

การศึกษาการผลิตก๊าซชีววมวลจากฟางข้าวโดยใช้เตาผลิตก๊าซชนิดไหลลง

A Study of the Production of Biomass Gas from Rice Straw Using Downdraft Gasifier

อนิรุตต์ มัทธูจัก*, กษมา เจนวนิจิตรสกุล และ กุลเชษฐ เพียรทอง
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
85 ถ.สถลมารค ต.เมืองศรีโค อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190
โทร (6645)288400-3 โทรสาร (6645)288378 E-mail: A.Matthujak@ubu.ac.th

Anirut Matthujak*, Kasama Janvijitsakul and Kulachate Pianthong
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Ubonratchathani University
85 Satholmark Road, Muang Srikri Sub District, Warinchamrap District, Ubonratchathani 34190

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาด้านการทดลองถึงความเป็นไปได้ ในการนำเอาฟางข้าว ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ที่มีอยู่มากในประเทศไทยมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตก๊าซชีววมวลโดยเตาผลิตก๊าซชนิดไหลลง โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและสร้างเตาผลิตก๊าซชนิดไหลลง ซึ่งเตาชนิดนี้มีลักษณะเด่นคือ ก๊าซชีววมวลที่ได้จะมีปริมาณสิ่งปนเปื้อนที่เกิดจากกระบวนการ pyrolysis และ drying ต่ำ จึงเหมาะที่จะนำก๊าซผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ นอกจากนี้ยังทำการทดลองผลิตก๊าซชีววมวล และศึกษาถึงพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในระหว่างการผลิตก๊าซ จากผลการทดลองพบว่า เตาที่ทำการออกแบบและสร้างสามารถผลิตก๊าซชีววมวลได้จริง และ จากการศึกษาถึงอิทธิพลของอัตราการไหลของอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ที่ต่างกัน 3 ค่าคือ $8.83 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, $9.8 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ และ $11.78 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ โดยใช้ระยะเวลาทดลอง 100 min/batch และใช้เชื้อเพลิง 10 kg/batch พบว่า ที่อัตราการไหลของอากาศ $9.8 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ สามารถผลิตก๊าซชีววมวลได้ในปริมาณมากและสม่ำเสมอที่สุด โดยมีปริมาณ CO ที่ค่าสูงสุดถึง 3500 ppm ในส่วนของพฤติกรรมการผลิตก๊าซภายในเตาได้ถูกตรวจสอบ โดยการวัดอุณหภูมิภายในเตาตามแนวแกนซึ่งใช้อธิบายพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในเตาผลิตก๊าซ แต่อย่างไรก็ตามในการผลิตก๊าซชีววมวลจากเตาชนิดนี้ ยังจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมเพื่อทำการแก้ไขและปรับปรุงก่อนการนำไปประยุกต์ใช้ในจริงต่อไป

คำสำคัญ (Keywords) : ฟางข้าว / การผลิตก๊าซชีววมวล / เตาผลิตก๊าซชนิดไหลลง

Abstract

This experimental study is to investigate the possibility of gasification from rice straw which are abundantly available in

Thailand. The downdraft gasifier is designed, constructed and tested. From the tests, biogas can really be produced in reasonable amount and period. The advantage of the downdraft gasifier is that the producer gas from pyrolysis and drying process are much more ready to be used because there is low deposit. The experiments of three difference inlet air flow rate were investigated; $8.83 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, $9.8 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ and $11.78 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, with operating time of 100 min/batch and feed of 10 kg fuel/batch. The highest quantity and continuous flow of biomass gas is achieved from $9.8 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ inlet air flow rate. This also offers the highest CO at about 3500 ppm. Characteristics of gasification process is examined by temperature gradient along the gasifier axis using 4 thermocouples. However, from this investigate further study is still required regarding to the problem of gas blockage and feed control before applying to practices.

Keywords : Rice straw / Gasification / Downdraft gasifier.

