

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือ ผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเตาผลิตแก๊สชนิดไหลขึ้น โดยใช้ขี้ผึ้งขี้วัวโพดเป็นเชื้อเพลิง และศึกษาแนวทางการนำแก๊สเชื้อเพลิงที่ได้ไปลดความชื้นขี้ผึ้งขี้วัวโพดที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตแก๊สในครั้งต่อไป โดยในงานวิจัยได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 ทดลองการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิชั้นรีดักชันต่างกัน 3 ระดับ คือ 800, 850 และ 900 °C (การจำกัดอุณหภูมิที่ 900 °C เนื่องจากเตาผลิตแก๊สได้ถูกออกแบบให้เพิ่มอุณหภูมิได้สูงสุดที่ 900 °C) โดยขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาผลของ ปริมาณอากาศ และอุณหภูมิภายในเตา และความสูงของเชื้อเพลิงในชั้นรีดักชัน ที่มีผลต่อปริมาณแก๊สเชื้อเพลิงที่ได้ คือ คาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน และไฮโดรเจน รวมถึงผลต่อปริมาณน้ำมันดินที่ปะปนอยู่ในแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้

ขั้นตอนที่ 2 ทดลองใช้ไอน้ำช่วยในการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง ในขั้นตอนนี้จะทำการทดลองโดยนำสภาวะการทดลองที่ได้แก๊สเชื้อเพลิงดีที่สุดโดยวัดจากค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ในขั้นตอนที่ 1 มาเดินเตาผลิตแก๊ส และปรับเปลี่ยนปริมาณการฉีดไอน้ำ 3 ระดับ คือ ปริมาณไอน้ำ 0.03, 0.08 และ 0.15 L/min ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาผลของ ปริมาณไอน้ำ อุณหภูมิภายในเตา และและความสูงของเชื้อเพลิงในชั้นรีดักชันที่มีผลต่อปริมาณแก๊สเชื้อเพลิงที่ได้ และน้ำมันดินที่เกิดจากการผลิตแก๊ส

นอกจากนี้ยังได้นำสภาวะการทดลอง (ใช้ขี้ผึ้งขี้วัวโพดเป็นเชื้อเพลิง) ที่ดีที่สุดของการทดลองในขั้นที่ 1 และ 2 มาเดินเตาผลิตแก๊สโดยใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิง เพื่อศึกษาความแตกต่างของ ปริมาณแก๊สเชื้อเพลิงที่ได้ อุณหภูมิภายในเตาชั้นรีดักชัน และและความสูงของเชื้อเพลิงในชั้นรีดักชัน ระหว่างเชื้อเพลิงขี้ผึ้งขี้วัวโพดและถ่านไม้

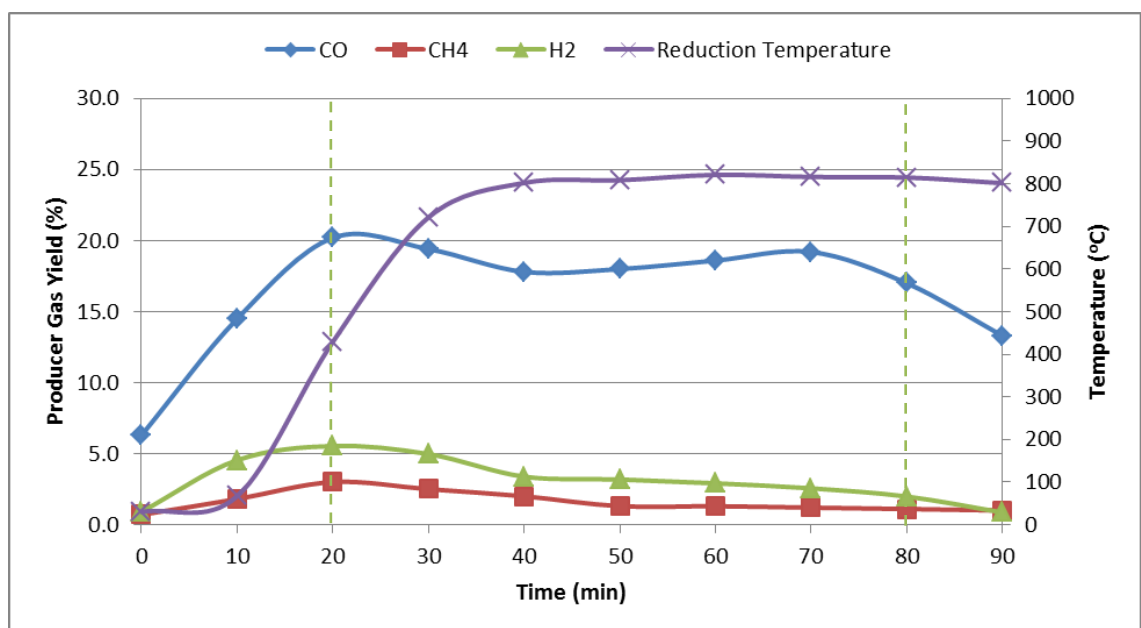
ขั้นตอนที่ 3 ทดลองนำแก๊สเชื้อเพลิงที่ได้ไปลดความชื้นขี้ผึ้งขี้วัวโพดที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตแก๊สครั้งต่อไป โดยขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาผลของอุณหภูมิแก๊สเชื้อเพลิงที่ทางออกของเตา จะมีผลต่อความสามารถลดความชื้นขี้ผึ้งขี้วัวโพดที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตแก๊ส 1 ครั้ง ได้มากน้อยเพียงใด ผลการทดลองทั้ง 3 ขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การทดลองผลิตแก๊สที่อุณหภูมิชั้นรีดักชันต่างกัน

ทำการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากขี้ผึ้งขี้วัวโพดโดยกำหนดอุณหภูมิในชั้นรีดักชันต่างกัน 3 ระดับ คือ 800, 850 และ 900 °C ใช้เวลาในการทดลอง 90 นาที ในแต่ละการทดลองจะมีการบันทึกอุณหภูมิภายในเตา อัตราการไหลของอากาศ และองค์ประกอบของแก๊สเชื้อเพลิงทุกๆ 10 นาที นาที เมื่อสิ้นสุดการทดลองจึงเก็บผลปริมาณน้ำมันดิน ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

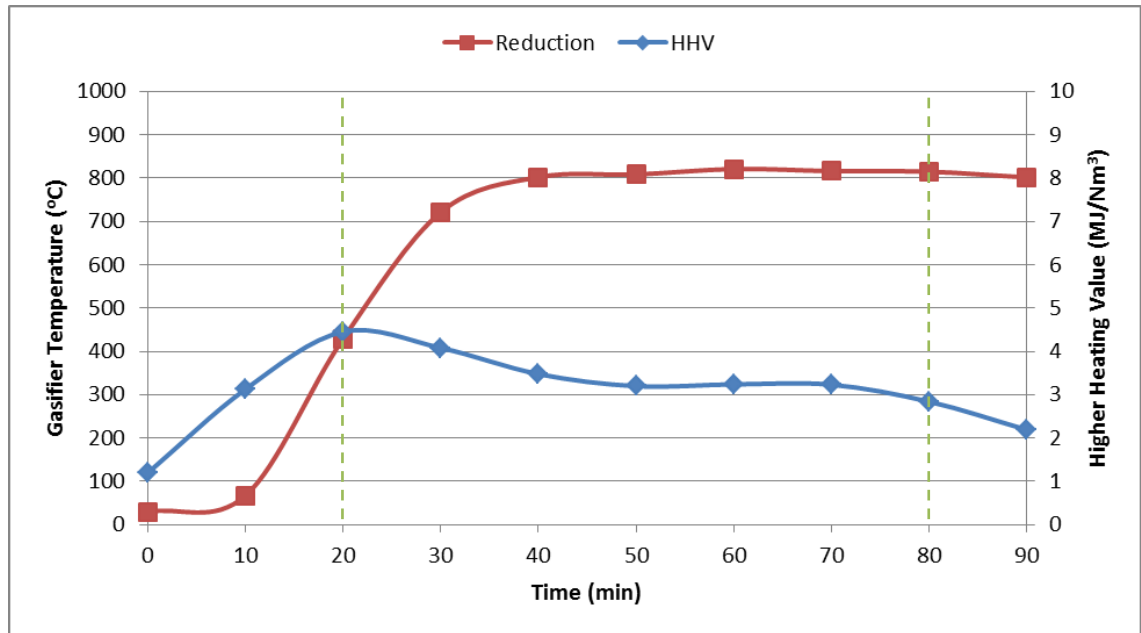
4.1.1 การทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากขี้ข้าวโพดที่อุณหภูมิขั้นรีดักชัน 800 °C

ผลการทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิขั้นรีดักชัน 800 °C ใช้ขี้ข้าวโพด 15 kg มีอัตราการไหลของอากาศเข้าภายในเตาเฉลี่ย $1.3 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ ในการทดลองผลิตแก๊สมีช่วงการผลิตแก๊สคงที่ตั้งแต่เวลาที่ 20 จนถึงเวลาที่ 80 (เป็นเวลา 60 นาที) แก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีองค์ประกอบของคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน สูงสุดคิดเป็น 20.2, 5.54 และ 3.0 % ตามลำดับ เมื่อทดลองผ่านไป 20 นาที อย่างไรก็ตามแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน ในช่วงผลิตแก๊สมีค่าเฉลี่ยคิดเป็น 18.6, 3.5 และ 1.8 % ตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบแก๊สเชื้อเพลิงกับเวลาและอุณหภูมิขั้นรีดักชันที่ 800 °C

ในการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิขั้นรีดักชัน 800 °C จะได้แก๊สเชื้อเพลิงที่มีองค์ประกอบของคาร์บอนมอนอกไซด์ และไฮโดรเจนที่ค่อนข้างต่ำ และมีปริมาณน้ำมันดินปนเปื้อนกับแก๊สเชื้อเพลิงมาก ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่า มีปริมาณน้ำมันดินที่ปนเปื้อนในแก๊สเชื้อเพลิงตลอดการทดลองทั้งหมด 1934.32 g คิดเป็นความเข้มข้นของน้ำมันดินต่อปริมาตรของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ 62.54 g/Nm^3 ในรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าสูงสุด 4.45 MJ/Nm^3 เมื่อทำการทดลองผ่านไป 20 นาที และมีค่าเฉลี่ยตลอดช่วงผลิตแก๊สคงที่ 3.50 MJ/Nm^3 โดยการผลิตแก๊สที่อุณหภูมิขั้นรีดักชัน 800 °C นี้สามารถคำนวณประสิทธิภาพ Cold Gas Efficiency ได้ 37.71 % และประสิทธิภาพ Hot Gas Efficiency ได้ 39.63 %

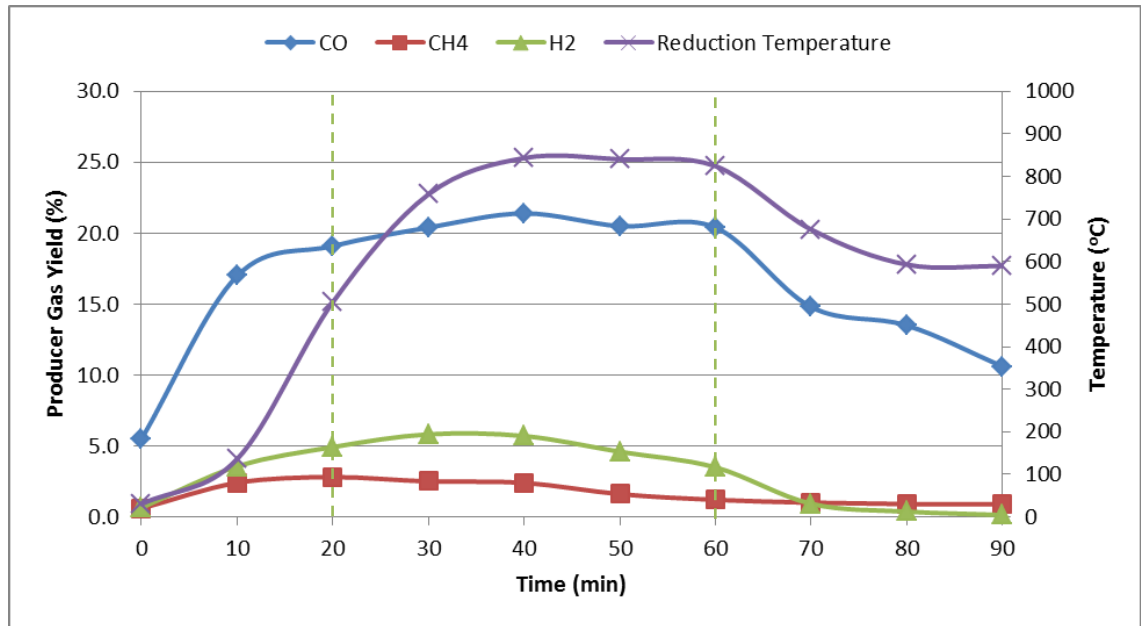


รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนสูงกับเวลาและอุณหภูมิชั้นรีดักชันที่ 800 °C

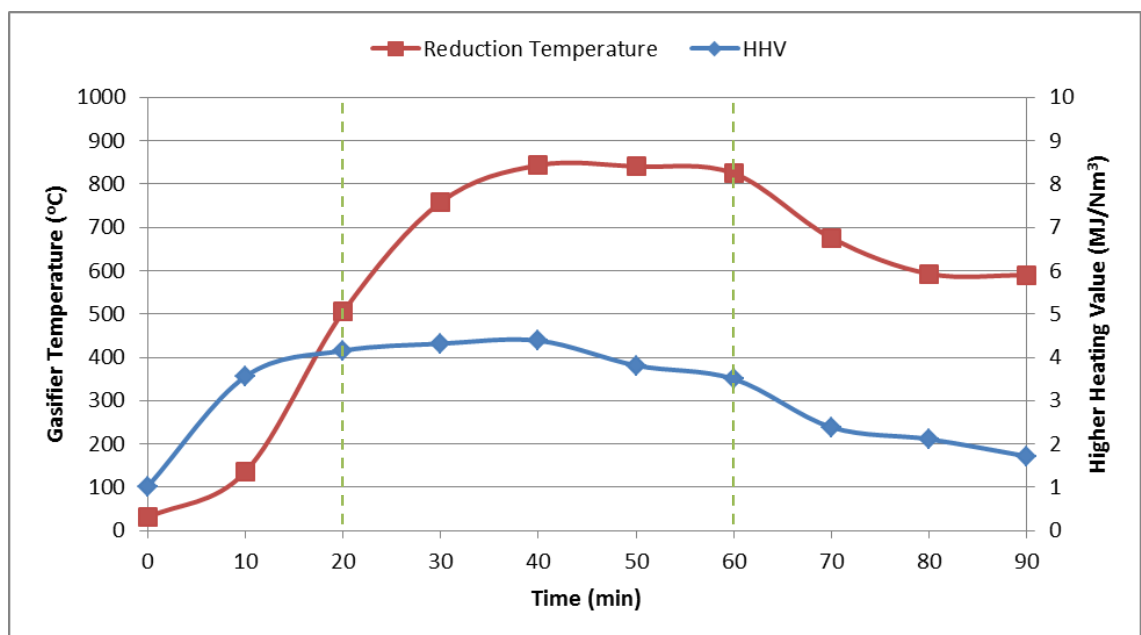
4.1.2 การทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากขี้ข้าวโพดที่อุณหภูมิชั้นรีดักชัน 850 °C

ผลการทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิชั้นรีดักชัน 850 °C ใช้ขี้ข้าวโพด 15 kg มีอัตราการไหลของอากาศเข้าภายในเตาเฉลี่ย $2.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ ในการทดลองผลิตแก๊สมีช่วงการผลิตแก๊สคงที่ตั้งแต่เวลาที่ 20 จนถึงเวลาที่ 60 (เป็นเวลา 40 นาที) แก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีองค์ประกอบของคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน สูงสุดคิดเป็น 21.4, 5.82 และ 2.8 % ตามลำดับ และมีแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน ในช่วงผลิตแก๊สมีค่าเฉลี่ยคิดเป็น 20.4, 4.9 และ 2.1 % ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.3

ในการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิชั้นรีดักชัน 850 °C จะได้แก๊สเชื้อเพลิงที่มีองค์ประกอบของคาร์บอนมอนอกไซด์ และไฮโดรเจนที่เพิ่มขึ้นจากการทดลองที่อุณหภูมิ 800 °C มีปริมาณน้ำมันดินปนเปื้อนกับแก๊สเชื้อเพลิงน้อยลง ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่า มีปริมาณน้ำมันดินที่ปนเปื้อนในแก๊สเชื้อเพลิงตลอดการทดลองทั้งหมด 1,851.65 g คิดเป็นความเข้มข้นของน้ำมันดินต่อปริมาตรของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ 48.59 g/Nm³ ในรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าสูงสุด 4.38 MJ/Nm³ และมีค่าเฉลี่ยตลอดช่วงการผลิตแก๊สคงที่ 4.03 MJ/Nm³ โดยการผลิตแก๊สที่อุณหภูมิชั้นรีดักชัน 850 °C นี้สามารถคำนวณประสิทธิภาพ Cold Gas Efficiency ได้ 48.03 % และประสิทธิภาพ Hot Gas Efficiency ได้ 51.19 %



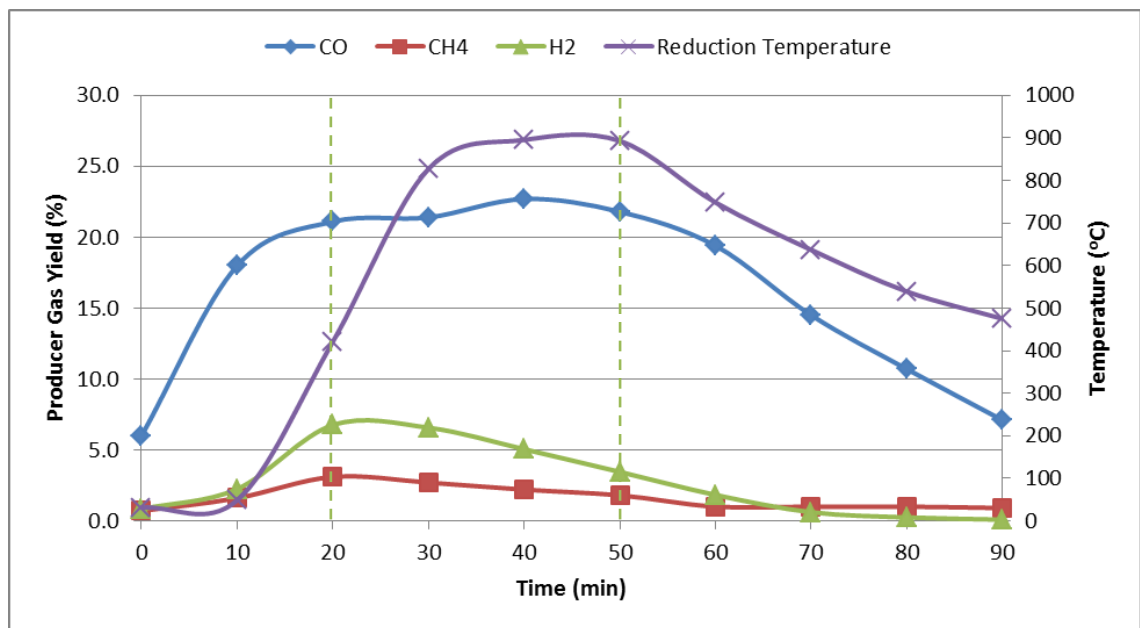
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบแก๊สเชื้อเพลิงกับเวลาและอุณหภูมิชั้นรีดักชันที่ 850 °C



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนสูงกับเวลาและอุณหภูมิชั้นรีดักชันที่ 850 °C

