง เครื่องยนต์แก๊สโซลีนทั่ว ๆ ไปที่ไม่มีระบบบรรจุก๊าซมีความดันผลเฉลี่ยสูงสุดประมาณ 850-1,050 กิโลพาสคัล [14] ในงานวิจัยนี้ค่าความดันผลเฉลี่ยเบรกจากการใช้แก๊สเตาผลิตต่ำกว่าการใช้้ำมันเบนซินประมาณร้อยละ 40 - 45

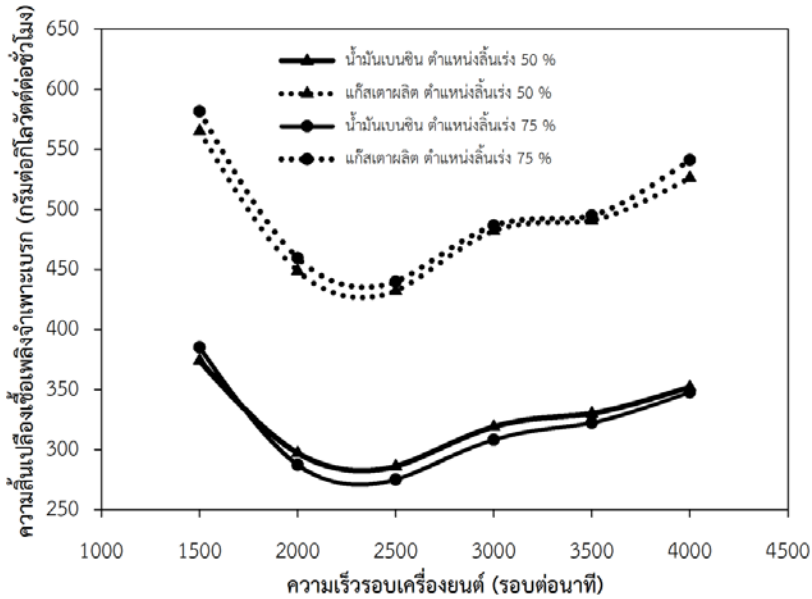


รูปที่ 4 ความดันผลเฉลี่ยเบรกความเร็วรอบต่าง ๆ

### 3.4 ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก

จากรูปที่ 5 ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกมีค่าสูงที่ความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที เพราะสูญเสียความร้อนให้กับผนังกระบอกสูบและห้องเผาไหม้เป็นปริมาณมาก เมื่อเพิ่มความเร็วรอบเป็น 2,000-2,500 รอบต่อนาที ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกลดลง เพราะการสูญเสียความร้อนมีค่าลดลง เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นในช่วง 2,500-4,000 รอบต่อนาที ความสิ้นเปลืองจำเพาะเบรกมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย เพราะเครื่องยนต์ทำงานด้วยความเร็วรอบสูง แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นมีค่าสูง ทำให้ต้องใช้เชื้อเพลิงปริมาณสูงขึ้นเพื่อชนะแรงเสียดทานดังกล่าว ซึ่งความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สเตตามลิตมีค่ามีค่าต่ำสุด 432 กรัมต่อกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ที่ความเร็วรอบประมาณ 2,000-2,500 รอบต่อนาที ส่วนการใช้ น้ำมันเบนซินมีความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกลดลงที่ 270 กรัมต่อกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง เมื่อพิจารณาค่าต่ำสุดของการใช้เชื้อเพลิงทั้งสองชนิด พบว่าการใช้แก๊สเตตามลิตสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่าการใช้ น้ำมันเบนซินประมาณร้อยละ 57 หรือประมาณ 157 กรัมต่อกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง เครื่องยนต์แก๊สโซลีนทั่ว ๆ ไปที่ไม่มีระบบบรรจุก๊าซมีความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกประมาณ 270 กรัมต่อกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง [14] เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ใช้แก๊สเตตามลิตเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนดัดแปลงจากเครื่องยนต์ดีเซลนั้น พบว่าจากงานวิจัยของ Raman และ Ram [12] มีค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกประมาณ 740 กรัมต่อกิโลวัตต์ต่อชั่วโมงและงานของ Homdoug