1. บทนำ

การใช้พลังงานในปัจจุบันส่วนใหญ่แล้วเป็นการนำเชื้อเพลิงฟอสซิล (fossil fuel) จากใต้พิภพ เช่น ถ่านหิน น้ำมัน แก๊สธรรมชาติ มาใช้เป็นแหล่งพลังงานหลัก ยังผลให้เชื้อเพลิงฟอสซิลมีปริมาณลดลง และส่งผลต่อปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมจากการใช้ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น เช่น การสะสมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ อันเป็นสาเหตุการเกิดสภาวะเรือนกระจก และทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น เป็นต้น จากสาเหตุดังกล่าว จึงมีความพยายามในการนำพลังงานอื่นมาทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ และ

* Corresponding author. Tel 045-288400-3 Ext 3815 Fax 045-288378

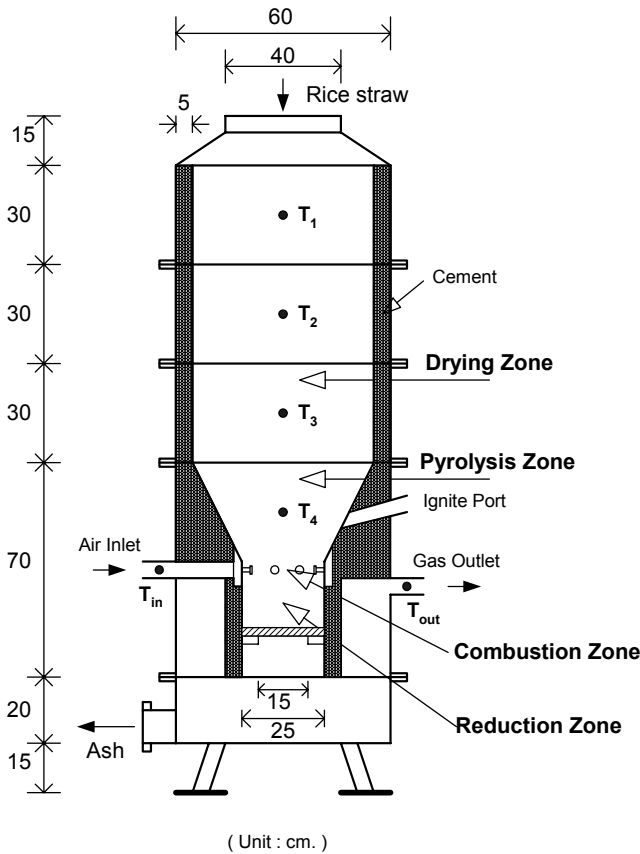
E-mail address : A.Matthujak@ubu.ac.th

เชื้อเพลิงชีวมวล เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่สำคัญ เนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานที่มีอยู่มากจากวัฏศุนย์ที่เหลือใช้ในธรรมชาติและเกษตร ซึ่งสามารถนำชีวมวลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้โดยตรง หรือนำชีวมวลมาเปลี่ยนรูป (biomass energy conversoin) ก่อนนำไปใช้เพื่อความสะดวกในการใช้งาน โดยเฉพาะการผลิตก๊าซชีวมวล (gasification process) และการแยกสลายด้วยความร้อน (pyrolysis process) ซึ่งเป็นกระบวนการเปลี่ยนรูปชีวมวลทางความร้อน (thermo-chemical conversion) ที่มีนักวิจัยหลายกลุ่มให้ความสนใจและทำการศึกษากาทิเช่น McKendry [1] ได้อธิบายถึงกระบวนการและวิธีการต่างๆ ที่ใช้ในการเปลี่ยนรูปชีว-มวล ซึ่งพบว่ากระบวนการเปลี่ยนรูปชีวมวล (biomass conversion) มี 2 กระบวนการหลักคือ การเปลี่ยนรูปทางชีวเคมี (bio-chemical conversion) และการเปลี่ยนรูปโดยความร้อน (thermo-chemical conversion) ซึ่งนิยมใช้มาก ต่อมาเมื่อมีการผลิตก๊าซชีวมวล (gasification) จากขยะเหลือทิ้งโดยเตาผลิตก๊าซชนิดไหลลง (downdraft gasifier) โดย Dogru และคณะ [2] พบว่าสามารถผลิตก๊าซชีวมวลได้และสามารถนำก๊าซชีวมวลที่ได้ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล ในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ถึง 5 kWe โดยมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงถึง 40 % นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้เตาผลิตก๊าซชนิดไหลลง มีข้อดีคือ ก๊าซชีวมวลที่ผลิตได้มีสิ่งปนเปื้อนน้อย ทำให้เหมาะสมในการนำไปใช้ในเครื่องยนต์สันดาปภายใน (internal combustion engine) และอุปกรณ์อื่นๆ นอกจากนี้แล้ว ยังมีการผลิตก๊าซชีวมวลจากเปลือกเมล็ดข้าวจากเตาผลิตก๊าซชนิดไหลลง โดย Dogru และคณะ [3] พบว่า ก๊าซชีวมวลที่ผลิตได้ให้ค่าความร้อน (calorific value) สูงถึง 5 MJ/m³ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในเครื่องยนต์สันดาปภายในได้ นอกจากนี้แล้วยังนำเศษไม้มาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตก๊าซจากเตาผลิตก๊าซชนิดไหลลงเช่นกัน โดย Zainal และคณะ [4] ซึ่งได้ศึกษาถึงอิทธิพลของ equivalence ratio ที่มีผลต่อส่วนประกอบของก๊าซชีวมวล ค่าความร้อนของก๊าซชีวมวลและการผลิตก๊าซชีวมวลพบว่า การเพิ่มขึ้นของการผลิตก๊าซชีวมวล (gas flow rate per unit weight) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่า equivalence ratio ค่าความร้อนของก๊าซชีวมวลจะมีค่าสูงที่ค่า equivalence ratio ประมาณ 0.4 และส่วนประกอบของก๊าซชีวมวลจะมีค่าแตกต่างกันไปตาม equivalence ratio ซึ่ง Chen [5] ได้อธิบายเพิ่มเติมว่ายังมีตัวแปร (parameter) อื่นอีกเช่น reactor temperature เวลาของสารระเหยที่อยู่ใน reactor และคุณสมบัติของเชื้อเพลิงชีวมวล ที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวมวล และยังพบว่าการผลิตก๊าซชีวมวลโดยกระบวนการ pyrolysis และ gasification ยังมีข้อเสีย คือ สามารถผลิตก๊าซชีวมวลได้ในปริมาณน้อย และเกิดการกัดกร่อน (corrosion) บริเวณท้ายน้ำ (downstream) ของอุปกรณ์ ต่อมา Wu และคณะ [6] ได้ทำการศึกษาถึงผลทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวมวล ซึ่งพบว่ามีความเป็นไปได้ในการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวมวล แต่จำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติม คือ 1.การกำจัดน้ำมันดิบ (tar) และมลภาวะที่เกิดจากการผลิต 2.การเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตก๊าซชีวมวล ซึ่งจะเป็นการลดค่าไฟฟ้าลง และ 3.จำเป็นต้องคำนึงถึงการเก็บรักษาเชื้อเพลิงชีวมวลด้วยการวิจัยที่ผ่านมามีพบว่ามี การศึกษาทดลองการผลิตก๊าซชีวมวลจากเชื้อเพลิงชีวมวลต่างชนิดกันไป แต่การนำเอาฟางข้าวซึ่งเป็นชีว-