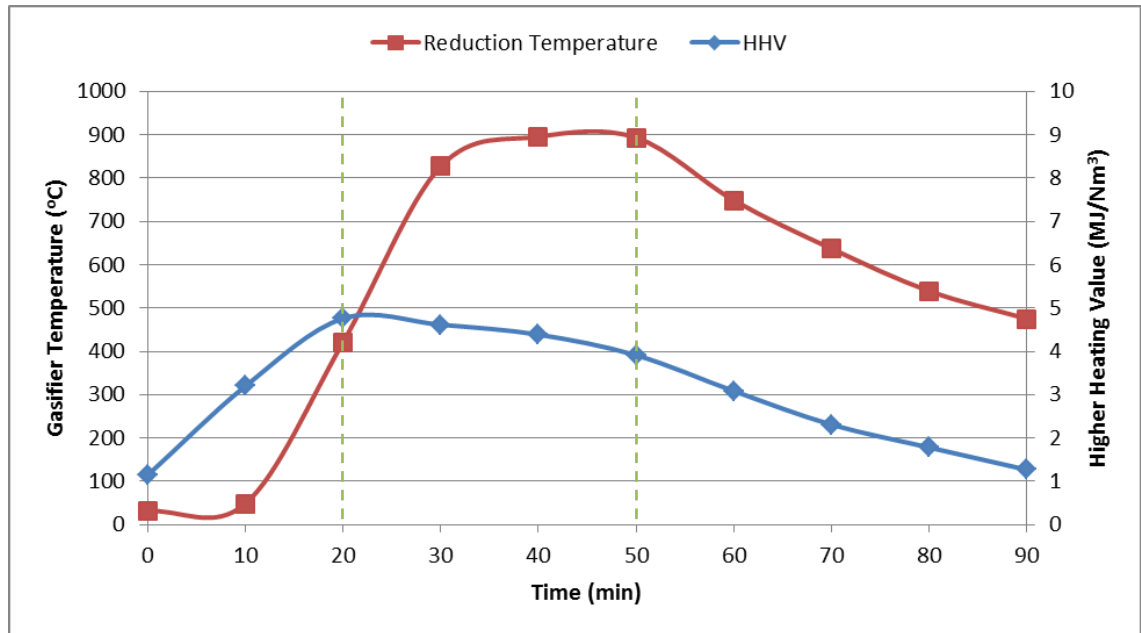
4.1.3 การทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากซังข้าวโพดที่อุณหภูมิขั้นรีดักชัน 900 °C

ผลการทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิขั้นรีดักชัน 900 °C ใช้ซังข้าวโพด 15 kg มีอัตราการไหลของอากาศเข้าภายในเตาเฉลี่ย $2.2 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ ในการทดลองผลิตแก๊สมีช่วงการผลิตแก๊สคงที่ตั้งแต่นาทีที่ 20 จนถึงนาทีที่ 50 (เป็นเวลา 30 นาที) แก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีองค์ประกอบของคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน สูงสุดคิดเป็น 22.7, 6.76 และ 3.1 % ตามลำดับ และมีแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน ในช่วงผลิตแก๊สมีค่าเฉลี่ยคิดเป็น 20.4, 5.5 และ 2.2 % ตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบแก๊สเชื้อเพลิงกับเวลาและอุณหภูมิขั้นรีดักชันที่ 900 °C

ในการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิขั้นรีดักชัน 900 °C จะได้แก๊สเชื้อเพลิงที่มีองค์ประกอบของคาร์บอนมอนอกไซด์ และไฮโดรเจนสูงที่สุด แต่ปริมาณมีเทนมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองที่อุณหภูมิ 800 °C และ 850 °C ปริมาณน้ำมันดินปนเปื้อนกับแก๊สเชื้อเพลิงน้อยที่สุด จากผลการวิเคราะห์ มีปริมาณน้ำมันดินที่ปนเปื้อนในแก๊สเชื้อเพลิงตลอดการทดลองทั้งหมด 1757.86 g คิดเป็นความเข้มข้นของน้ำมันดินต่อปริมาตรของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ 35.44 g/Nm^3 ในรูปที่ 4.6 แสดงค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิงมีค่าสูงสุด 4.76 MJ/Nm^3 และมีค่าเฉลี่ยตลอดช่วงผลิตแก๊สคงที่ 4.15 MJ/Nm^3 โดยการผลิตแก๊สที่อุณหภูมิขั้นรีดักชัน 900 °C นี้สามารถคำนวณประสิทธิภาพ Cold Gas Efficiency ได้ 64.31 % และประสิทธิภาพ Hot Gas Efficiency ได้ 68.67 %

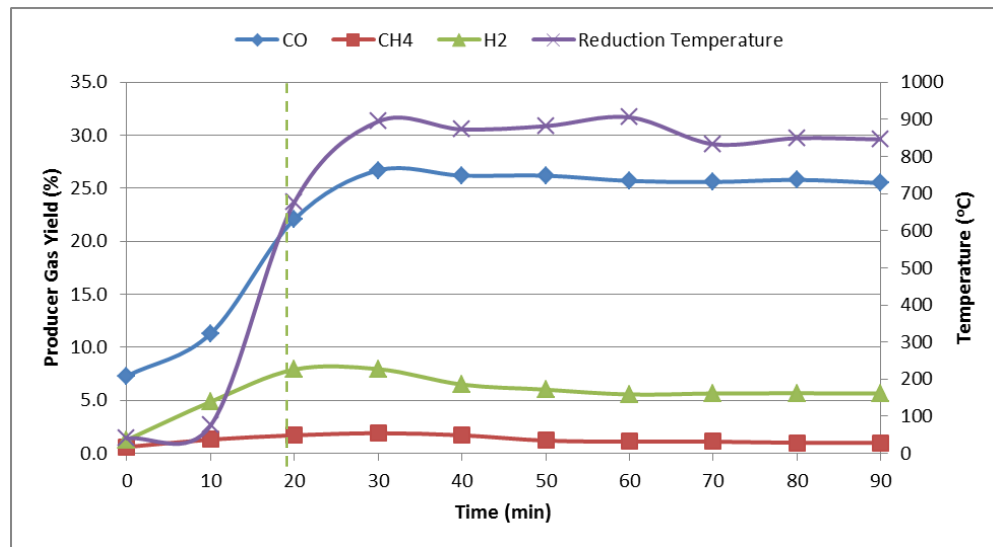


รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนสูงกับเวลาและอุณหภูมิชั้นรีดักชันที่ 900 °C

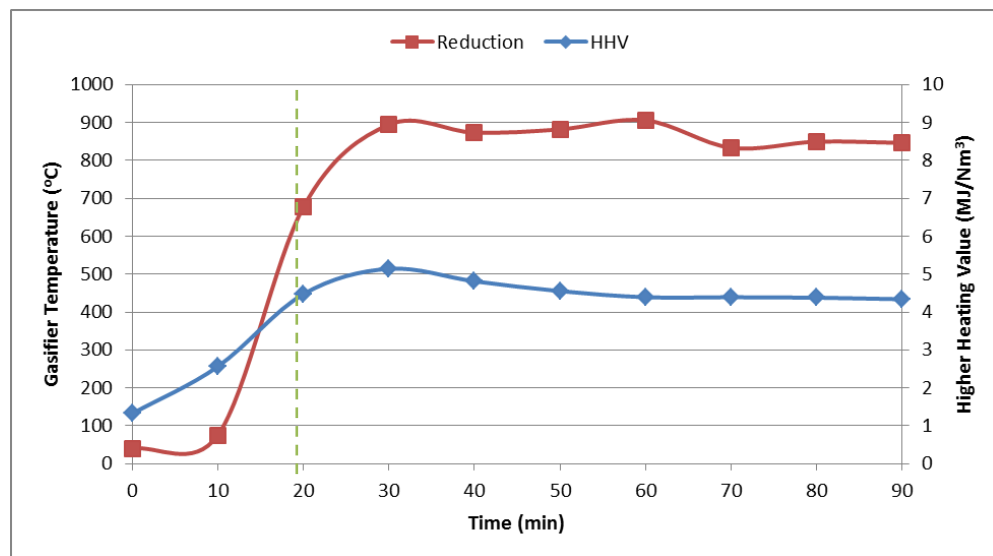
4.1.4 การทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากถ่านไม้ที่อุณหภูมิชั้นรีดักชัน 900 °C

ผลการทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิชั้นรีดักชัน 900 °C ใช้ถ่านไม้ 15 kg มีอัตราการไหลของอากาศเข้าภายในเตาเฉลี่ย $4.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ ในการทดลองผลิตแก๊สมีช่วงการผลิตแก๊สคงที่ตั้งแต่หน้าที่ 20 และผลิตแก๊สได้นานกว่า 90 นาที แก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีองค์ประกอบของคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน สูงสุดคิดเป็น 26.7, 7.95 และ 1.9 % ตามลำดับ และมีแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน ในช่วงผลิตแก๊สมีค่าเฉลี่ยคิดเป็น 25.5, 6.4 และ 1.3 % ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.7

ในการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากถ่านไม้ที่อุณหภูมิชั้นรีดักชัน 900 °C จะได้แก๊สเชื้อเพลิงที่มีองค์ประกอบของคาร์บอนมอนอกไซด์ และไฮโดรเจนสูง แต่ปริมาณมีเทนมีค่าต่ำ สามารถผลิตแก๊สเชื้อเพลิงได้นาน แก๊สที่ได้มีคุณภาพสูง มีปริมาณน้ำมันดินปนเปื้อนน้อย โดยมีปริมาณน้ำมันดินที่ปนเปื้อนในแก๊สเชื้อเพลิงตลอดการทดลองทั้งหมด 476.54 g คิดเป็นความเข้มข้นของน้ำมันดินต่อปริมาตรของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ 8.61 g/Nm^3 ในรูปที่ 4.8 แสดงค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิงมีค่าสูงสุด 5.14 MJ/Nm^3 และมีค่าเฉลี่ยในช่วงผลิตแก๊สคงที่ 4.56 MJ/Nm^3