และคณะ [23] ได้ค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกระหว่าง 1,300 - 2,000 กรัมต่อกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ที่อัตราส่วนการอัดของเครื่องยนต์ 9.7:1

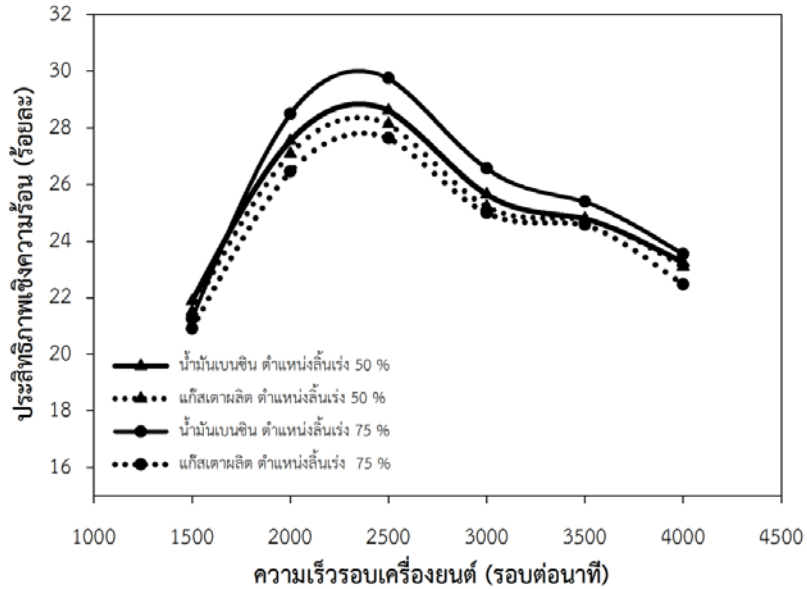


รูปที่ 5 ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกระหว่างที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

### 3.5 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเป็นตัวแปรที่สัมพันธ์กับกำลังเบรค ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และค่าความร้อนของเชื้อเพลิง จากรูปที่ 6 ที่ความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที ประสิทธิภาพเชิงความร้อนจากการแก๊สเตาผลิตและน้ำมันเบนซินมีค่าใกล้เคียงกันประมาณร้อยละ 21 ซึ่งมีค่าต่ำ เพราะที่ความเร็วรอบดังกล่าวนี้เกิดการสูญเสียความร้อนมาก ทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นและกำลังเบรคของเครื่องยนต์มีค่าต่ำและเมื่อความเร็วรอบเป็น 2,000-2,500 รอบต่อนาที ประสิทธิภาพเชิงความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากในช่วงความเร็วรอบดังกล่าวมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้อยลงและกำลังงานเบรคของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น และในช่วงความเร็วรอบดังกล่าวนี้ การใช้เชื้อเพลิงแก๊สเตาผลิต เกิดประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดประมาณร้อยละ 28 ที่ตำแหน่งลิ้นเร่งร้อยละ 50 ส่วนการใช้ น้ำมันเบนซิน เครื่องยนต์ให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดประมาณร้อยละ 30 เมื่อเพิ่มความเร็วรอบเป็น 3,000-4,000 รอบ พบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนมีค่าลดลง เนื่องจากเครื่องยนต์ต้องบริโภคเชื้อเพลิงสูงขึ้น เพื่อชนะแรงเสียดทานที่เพิ่มตามความเร็วรอบเครื่องยนต์จากการเปรียบเทียบ พบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนจากการใช้แก๊สเตาผลิตเป็นเชื้อเพลิงมีค่าต่ำกว่าประมาณร้อยละ 2 เนื่องจากค่าความร้อนของแก๊สเตาผลิตต่ำกว่าน้ำมันเบนซิน และการเปิด

ตำแหน่งลิ้นเร่งเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 50 เป็น 75 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากปริมาณของแก๊สที่เข้าสู่เครื่องยนต์เพิ่มขึ้นประมาณ 0.36 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ถือว่ามีปริมาณน้อย และเป็นเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนต่ำ