มวลที่มีอยู่มากในประเทศไทย [7] มาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตก๊าซชีว-มวลยังมีการศึกษาน้อยมาก จึงมีแนวคิดในการนำเอาฟางมาผลิตก๊าซชีวมวล โดยเตาผลิตก๊าซชนิดไหลลง เพื่อศึกษาและพัฒนากระบวนการผลิตก๊าซชีวมวลจากฟางข้าว และหาแนวทางในการนำก๊าซชีวมวลที่ผลิตได้ไปใช้ประโยชน์ อาทิ นำก๊าซชีวมวลที่ได้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงในการอบผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร หรือนำมาใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายในเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้า เป็นต้น การทดลองในเอกสารนี้เป็นการทดลองเบื้องต้นในการผลิตก๊าซชีวมวล โดยมุ่งเน้นถึงพฤติกรรมเบื้องต้นที่เกิดขึ้นในระหว่างการผลิตก๊าซชีวมวล ซึ่งเป็นแนวทางในการนำไปสู่การพัฒนาการผลิตก๊าซชีวมวลอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีทำการทดลอง

อุปกรณ์การทดลองที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวมวลจากฟางข้าว จะใช้เตาผลิตก๊าซชีวมวลชนิดไหลลง (downdraft gesifier) ดังรูปที่ 1 แสดงอุปกรณ์การทดลอง ซึ่งมีส่วนประกอบหลักคือ ถังบรรจุเชื้อเพลิง (fuel hopper) combustion and reduction zone และ ชั้นเก็บเถ้า (ash pit) ในส่วนของถังบรรจุเชื้อเพลิง (fuel hopper) ทำมาจากเหล็กหนา 2 mm ม้วนเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 60 cm แบ่งออกเป็น 3 ส่วนซึ่งแต่ละส่วนสูง 30 cm โดยมีความสูงรวม 105 cm ส่วนบนสุดเจาะเป็นช่องใส่เชื้อเพลิงมีฝาปิดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 cm ผนังด้านในหล่อด้วยปูนทนไฟ (cement) หนา 5 cm ทำหน้าที่ป้องกันความร้อนสูญเสียที่บริเวณผนังเตา ในส่วนของ combustion และ reduction zone โครงสร้างภายนอกทำมาจากเหล็กหนา 2 mm ม้วนเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 60 cm เช่นเดียวกันกับถังบรรจุเชื้อเพลิง ซึ่งมีความสูง 70 cm ภายใน combustion และ reduction zone สร้างจากเหล็กหนา 5 mm ม้วนเป็นทรงกรวยสูง 40 cm โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางด้านบนของกรวย 50 cm และด้านล่างของกรวย 25 cm มีการหล่อปูนทนไฟระหว่างผนังเตาและผนังกรวย เพื่อป้องกันความร้อนสูญเสียของ combustion zone อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้จะถูกจ่ายโดยท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.5 cm เข้าไปในช่องจ่ายอากาศขนาดกว้าง 2.5 cm ซึ่งเป็นลักษณะวงแหวนรอบ combustion zone สำหรับการจ่ายอากาศเข้าไปยังห้องเผาไหม้ภายใน combustion zone จะจ่ายอากาศโดยหัวฉีดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 mm จำนวน 6 หัว ชั้น reduction zone มีท่อม้วนหนา 5 mm ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 cm เชื่อมต่อกับด้านล่างของกรวย ซึ่งมีความสูง 30 cm และถูกห่อหุ้มด้วยปูนทนไฟหนา 5 cm เช่นกัน บริเวณด้านล่างสุดจะเป็นตะแกรงรองรับเชื้อเพลิงทำจากเหล็กเส้นขนาด 5 mm มีระยะห่างระหว่างเหล็กเส้นประมาณ 4 cm ส่วนชั้นเก็บเถ้า (ash pit) สร้างจากเหล็กหนา 2 mm ม้วนเป็นรูปทรงกระบอกสูง 20 cm มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 60 cm โดยมีช่องระบายเถ้าขนาด 15x15 cm และมีขาตั้งเพื่อให้เตาสูงจากพื้น 15 cm จำนวน 3 ขา โดยที่ทุกชั้นจะเชื่อมต่อกันโดยใช้หน้าแปลน (flange) และยึดติดกันด้วยน็อต ซึ่งระหว่างหน้าแปลนจะมีประเก็นเพื่อป้องกันการรั่วซึม พฤติกรรมของการเผาไหม้ภายในเตาผลิตก๊าซชีว-มวลชนิดไหลลงจะถูกตรวจสอบ โดยการวัดอุณหภูมิภายใน โดยใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด k แบบ sheath จำนวน 4 ตำแหน่ง คือ T₁ ถึง T₄



รูปที่ 1 อุปกรณ์การทดลอง

ส่วนพฤติกรรมการผลิตก๊าซชีววมวลจะถูกตรวจสอบ โดยการวัดปริมาณการไหลก๊าซชีววมวลซึ่งเป็นก๊าซผลิตภัณฑ์ (producer gas) จากการเผาไหม้ โดยใช้ air flow meter แบบ hot wire และยังวัดอุณหภูมิของอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ (T_{in}) และอุณหภูมิของก๊าซชีววมวล (T_{out}) สัญญาณที่ได้จากเทอร์โมคัปเปิลจะถูกแสดงผลที่ data logger นอกจากนี้ ยังวิเคราะห์ส่วนประกอบเบื้องต้นของก๊าซชีววมวลโดยใช้ exhaust analyzer ซึ่งสามารถวิเคราะห์ค่าคาร์บอนไดออกไซด์ (CO) ในลักษณะไอเสียแห้ง (dry basis)

การทำการทดลองการผลิตก๊าซชีววมวลจากฟางข้าว เริ่มแรกโดยการเตรียมฟางข้าวจากเดิมที่เป็นเส้นขนาดยาวประมาณ 60 cm. ทำการย่อยขนาดฟางข้าวลงให้มีขนาดประมาณ 10 cm ถึง 25 cm แล้วบรรจุลงในเตาประมาณ 10 kg และปิดฝา แล้วทำการเปิดวาล์วอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ หลังจากนั้นทำการจุดไฟที่ ignite port โดยการใช้ pilot flame เมื่อมีการผลิตก๊าซชีววมวลโดยมีก๊าซชีววมวลไหลออกมาทางท่อทางออกแล้ว ทำการทดสอบการติดไฟของก๊าซชีววมวลที่บริเวณปล่องทดสอบการติดไฟ แล้วทำการบันทึกผลการทดลองเพื่อใช้ในการอธิบายพฤติกรรมของการผลิตก๊าซชีววมวล