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบแก๊สเชื้อเพลิงกับเวลาและอุณหภูมิชั้นรีดักชันที่ 900 °C โดยใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนสูงกับเวลาและอุณหภูมิชั้นรีดักชันที่ 900 °C โดยใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิง

จากการทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากขี้เถ้าจากขี้เถ้าที่อุณหภูมิชั้นรีดักชันที่ 800, 850 และ 900 °C พบว่า ปริมาณอากาศที่ไหลเข้าภายในเตาแปรผันตรงกับอุณหภูมิชั้นรีดักชัน เนื่องจากเมื่อต้องการเพิ่ม อุณหภูมิชั้นรีดักชันจะต้องเพิ่มปริมาณอากาศในการเผาไหม้มากขึ้นเพื่อยกระดับอุณหภูมิ และส่งผลถึง การใช้เชื้อเพลิงที่มากขึ้น ทำให้ระยะเวลาในการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในชั้น รีดักชัน การเพิ่มอุณหภูมิและอัตราการไหลของอากาศ ยังมีผลโดยตรงต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณการ เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และประสิทธิภาพของเตา โดยในอุณหภูมิที่สูงจะทำให้การเกิด

แก๊สเชื้อเพลิงทั้งสองได้ดีขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดแก๊สเชื้อเพลิงทั้งสองคือ ปฏิกิริยา บาวด์วาร์ (Boudouard Reaction) และปฏิกิริยาออกเตอร์แก๊ส (Water Gas Reaction) เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนซึ่งเกิดได้ดีที่อุณหภูมิสูง ส่วนปริมาณมีเทนนั้นไม่เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดแก๊สมีเทนจะเกิดได้ดีภายใต้ความดันสูง และอุณหภูมิประมาณ 700 °C [10, 39, 40]

เมื่อพิจารณาผลของน้ำมันดินที่ปนเปื้อนในแก๊สเชื้อเพลิงพบว่า การเพิ่มอุณหภูมิในการผลิตแก๊สเป็นการลดปริมาณน้ำมันดินที่เกิดขึ้นได้ โดยในการการผลิตแก๊สที่อุณหภูมิขั้นรีดักชัน 900 °C มีปริมาณน้ำมันดินเกิดขึ้นน้อยที่สุด เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิภายในเตาสูงขึ้นจะทำให้น้ำมันดินเกิดการสลายตัวด้วยความร้อน (Thermal Cracking) ได้มากขึ้น ทำให้ปริมาณน้ำมันดินปนเปื้อนในแก๊สเชื้อเพลิงน้อยลง [41, 42]

ในการทดลองเปรียบเทียบการผลิตแก๊สที่อุณหภูมิขั้นรีดักชัน 900 °C ระหว่างเชื้อเพลิงซังข้าวโพดและถ่านไม้พบว่า การผลิตแก๊สด้วยเชื้อเพลิงทั้งสองมีลักษณะการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิขั้นรีดักชัน และมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นและลดลง ของปริมาณการเกิดแก๊สเชื้อเพลิงที่เวลาต่างๆ ใกล้เคียงกัน แต่แก๊สเชื้อเพลิงที่ได้จากถ่านไม้จะมีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ ค่าความร้อนสูง (HHV) และระยะเวลาในการผลิตแก๊สที่มากกว่าการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากซังข้าวโพด เนื่องจากคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านไม้ที่มีค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (Energy Density) และปริมาณคาร์บอนสูง ทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดแก๊สเชื้อเพลิงได้ดี และเผาไหม้ได้นานกว่า

จากผลการทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิขั้นรีดักชันต่างๆ พบว่า การผลิตแก๊สที่ อุณหภูมิขั้นรีดักชัน 900 °C เป็นจุดที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากได้แก๊สเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพดีที่สุดโดยให้ค่าความร้อนสูงที่สุด และมีปริมาณน้ำมันดินปนเปื้อนกับแก๊สเชื้อเพลิงน้อยที่สุด โดยข้อมูลผลการทดลองผลิตแก๊สที่อุณหภูมิขั้นรีดักชันต่างกัน 3 ระดับแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากซังข้าวโพดที่อุณหภูมิขั้นรีดักชัน 3 ระดับ

Reduction Temperature (°C)	CO Yield (%)		CH ₄ Yield (%)		H ₂ Yield (%)		Average HHV (MJ/Nm ³)	Tar Concentration (g/Nm ³)	Cold Gas Efficiency (%)
	Max.	Ave.	Max.	Ave.	Max.	Ave.			
800	20.2	18.6	3.0	1.8	5.5	3.5	3.50	62.45	31.71
850	21.4	20.4	2.8	2.1	5.8	4.9	4.03	48.59	48.03
900	22.7	21.7	3.1	2.2	6.7	5.5	4.15	35.44	64.31
900 (char)	26.7	25.5	1.9	1.3	7.9	6.4	4.56	8.61	-

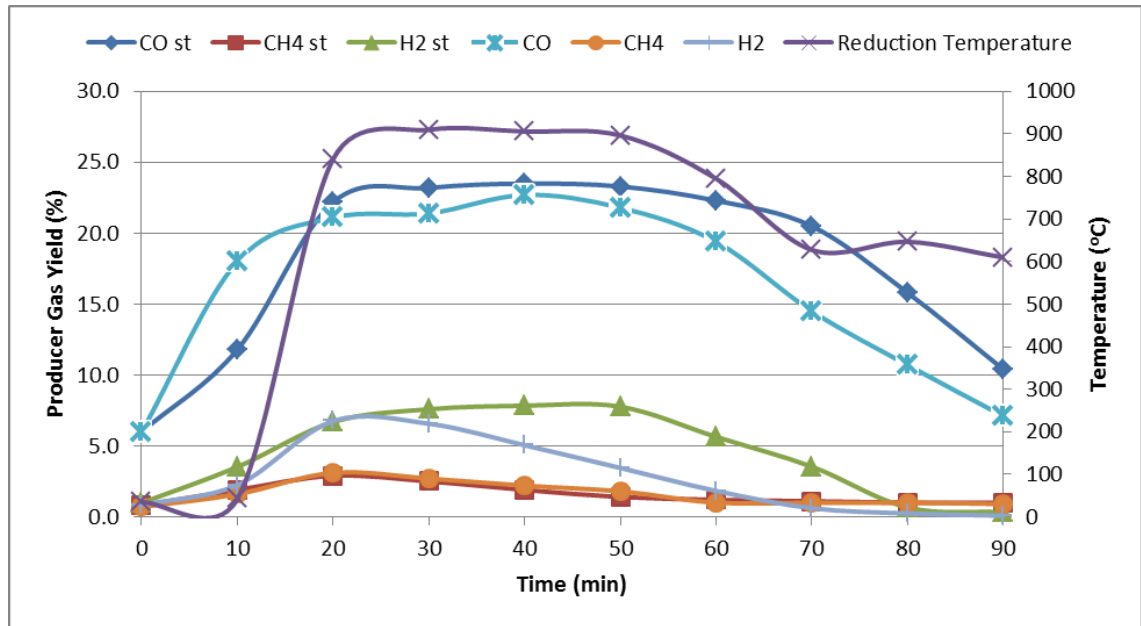
4.2 การทดลองใช้น้ำช่วยในการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง

การทดลองใช้น้ำช่วยในการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง ทำการทดลองโดยใช้สภาวะการทดลองที่อุณหภูมิในชั้นรีดักชัน 900°C และทดลองฉีดไอน้ำในอัตราที่ต่างกัน 3 ระดับคือ 0.03, 0.07 และ 0.15 L/min ใช้เวลาในการทดลองทั้งหมด 90 นาที โดยจะเริ่มฉีดไอน้ำเมื่ออุณหภูมิในชั้นรีดักชันอยู่ในระดับ 900°C และหยุดฉีดไอน้ำเมื่ออุณหภูมิชั้นรีดักชันลดต่ำลง โดยในแต่ละการทดลองจะมีการบันทึกอุณหภูมิภายในเตา อัตราการไหลของอากาศ ความสูงของเชื้อเพลิงชั้นรีดักชัน และปริมาณแก๊สเชื้อเพลิงทุกๆ 10 นาที เมื่อสิ้นสุดการทดลองจึงเก็บผลปริมาณน้ำมันดิน และปริมาณไอน้ำที่ใช้ในการทดลอง ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

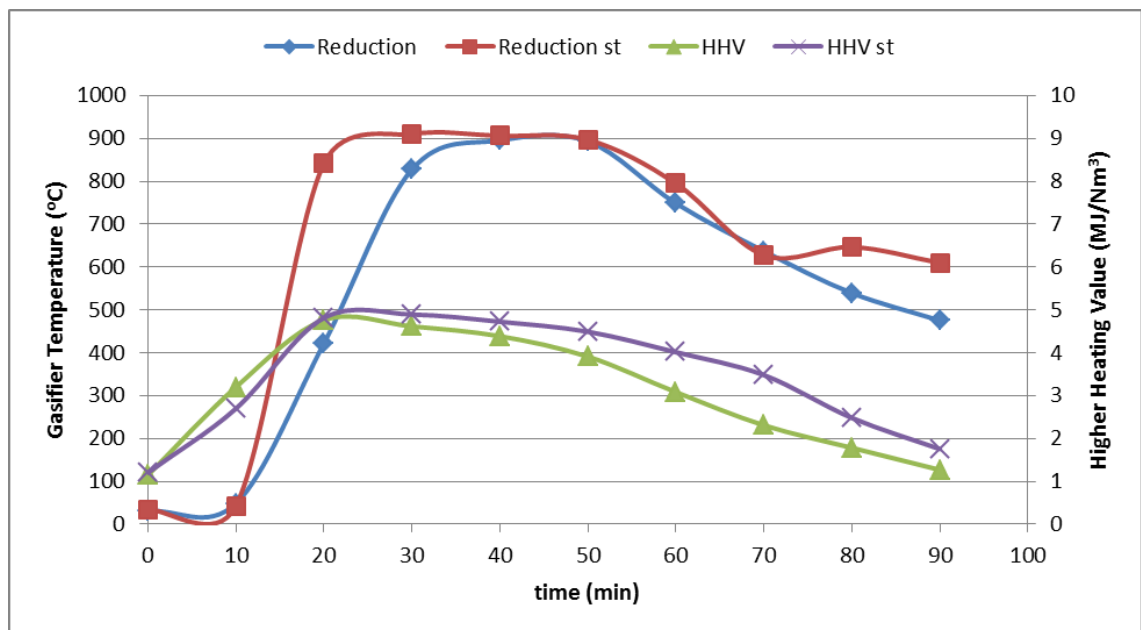
4.2.1 การทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากซังข้าวโพดที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.03 L/min

ผลการทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.03 L/min ใช้ซังข้าวโพด 15 kg มีอัตราการไหลของอากาศเข้าภายในเตาเฉลี่ย $2.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ ทำการทดลองฉีดไอน้ำตั้งแต่วันที่ 30 จนถึงวันที่ 60 (เป็นเวลา 30 นาที) แก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีองค์ประกอบของคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน สูงสุดคิดเป็น 23.5, 7.84 และ 2.9 % ตามลำดับ และมีแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน ในช่วงผลิตแก๊สมีค่าเฉลี่ยคิดเป็น 22.9, 7.1 และ 2.0 % ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.9

ในการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.03 L/min จะได้แก๊สเชื้อเพลิงที่มีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรเจนค่อนข้างสม่ำเสมอ และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีไม่ฉีดไอน้ำ แต่ปริมาณมีเทนมีค่าใกล้เคียงกับกรณีไม่ฉีดไอน้ำ ในส่วนของ ปริมาณน้ำมันดินปนเปื้อนกับแก๊สเชื้อเพลิง จากผลการวิเคราะห์พบว่า มีปริมาณน้ำมันดินที่ปนเปื้อนในแก๊สเชื้อเพลิงตลอดการทดลองทั้งหมด 1749.79 g คิดเป็นความเข้มข้นของน้ำมันดินต่อปริมาตรของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ 32.94 g/Nm^3 ในรูปที่ 4.10 แสดงค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าสูงสุด 4.89 MJ/Nm^3 และมีค่าเฉลี่ยตลอดช่วงผลิตแก๊สที่ 4.59 MJ/Nm^3 โดยในการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.03 L/min นี้สามารถคำนวณประสิทธิภาพ Cold Gas Efficiency ได้ 78.68 % และประสิทธิภาพ Hot Gas Efficiency ได้ 83.67 %



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบแก๊สเชื้อเพลิงกับเวลาและอุณหภูมิชั้นรีดักชันที่ 900 °C ที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.03 L/min

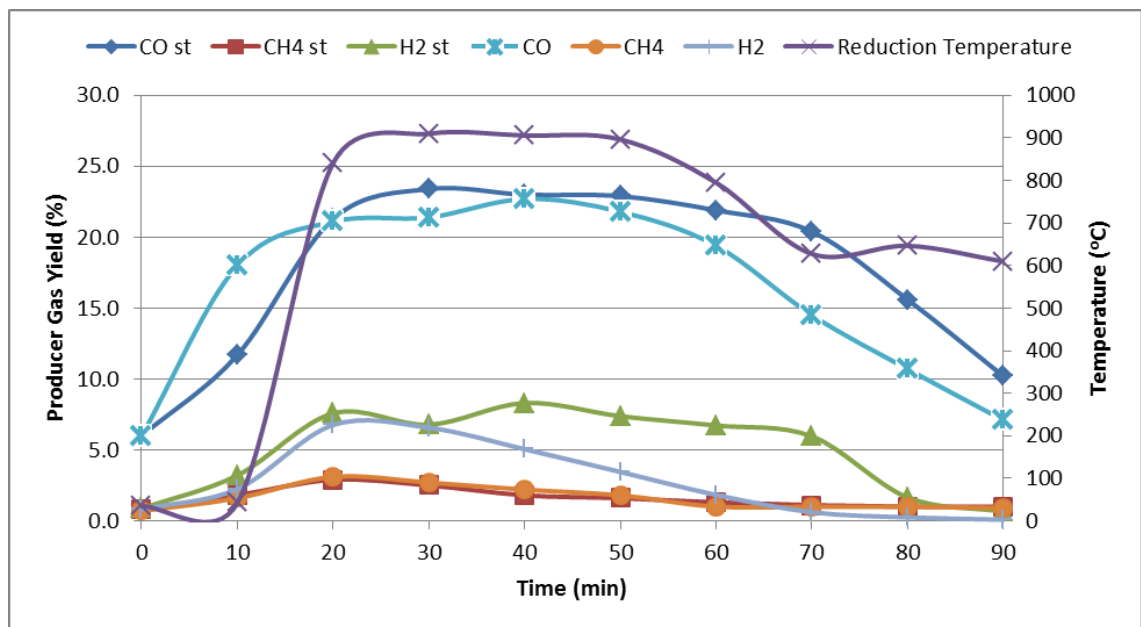


รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนสูงกับเวลาและอุณหภูมิชั้นรีดักชันที่ 900 °C ที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.03 L/min

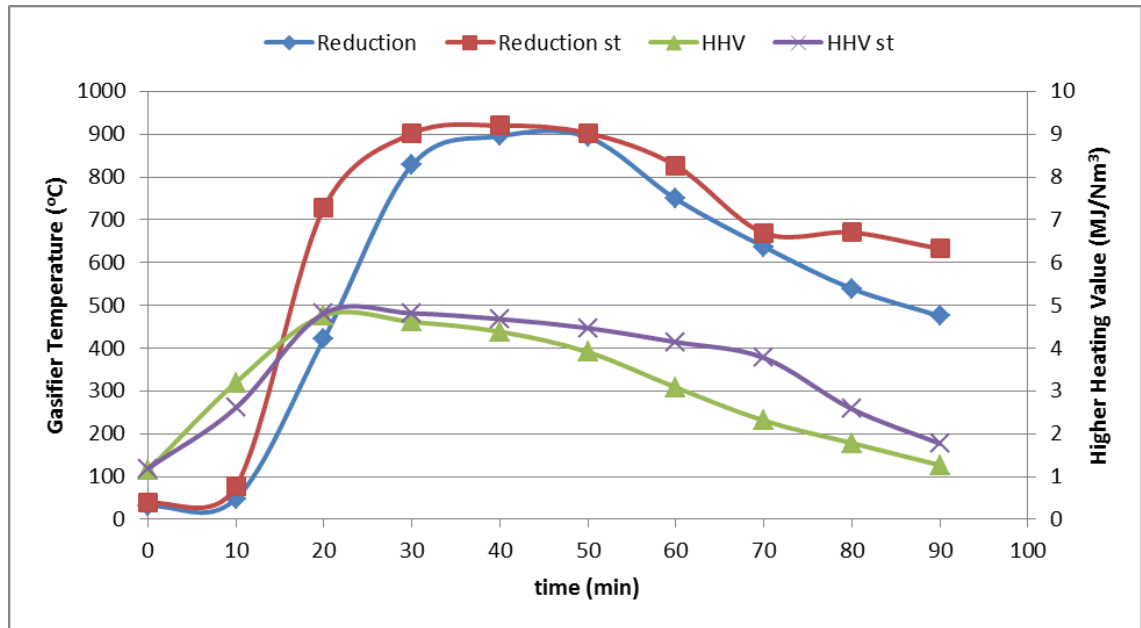
4.2.2 การทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากซังข้าวโพดที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.07 L/min

ผลการทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.07 L/min ใช้ซังข้าวโพด 15 kg มีอัตราการไหลของอากาศเข้าภายในเตาเฉลี่ย $2.6 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ ทำการทดลองฉีดไอน้ำตั้งแต่วันที่ 30 จนถึงวันที่ 60 (เป็นเวลา 30 นาที) แก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีองค์ประกอบของคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน สูงสุดคิดเป็น 23.6, 8.31 และ 2.9 % ตามลำดับ และมีแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน ในช่วงผลิตแก๊สมีค่าเฉลี่ยคิดเป็น 22.4, 7.4 และ 2.0 % ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.11

ในการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.07 L/min จะได้แก๊สเชื้อเพลิงที่มีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลง มีปริมาณไฮโดรเจนมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยปริมาณมีเทนมีค่าคงเดิม เมื่อเทียบกับอัตราการฉีดไอน้ำ 0.03 L/min ในส่วนของ ปริมาณน้ำมันดินปนเปื้อนกับแก๊สเชื้อเพลิง จากผลการวิเคราะห์พบว่า มีปริมาณน้ำมันดินตลอดการทดลองทั้งหมด 1735.57 g คิดเป็นความเข้มข้นของน้ำมันดินต่อปริมาตรของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ 32.77 g/Nm^3 ในรูปที่ 4.12 แสดงค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าสูงสุด 4.81 MJ/Nm^3 และมีค่าเฉลี่ยตลอดช่วงผลิตแก๊สอยู่ที่ 4.57 MJ/Nm^3 โดยในการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.07 L/min นี้สามารถคำนวณประสิทธิภาพ Cold Gas Efficiency ได้ 78.51 % และประสิทธิภาพ Hot Gas Efficiency ได้ 83.49 %



รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบแก๊สเชื้อเพลิงกับเวลาและอุณหภูมิชั้นรีดักชันที่ 900 °C ที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.07 L/min