รูปที่ 6 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

#### 4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการนำแก๊สเตตามลิตจากซังข้าวโพดไปใช้ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนขนาดเล็กเปรียบเทียบกับน้ำมันเบนซินที่ระดับความเร็วรอบ 1,500 2,000 2,500 3,000 3,500 และ 4,000 รอบต่อนาที และทดสอบการเปิดลิ้นเร่งร้อยละ 50 และ 75 พบว่าประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สเตตามลิตมีค่าระหว่างร้อยละ 49-72 ต่ำกว่าการใช้้ำมันเบนซินประมาณร้อยละ 20-28 ส่วนกำลังงานเบรกของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สเตตามลิตมีค่าน้อยกว่าการใช้น้ำมันเบนซินประมาณร้อยละ 45 เมื่อใช้แก๊สเตตามลิตเป็นเชื้อเพลิง เครื่องยนต์ให้กำลังงานเบรกสูงสุด 1,050 วัตต์ เมื่อพิจารณาความดันผลเฉลี่ยเบรก การใช้แก๊สเตตามลิตเป็นเชื้อเพลิง เครื่องยนต์ให้ความดันผลเฉลี่ยเบรกสูงสุด 433 กิโลพาสคัล มีค่าต่ำกว่าการใช้น้ำมันเบนซินประมาณร้อยละ 40-45 ส่วนความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกของแก๊สเตตามลิตค่าต่ำสุด 432 กรัมต่อกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง จากการใช้แก๊สเตตามลิตเครื่องยนต์บริโภคเชื้อเพลิงมากกว่าการใช้น้ำมันเบนซินประมาณร้อยละ 57 หรือประมาณ 157 กรัมต่อกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง และประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดประมาณร้อยละ 28 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าการใช้น้ำมันเบนซินประมาณร้อยละ 2

จากผลการทดสอบพบว่า ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร กำลังงานเบรก ความดันผลเฉลี่ยเบรก และประสิทธิภาพเชิงความร้อน มีค่าต่ำกว่าการใช้น้ำมันเบนซิน แต่สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่าการใช้ น้ำมันเบนซิน การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้แก๊สเตาผลิตในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนสามารถทำได้ โดยการดัดแปลงให้เครื่องยนต์มีอัตราส่วนการอัดมากขึ้น ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร กำลังงานเบรก ความดันผลเฉลี่ยเบรก และประสิทธิภาพเชิงความร้อน ของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้แก๊สเตาผลิตเพิ่มสูงขึ้น และควรพิจารณาปริมาณของซังข้าวโพดที่เหลือจากการใช้ประโยชน์ เพราะการจัดหาหรือซื้อซังข้าวโพดมาใช้ผลิตแก๊สนั้น ทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้นด้วย

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย อาจารย์วีระพรธม จันทร์เหลือง หัวหน้าสาขาวิชาช่างจักรกลหนักที่สนับสนุนเครื่องมือ ครุภัณฑ์และบุคลากร นายธีรพงศ์ กล่อมจิตร นายธีรยุทธ ปิ่นทอง และนายเอกพันธ์ อินไชย ที่ดำเนินงานและเก็บผลการทดลอง และชุมชนคลองห้วยทรายที่นำซังข้าวโพดมาใช้ในงานวิจัยนี้

### References

- [1] Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2014). **Alternative Energy Development Plan : AEDP (2012-2021)**. Ministry of Energy. Available: <http://www.webke.dede.go.th/testmax/node/149>. Retrieved 9 april 2015. (In Thai)
- [2] Alternative Energy and Efficiency Information Center. (2015). **Thailand alternative energy situation 2014**. Ministry of Energy: Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (In Thai)
- [3] Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2015). **DEDE Adjusts Alternative Energy Target**. Ministry of Energy. Alternative Energy and Efficiency Information Center. Available: <http://weben.dede.go.th/webmax/content/dede-adjusts-alternative-energy-target>. Retrieved 9 april 2015. (In Thai)
- [4] Energy For Environment Foundation. ( 2015) . **Biomass price**. Available: <http://www.efe.or.th/efe-book.php?task=25>. Retrieved 9 april 2015. (In Thai)
- [5] Khidhathong, P., Wangjiraniran, A. and Suriyawong, A. (2014). "A study on spatial potential of biomass for electricity generation". **Journal of energy research**. Vol.11 (1): 63-76. (In Thai)