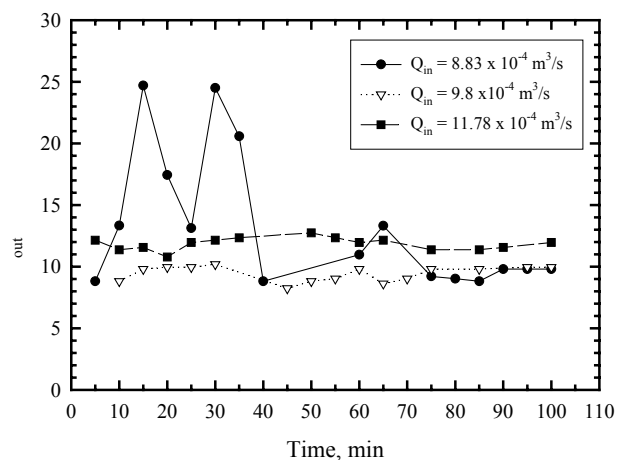
3. ผลการทดลอง

3.1 การทดลองเบื้องต้น

รูปที่ 2 แสดงถึงลักษณะของฟางข้าวที่ใช้การผลิตก๊าซชีววมวล โดยทำการทดลองผลิตก๊าซชีววมวลจากฟางข้าว 2 ลักษณะคือ ฟางข้าวที่ไม่มีการย่อยขนาด และฟางข้าวที่มีการย่อยขนาด จากการทดลอง เมื่อใช้



รูปที่ 2 ลักษณะของฟางข้าวที่ใช้ผลิตก๊าซชีววมวล



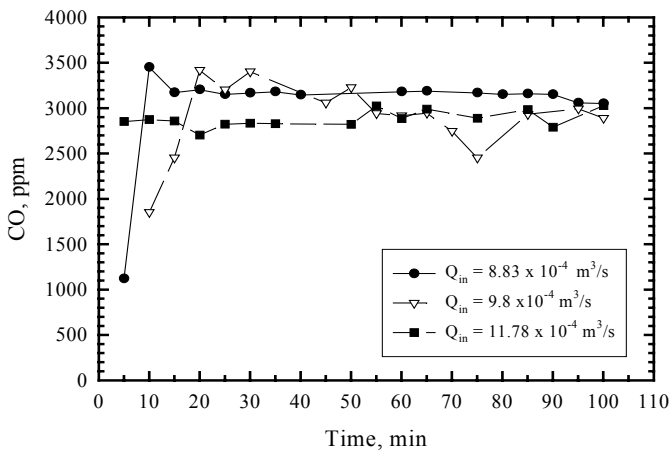
รูปที่ 3 อิทธิพลของอัตราการไหลของอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ต่ออัตราการไหลของก๊าซชีววมวล Q_{out}

ฟางข้าวที่ไม่ได้ผ่านการย่อยขนาด (รูปที่ 2a) ซึ่งมีความยาวประมาณ 65 cm นำไปผลิตก๊าซชีววมวลพบว่า สามารถผลิตก๊าซชีววมวลได้ในช่วงสั้นๆ คือประมาณ 5 นาทีแรก หลังจากนั้นก็ไม่มีการผลิตก๊าซชีววมวล ต้องมีการกระทุ้งฟางจากด้านบน จึงสามารถผลิตก๊าซชีววมวลต่อได้และต้องทำเช่นนี้เรื่อยๆ เนื่องจากฟางข้าวที่มีลักษณะเป็นเส้นยาวมาก จึงทำให้เกิดการสานตัวกัน และเกาะกันเป็นกลุ่มลอยตัวอยู่บนชั้นบรรจุเชื้อเพลิงเพราะ bulk density ของฟางข้าวมีค่าต่ำมากประมาณ 80 kg/m³ [8] จึงไม่มีการไหลลงเพื่อใช้ในการเผาไหม้ส่งผลให้การเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างไม่ต่อเนื่อง จากปัญหาดังกล่าวจึงทำการย่อยฟางข้าวให้มีขนาดสั้นลงเหลือประมาณ 10 cm ถึง 25 cm (รูปที่ 2b) พบว่า มีการสานตัวของฟางข้าวน้อยลง ทำให้การไหลตัวของฟางข้าวเพื่อใช้ในการเผาไหม้และผลิตก๊าซชีววมวลต่อเนื่องมากขึ้น ดังนั้นในการทำการทดลองจึงจำเป็นต้องมีการเตรียมฟางข้าวก่อนการทดลอง