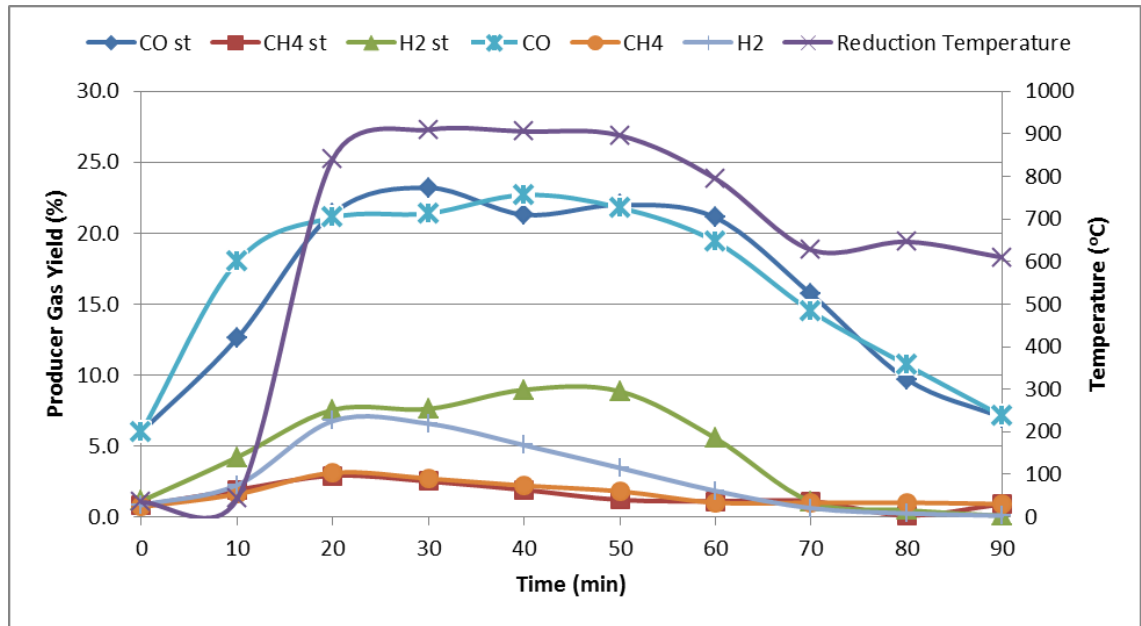


รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนสูงกับเวลาและอุณหภูมิชั้นรีดักชันที่ 900 °C ที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.07 L/min

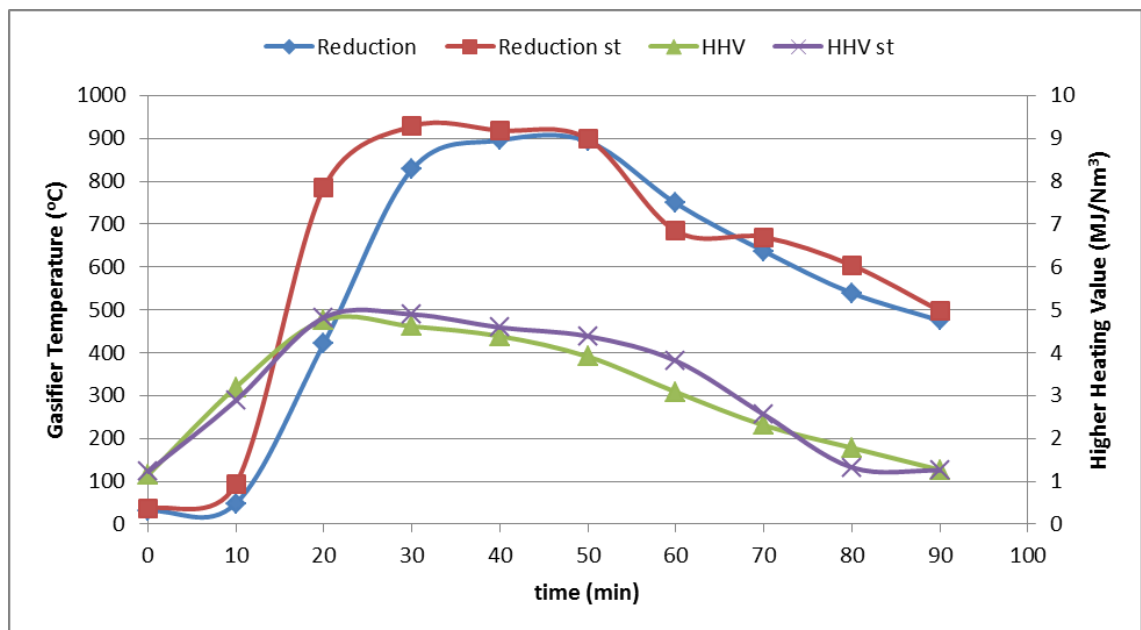
4.2.3 การทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากซังข้าวโพดที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.15 L/min

ผลการทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.15 L/min ใช้ซังข้าวโพด 15 kg มีอัตราการไหลของอากาศเข้าภายในเตาเฉลี่ย $2.8 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ ทำการทดลองฉีดไอน้ำตั้งแต่วันที่ 30 จนถึงวันที่ 60 (เป็นเวลา 30 นาที) แก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีองค์ประกอบของคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน สูงสุดคิดเป็น 23.2, 8.9 และ 2.9 % ตามลำดับ และมีแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน ในช่วงผลิตแก๊สมีค่าเฉลี่ยคิดเป็น 21.8, 7.7 และ 1.9 % ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.13

ในการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.15 L/min จะได้แก๊สเชื้อเพลิงที่มีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์น้อยที่สุด ส่วนมีปริมาณไฮโดรเจนมีค่าเพิ่มขึ้นสูงที่สุด โดยปริมาณมีเทนมีค่าคงเดิมเมื่อเทียบกับการทดลองฉีดไอน้ำทั้งหมด ในส่วนของปริมาณน้ำมันดินปนเปื้อนกับแก๊สเชื้อเพลิงจากผลการวิเคราะห์พบว่า มีปริมาณน้ำมันดินตลอดการทดลองทั้งหมด 1709.32 g คิดเป็นความเข้มข้นของน้ำมันดินต่อปริมาตรของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ 32.28 g/Nm^3 ในรูปที่ 4.14 แสดงค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าสูงสุด 4.89 MJ/Nm^3 และมีค่าเฉลี่ยตลอดช่วงผลิตแก๊สที่ 4.50 MJ/Nm^3 โดยในการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.15 L/min นี้สามารถคำนวณประสิทธิภาพ Cold Gas Efficiency ได้ 72.60 % และประสิทธิภาพ Hot Gas Efficiency ได้ 78.18 %



รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบแก๊สเชื้อเพลิงกับเวลาและอุณหภูมิขั้นรีดักชันที่ 900 °C ที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.15 L/min

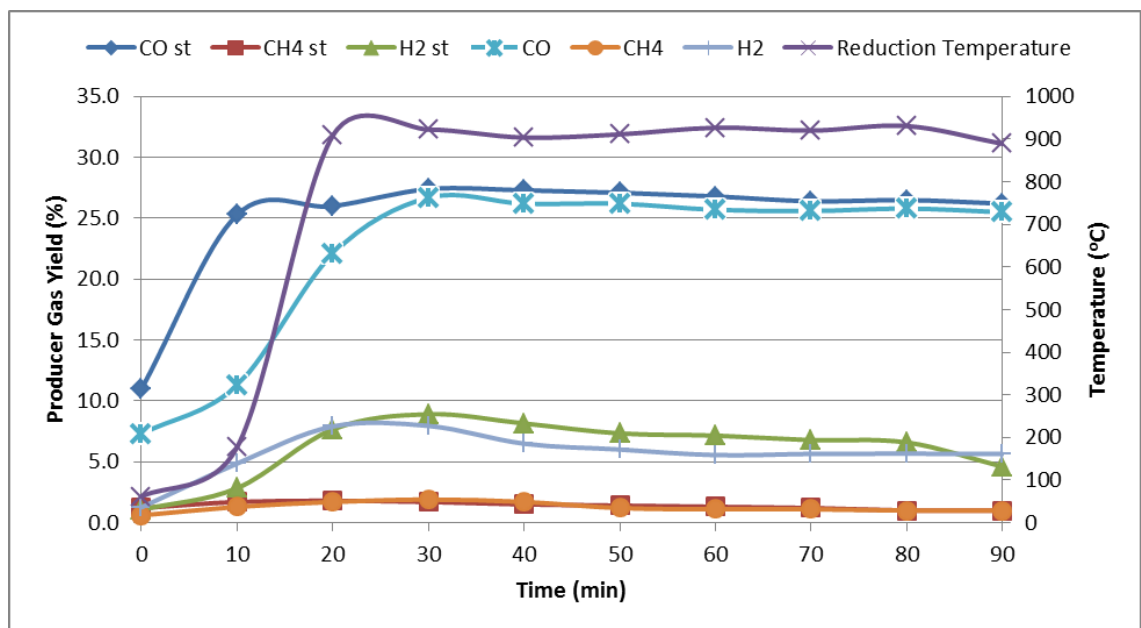


รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนสูงกับเวลาและอุณหภูมิขั้นรีดักชันที่ 900 °C ที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.15 L/min

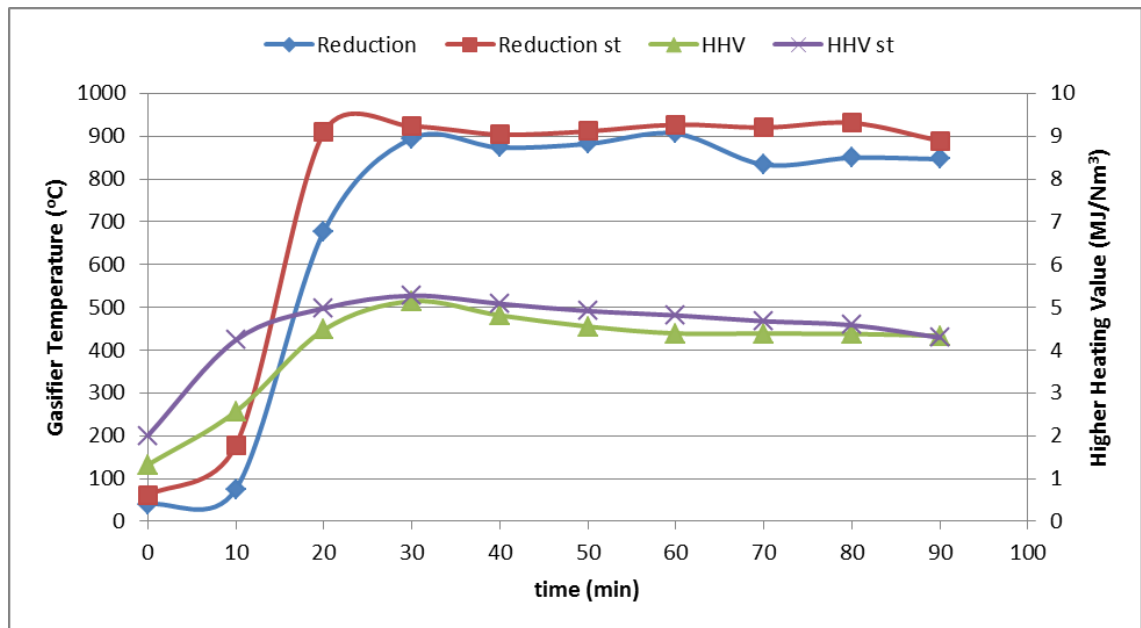
4.2.4 การทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากถ่านไม้ที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.03 L/min

ผลการทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.03 L/min ใช้ถ่านไม้ 15 kg มีอัตราการไหลของอากาศเข้าภายในเตาเฉลี่ย $4.1 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ ทำการทดลองฉีดไอน้ำตั้งแต่วันที่ 30 จนถึงวันที่ 60 (เป็นเวลา 30 นาที) แก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีองค์ประกอบของคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน สูงสุดคิดเป็น 27.4, 8.91 และ 1.8 % ตามลำดับ และมีแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน ในช่วงผลิตแก๊สมีค่าเฉลี่ยคิดเป็น 26.9, 7.8 และ 1.5 % ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.15

ในการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากถ่านไม้ที่อุณหภูมิชั้นรีดักชัน 900°C ที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.03 L/min จะได้แก๊สเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพสูง มีปริมาณน้ำมันดินปนเปื้อนในแก๊สเชื้อเพลิงน้อย โดยมีปริมาณน้ำมันดินที่ปนเปื้อนในแก๊สเชื้อเพลิงตลอดการทดลองทั้งหมด 439.19 g คิดเป็นความเข้มข้นของน้ำมันดินต่อปริมาตรของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ 7.99 g/Nm^3 ในรูปที่ 4.16 แสดงค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิงมีค่าสูงสุด 5.27 MJ/Nm^3 และมีค่าเฉลี่ยตลอดช่วงผลิตแก๊สคงที่ 5.01 MJ/Nm^3



รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบแก๊สเชื้อเพลิงกับเวลาและอุณหภูมิชั้นรีดักชันที่ 900°C ที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.03 L/min โดยใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนสูงกับเวลาและอุณหภูมิชั้นรีดักชันที่ 900 °C ที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.03 L/min โดยใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิง

การผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากขี้เถ้าขาวโพดที่อุณหภูมิชั้นรีดักชัน 900 °C ที่อัตราการฉีดไอน้ำต่างกัน คือ 0.03, 0.07 และ 0.15 L/min พบว่า ปริมาณการฉีดไอน้ำไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของแก๊สมีเทน แต่มีผลทำให้แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ และไฮโดรเจนมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันแก๊ส (Water Gas Reaction) แต่อย่างไรก็ตามการฉีดไอน้ำในปริมาณมากเกินไปจะส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแก๊ส (Water Shift Reaction) ซึ่งส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลง [20, 42, 43] โดยปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จะมีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุดในการทดลองที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.03 L/min และปริมาณแก๊สไฮโดรเจนจะมีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุดที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.15 L/min แต่โดยรวมในการทดลองฉีดไอน้ำที่อัตรา 0.03 L/min ทำให้ได้ค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิงสูงที่สุด คือ 4.58 MJ/Nm³ และมีค่าประสิทธิภาพ Cold Gas Efficiency สูงที่สุดด้วย

ในการทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากถ่านไม้ที่อุณหภูมิชั้นรีดักชัน 900 °C ที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.15 L/min พบว่า ในช่วงที่ฉีดไอน้ำแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีปริมาณและค่าความร้อนเพิ่มขึ้น โดยการเพิ่มขึ้นมีลักษณะเดียวกับการผลิตแก๊สจากขี้เถ้าขาวโพด คือ คาร์บอนมอนอกไซด์ และไฮโดรเจนมีค่าเพิ่มขึ้น แต่มีเทนมีค่าใกล้เคียงกับกรณีไม่ฉีดไอน้ำ

เมื่อพิจารณาน้ำมันดินที่เกิดจากการทดลองทั้งหมดพบว่า การฉีดไอน้ำปริมาณเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณน้ำมันดินที่ปนเปื้อนกับแก๊สเชื้อเพลิงลดลง ในการทดลอง ผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากขี้เถ้าขาวโพดที่อัตรา

การฉีดไอน้ำ 0.15 L/min มีปริมาณน้ำมันดินน้อยที่สุด เช่นเดียวกับการทดลอง ผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจาก ถ่านไม้ น้ำมันดินจากการทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากถ่านไม้ที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.15 L/min จะมีค่าน้อยกว่ากรณีไม่ฉีดไอน้ำ ซึ่งเป็นผลจากไอน้ำทำปฏิกิริยาเปลี่ยนรูปน้ำมันดิน (Tar Steam Reforming) ที่เกิดขึ้นภายในเตาผลิตแก๊ส [39, 40] โดยข้อมูลผลการทดลองใช้ไอน้ำช่วยในการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากซังข้าวโพดโดยใช้ไอน้ำเข้าช่วย

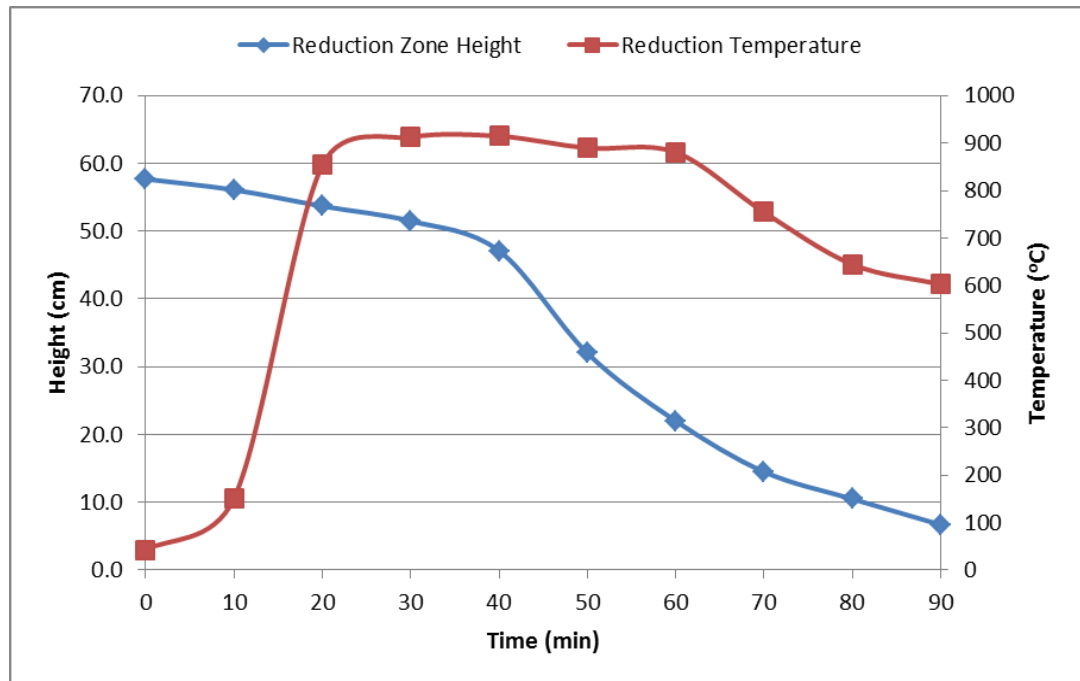
Steam Injection Rate (L/min)	CO Yield (%)		CH ₄ Yield (%)		H ₂ Yield (%)		Average HHV (MJ/Nm ³)	Tar Concentration (g/Nm ³)	Cold Gas Efficiency (%)
	Max.	Ave.	Max.	Ave.	Max.	Ave.			
No Steam	22.7	21.7	3.1	2.2	6.70	5.5	4.15	35.44	64.31
0.03	23.5	22.9	2.9	2.0	7.84	7.1	4.59	32.94	78.68
0.07	23.4	22.4	2.9	2.0	8.31	7.4	4.57	32.77	78.62
0.15	23.2	21.8	2.9	1.9	8.96	7.7	4.49	32.28	72.60
Char no St	26.7	25.5	1.9	1.3	7.90	6.4	4.56	8.61	-
Char 0.03	27.4	26.9	1.8	1.5	8.91	7.8	5.01	7.99	-