- [6] Alternative Energy and Efficiency Information Center. (2014). **Thailand alternative energy situation 2013**. Ministry of Energy: Department of Alternative Energy Development and Efficiency. Bangkok. (In Thai)
- [7] Biagini, E., Barontini, F. and Tognotti, L. (2014). "Gasification of agricultural residues in a demonstrative plant: Corn cobs". **Bioresource Technology**. Vol. 173: 110-116.
- [8] Damartzis, T., Michailos, S. and Zabaniotou, A. (2012). "Energetic assessment of a combined heat and power integrated biomass gasification–internal combustion engine system by using Aspen Plus®". **Fuel Processing Technology**. Vol. 95: 37-44.
- [9] Das, D.K., Dash, S.P. and Ghosal, M.K. (2012). "Performance evaluation of a diesel engine by using producer gas from some under-utilized biomass on dual-fuel mode of diesel cum producer gas". **Journal of Central South University**. Vol.19 (6): 1583-1589.
- [10] Paenpong, C. (2014). "Dual fuel mode operation in diesel engine using corn cob producer gas. **The 3<sup>th</sup> Phayao research conference**. 23-24 January 2014, Phayao University. Phayao. p.581-588. (In Thai)
- [11] Bridgwater, A.V. (1999). "Principles and practice of biomass fast pyrolysis processes for liquids". **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**. Vol.51 (1-2): 3-22.
- [12] Raman, P. and N.K. Ram, (2013). "Performance analysis of an internal combustion engine operated on producer gas, in comparison with the performance of the natural gas and diesel engines". **Energy**. Vol. 63: 317-333.
- [13] Sridhar, G. (2008). "Experimental and modeling aspects of producer gas Engine". **IEEE International Conference on Sustainable Energy Technologies 2008 (ICSET 2008)**.
- [14] Heywood, J.B., (1988). **Internal Combustion Engine : Fundamentals**. Singapore: McGraw-Hill.
- [15] Wang, L. Dun Y.H., Tanget H. and Wang, T.Z. (2009). "A biomass gasification system for synthesis gas from the new method". **Natural Science**. Vol.1 (3): 195-203.
- [16] ISO 5167-1. (1991). **Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices-part 1: Orifice plates, nozzles and venturi tubes inserted in circular cross-section conduits running full**. International Organization for Standardization. Geneva.
- [17] Gupta H.N. (2006). **Fundamentals of internal combustion engines**. New Delhi : Prentice-Hall of India.

- [18] Pulkrabek W. (2004). **Engineering fundamentals of the internal combustion engine**. Upper Saddle River, New Jersey. : Pearson Prentice Hall.
- [19] Centeno F., Khamid M., Silva-Lora E.E. and Andrade R.V. (2012). "Theoretical and experimental investigations of a downdraft biomass gasifier-spark ignition engine power system". **Renewable Energy**. Vol. 37 (1): 97-108.
- [20] Centeno F., Khamid M., Silva Lora E.E., Andrade R.V. and Jaen R.L. (2013). "Prediction by mathematical modeling of the behavior of an internal combustion engine to be fed with gas from biomass, in comparison to the same engine fueled with gasoline or methane". **Renewable Energy**. Vol. 60: 427-432.
- [21] Muñoz M., Moreno F., Morea-Roy J., Ruiz, J. and Arauzo, J. (2000). "Low heating value gas on spark ignition engines". **Biomass and Bioenergy**. Vol. 18 (5): 431-439.
- [22] Rubsiri, L. (1985). **Internal Combustion Engine**. Bangkok: Physics center. (In Thai)
- [23] Homdoug N., Tippayawong, N. and Dussadee N. (2015). "Performance and emissions of a modified small engine operated on producer gas". **Energy Conversion and Management**. Vol.94: 286-292.

#### ประวัติผู้เขียนบทความ



จตุรงค์ แป้นพงษ์ อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก โทรศัพท์ 055-515900 ต่อ 244 E-mail jaturong\_p@yahoo.com  
งานวิจัยที่สนใจคือการเผาไหม้และพลังงานทดแทน



สนิท ขวัญเมือง อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก โทรศัพท์ 055-515900 ต่อ 244 E-mail sanit.khwan@gmail.com  
งานวิจัยที่สนใจคือเทคโนโลยีเครื่องยนต์และระบบควบคุมอัตโนมัติ