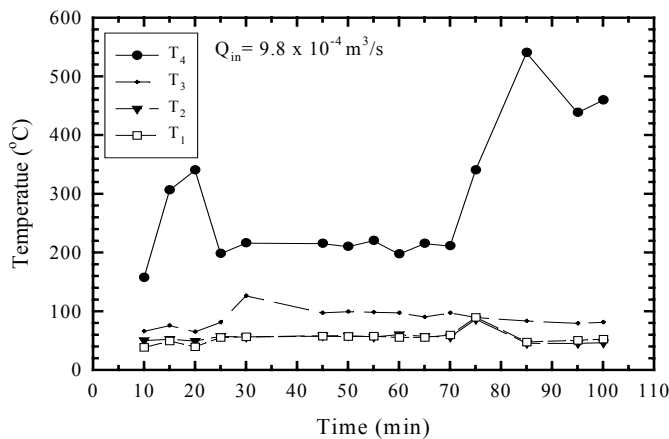
3.2 อิทธิพลของอัตราการไหลของอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้

รูปที่ 3 แสดงอิทธิพลของอัตราการไหลของอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ (Q_{in}) ต่ออัตราการไหลของก๊าซชีววมวล (Q_{out}) พบว่าที่อัตราการไหล $Q_{in} = 8.83 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ ในช่วงเวลา 40 นาทีแรก การผลิตก๊าซชีว-

มวลเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและไม่สม่ำเสมอ อาจเนื่องมาจากการไหลของอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้น้อยจนเกินไป จึงส่งผลให้กระบวนการเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงจำเป็นต้องใช้เวลาในช่วงเวลาหนึ่งเพื่อให้หลักของการเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่วนอัตราการไหลของอากาศที่ $Q_{in} = 9.8 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ และ $Q_{in} = 11.78 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ พบว่าก๊าซชีววมวลที่ผลิตได้นั้นค่อนข้างต่อเนื่องตลอดช่วงการทดลอง และที่ $Q_{in} = 11.78 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ ก๊าซชีววมวลที่ผลิตได้มีปริมาณมากกว่าที่ $Q_{in} = 9.8 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ ตลอดการทดลอง เนื่องจากปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ที่มากกว่านั่นเอง แต่จากรูปที่ 4 แสดงอิทธิพลของอัตราการไหลของอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ Q_{in} ต่อปริมาณ CO กลับพบว่าปริมาณ CO ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของก๊าซชีววมวลและเป็นส่วนประกอบที่บ่งบอกถึงคุณภาพของก๊าซชีววมวลที่ผลิตได้ ที่ $Q_{in} = 9.8 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ มีปริมาณ CO เฉลี่ยเท่ากับ 2900 ppm ตลอดช่วงเวลาทำการทดลอง ซึ่งมีปริมาณมากกว่าที่ $Q_{in} = 11.78 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ อันเนื่องมาจากที่ $Q_{in} = 9.8 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์มากกว่า ถึงแม้ว่าปริมาณ CO ที่ผลิตได้ที่ $Q_{in} = 8.83 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ จะมีปริมาณมากกว่าที่ $Q_{in} = 9.8 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ คือ เฉลี่ยประมาณ 3100 ppm ก็ตามแต่ที่ $Q_{in} = 9.8 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ มีอัตราการไหลของก๊าซชีววมวล



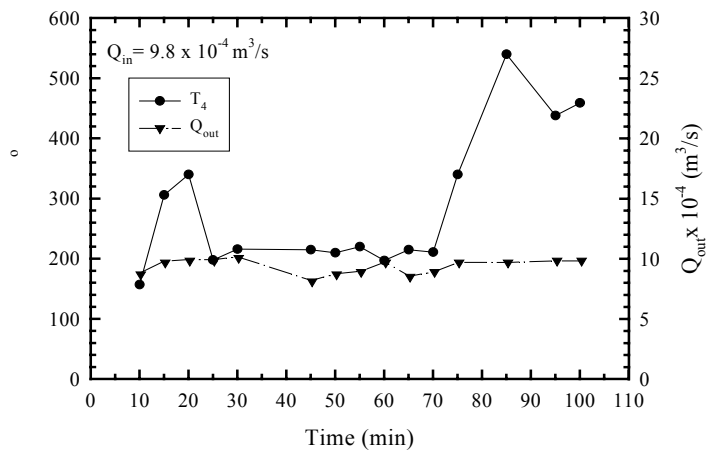
รูปที่ 4 อิทธิพลของอัตราการไหลของอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ต่อปริมาณ CO



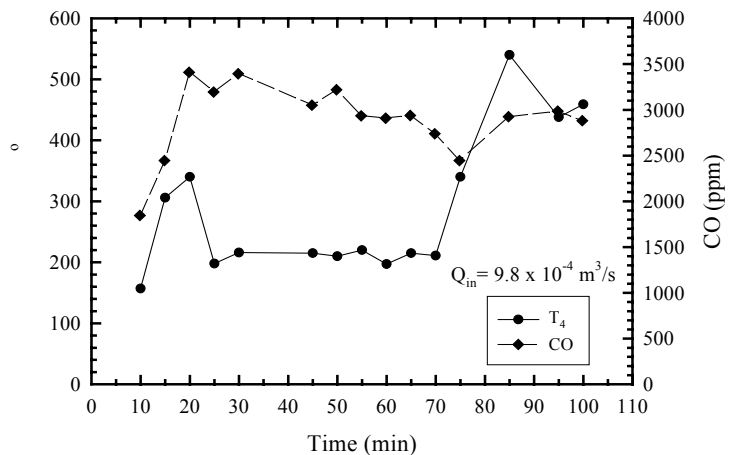
รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการทดลองกับโครงสร้างทางความร้อน

ที่สม่ำเสมอว่าดังนั้นในการทดลองจึงใช้อัตราการไหล $Q_{in} = 9.8 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ ในการศึกษาพฤติกรรมการผลิตก๊าซชีววมวล

รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการทดลองกับโครงสร้างทางความร้อน ที่ $Q_{in} = 9.8 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ พบว่าอุณหภูมิที่ตำแหน่ง T_1 และ T_2 จะมีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกันซึ่งมีค่าประมาณ 50° ถึง 100°C เช่นเดียวกับกับอุณหภูมิที่ตำแหน่งที่ T_3 ถึงแม้จะมีอุณหภูมิสูงกว่าแต่มีค่าไม่เกิน 150°C ตลอดการทดลอง ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ไม่สูงพอที่จะทำให้เกิดการสลายตัวของพวกสารระเหย แต่ความชื้นในฟางข้าวจะถูกความร้อนทำให้ไอน้ำระเหยออกมา โดยทั่วไปไอน้ำจะเหวี่ยงออกมาจากเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิประมาณ 100°C ถึง 200°C ดังนั้นเป็นไปได้ว่าน้ำภายในฟางข้าวจะระเหยที่บริเวณ T_1 ถึง T_3 โดยบริเวณดังกล่าวถูกเรียกว่า drying zone ส่วนที่ตำแหน่ง T_4 พบว่ามีอุณหภูมิประมาณ 150°C ถึง 550°C เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่อยู่ใกล้กับบริเวณการเกิดกระบวนการเผาไหม้ ดังนั้นจึงได้รับความร้อนในปริมาณมากพอที่จะทำให้เกิดการสลายตัวของสาร organic ในฟางข้าวทำให้ได้น้ำมันดิบ (tar) ออกมา ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะเกิดที่อุณหภูมิประมาณ 200°C ถึง 600°C ดังนั้นบริเวณ T_3 จึงเป็นชั้น pyrolysis zone



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการทดลอง กับอุณหภูมิที่ตำแหน่ง T_4 และ ปริมาณก๊าซชีววมวล Q_{out}



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการทดลอง กับอุณหภูมิที่ตำแหน่ง T_4 และ ปริมาณ CO



(a) (b)

รูปที่ 8 ลักษณะเปลวไฟของการดีไฟของก๊าซชีววมวล

รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการทดลอง กับอุณหภูมิที่ตำแหน่ง T_4 และ ปริมาณก๊าซชีววมวล Q_{out} พบว่า อุณหภูมิที่ตำแหน่ง T_4 (pyrolysis zone) ไม่ส่งผลกระทบต่อการผลิตก๊าซชีววมวลที่ผลิตได้ตลอดช่วงการทดลอง อาจเนื่องมาจากตำแหน่งที่วัดอยู่ห่างจากบริเวณที่เกิดการผลิตก๊าซชีววมวลมาก จึงทำให้ผลของ T_4 ที่เปลี่ยนไปในช่วง 20 นาทีแรก และ ที่ช่วงเวลา 70 ถึง 110 นาที ซึ่งอาจเกิดจากการไหลของฟางข้าวที่ไม่สม่ำเสมอ จึงไม่มีผลต่อปริมาณก๊าซชีววมวลที่ผลิตได้ และด้วยเหตุผลเดียวกันสำหรับปริมาณ CO ดังรูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการทดลอง กับอุณหภูมิที่ตำแหน่ง T_4 และ ปริมาณ CO ก็ไม่ได้รับผลกระทบจาก T_4 โดยตรงเช่นกัน จากผลการทดลองดังกล่าว จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาถึงโครงสร้างของอุณหภูมิภายในเตาเพิ่มเติม เพื่อบ่งชี้ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับปริมาณก๊าซชีววมวลต่อไป

รูปที่ 8 แสดงลักษณะเปลวไฟของการดีไฟของก๊าซชีววมวลที่อัตราการไหล $Q_{in} = 9.8 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ พบว่า ในช่วง 30 นาทีแรก ลักษณะเปลวไฟที่ได้จะมีสีฟ้า ดังรูปที่ 8a ซึ่งจากสีของเปลวไฟของก๊าซชีววมวลที่ผลิตได้ในช่วงแรกอาจมี CH_4 .ในปริมาณมาก แต่เมื่อทำการผลิตก๊าซชีววมวลต่อไปพบว่าสีเปลวไฟของก๊าซชีววมวลจะเป็นสีเหลืองดังรูปที่ 8b ซึ่งเป็นลักษณะการดีไฟของก๊าซ CO

4 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเบื้องต้นพบว่า มีความเป็นไปได้ในการผลิตก๊าซชีววมวลจากฟางข้าว ซึ่งจำเป็นต้องมีการย่อยขนาดของฟางข้าวก่อนทำการทดลอง เพื่อแก้ปัญหาการไหลลงที่ไม่ต่อเนื่องของฟางข้าว แต่อย่างไรก็ตามยังมีปัญหา และพฤติกรรมการผลิตก๊าซชีววมวลอีกมากที่จำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม เพื่อให้การผลิตก๊าซชีววมวลเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการใช้งานจริงได้ต่อไป ซึ่งมีข้อหัวที่ต้องศึกษาดังนี้

1. ศึกษาถึงพฤติกรรมเผาไหม้บริเวณ combustion zone และ reduction zone โดยการวัดอุณหภูมิบริเวณดังกล่าวเพื่อหาความสัมพันธ์กับปริมาณก๊าซชีววมวลที่ผลิตได้
2. ก๊าซชีววมวลที่ผลิตได้ยังมีปริมาณน้อย และยังไม่ต่อเนื่อง จำเป็นต้องมีการแก้ไขปรับปรุง
3. ก๊าซชีววมวลที่ผลิตได้จากฟางข้าว จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ส่วนประกอบและหาค่าความร้อน (calorific value) เพื่อนำไปสู่การใช้งานจริง

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการทำงานวิจัยนี้ ณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] P.McKendry "Energy Production from Biomass (part 2): Conversion Technologies", Bioresource Technology, 2002, Vol. 83, pp.47-54
- [2] M.Dogru, Midill A. and Howarth C.R. "Gasification of Sewage Sludge Using a Throated Downdraft Gasifier and Uncertainty Analysis", Fuel Processing Technology, 2002, Vol. 75, pp.55-82
- [3] M.Dogru, Howarth C.R., Akay G., Keskinler B. and Malik A.A. "Gasification of Hazenut Shell in a Downdraft Gasifier", Energy, 2002, Vol. 27, pp.415-427
- [4] Z.A.Zainal, Rifau A., Quadir G.A. and Seetharamu K.N. "Experimental Investigation of a Downdraft Biomass Gasifier", Biomass & Bioenergy, 2002, Vol. 23, pp.283-289
- [5] G.Chen, Andries J., Luo Z. and Spliethoff H. "Biomass Pyrolysis/Gasification for Product Gas Production: the Overall Investigation of Parametric Effects", Energy Conversion & Management, 2003, Vol. 44, pp.1875-1884
- [6] C.Z.Wu, Huang H. Zheng S.P. and Yin X.L. "An Economic Analysis of Biomass Gasification and Power Generation in China", Bioresource & Technology, 2002, Vol. 83, pp.65-70
- [7] สุริย์ จรูญศักดิ์, "การศึกษากาการใช้พลังงานความร้อนจากเตาผลิตแก๊สชนิดไหลลงเพื่อใช้ในการผลิตเซรามิก", วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ปี พ.ศ. 2543, หน้า 1-122
- [8] A.Kaupp and Cross R.J.. "Small Scale Gas Producer – Engine System", Lengerrich, 1984, pp.29-65