4.3 การทดลองวัดระดับความสูงของเชื้อเพลิงชั้นรีดักชัน

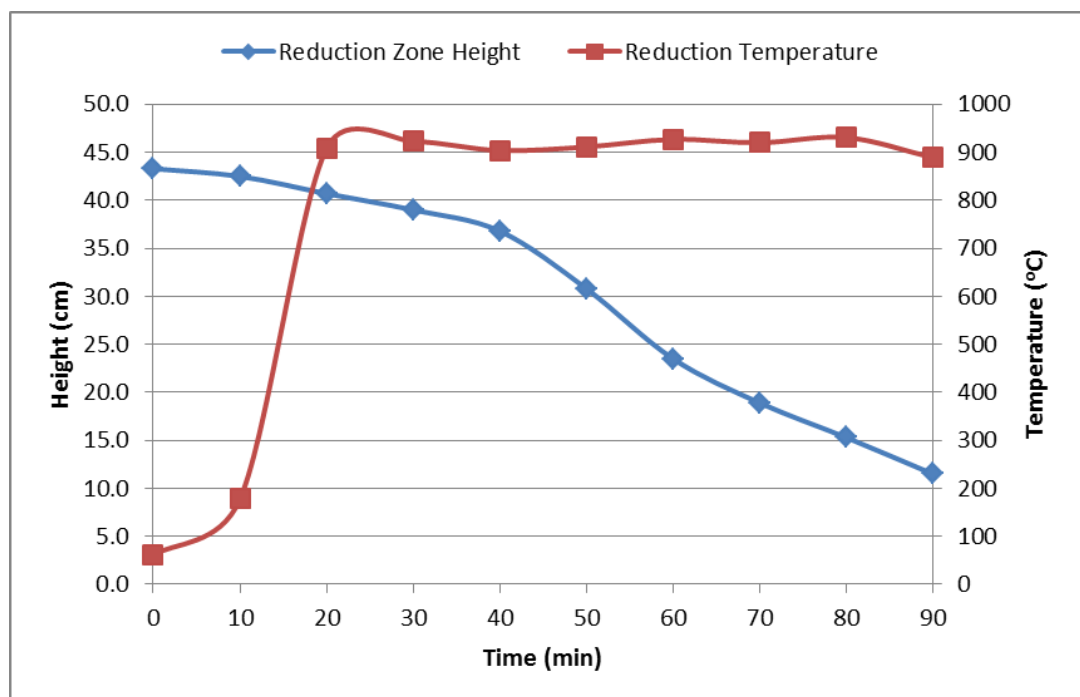
การทดลองวัดระดับความสูงของเชื้อเพลิงในชั้นรีดักชันในการทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.03 L/min โดยใช้เชื้อเพลิงเป็นซังข้าวโพดและถ่านไม้ ปริมาณ 15 kg วัดความสูงทุกๆ 10 นาที เป็นเวลา 90 นาที พบว่าในช่วงแรกของการทดลองมีอัตราการใช้เชื้อเพลิงต่ำ จนเมื่อทดลองผ่านไป 40 นาที อัตราการใช้เชื้อเพลิงจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยสามารถคำนวณค่าอัตราการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ยตลอดการทดลองได้ 8.8 kg/hr และมีค่าอัตราการใช้เชื้อเพลิงสูงสุดในช่วง 40-50 นาที อยู่ที่ 19.7 kg/hr และเตาผลิตแก๊สจะสามารถผลิตแก๊สเชื้อเพลิงได้จะต้องมีความสูงของเชื้อเพลิงมากกว่า 22.0 cm เนื่องจากเมื่อเชื้อเพลิงมีระดับต่ำกว่า 22.0 cm จะไม่สามารถรักษาดูมหมุ่ชั้นรีดักชันให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้ แสดงในรูปที่ 4.17

ในส่วนของการทดลองวัดระดับความสูงของเชื้อเพลิงในชั้นรีดักชันโดยใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิง พบว่าในช่วงแรกมีอัตราการใช้เชื้อเพลิงต่ำ จนเมื่อทดลองผ่านไป 50 นาที อัตราการใช้เชื้อเพลิงจะเพิ่มขึ้น โดยสามารถคำนวณค่าอัตราการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ยตลอดการทดลองได้ 7.2 kg/hr และมีค่าอัตราการใช้

เชื้อเพลิงสูงสุดในช่วง 50-60 นาที อยู่ที่ 15.7 kg/hr และเมื่อเชื้อเพลิงมีระดับต่ำกว่า 15.4 cm จะไม่สามารถรักษาอุณหภูมิชั้นรีดักชันให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้ จึงต้องมีความสูงของเชื้อเพลิงมากกว่า 15.4 cm เพื่อให้สามารถผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากถ่านไม้ได้ แสดงในรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของเชื้อเพลิงซังข้าวโพดและอุณหภูมิในชั้นรีดักชัน

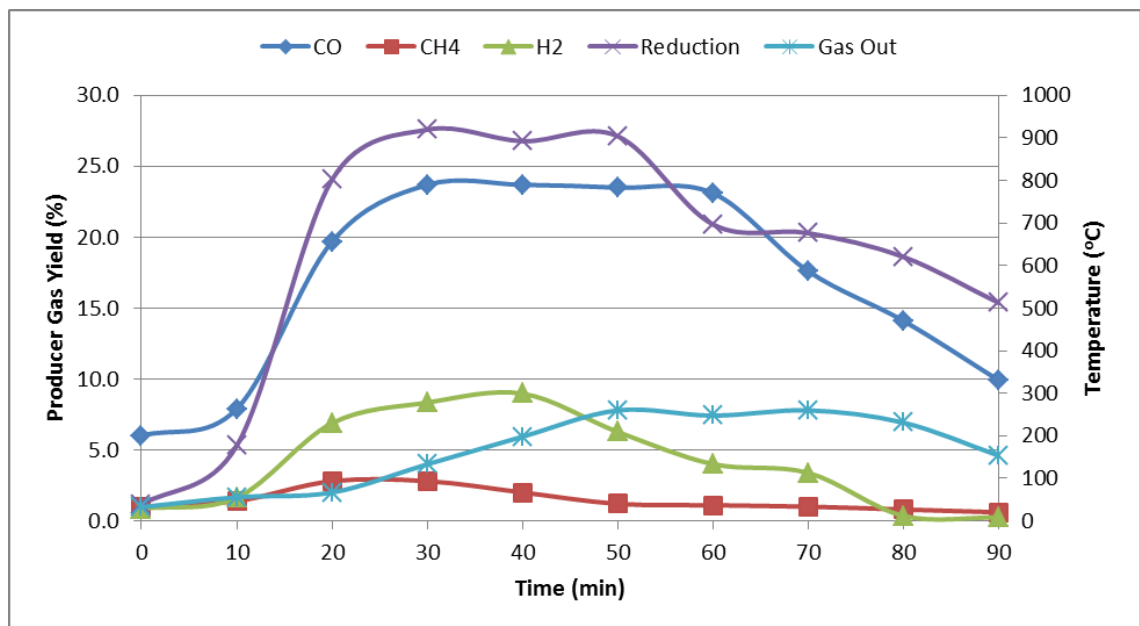


รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของเชื้อเพลิงถ่านไม้และอุณหภูมิในชั้นรีดักชัน

4.4 การทดลองใช้ความร้อนจากแก๊สเชื้อเพลิงลดความชื้นซังข้าวโพด

การทดลองใช้ความร้อนจากแก๊สเชื้อเพลิงลดความชื้นซังข้าวโพด ทำการทดลองที่อุณหภูมิชั้นรีดักชัน 900 °C อัตราการฉีดไอน้ำ 0.03 L/min อบแห้งซังข้าวโพดปริมาณ 18.6 kg มีความชื้นเริ่มต้น 30 % wb ทำการทดลองทั้งหมด 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 ทำการทดลองโดยใช้ซังข้าวโพดที่ความชื้นปกติ (12.8% wb) เป็นเชื้อเพลิง และทดลองครั้งที่ 2 โดยการนำซังข้าวโพดที่ได้รับการอบแห้งจากการทดลองแรกมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตแก๊ส

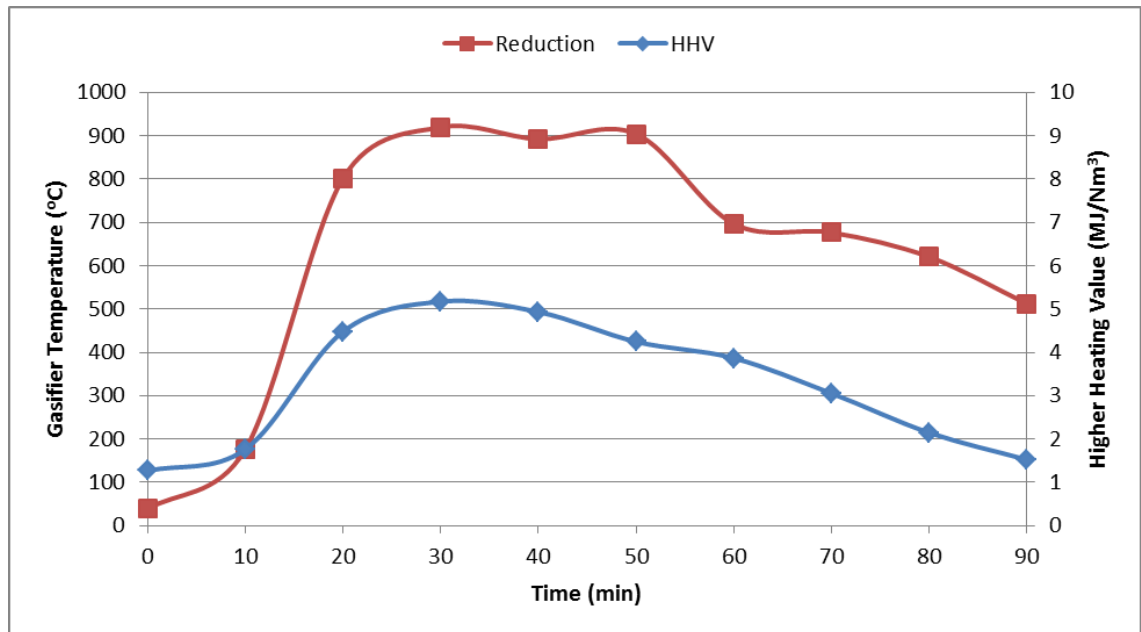
ผลการทดลองอบแห้งครั้งที่ 1 พบว่า มีอัตราการไหลของอากาศเข้าภายในเตาเฉลี่ย $2.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ โดยมีปริมาณแก๊สเชื้อเพลิงและเวลาในการผลิตแก๊สใกล้เคียงกับการทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.03 L/min แก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีอุณหภูมิที่ทางออกของเตาเฉลี่ย 163.6 °C มีแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีองค์ประกอบของคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน สูงสุดคิดเป็น 23.7, 8.97 และ 2.8 % ตามลำดับ และมีแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน ในช่วงผลิตแก๊สมีค่าเฉลี่ยคิดเป็น 22.7, 6.9 และ 2.0 % ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบแก๊สเชื้อเพลิงกับเวลาและอุณหภูมิชั้นรีดักชันที่ 900 °C ที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.03 L/min ในการอบแห้งครั้งที่ 1

จากการทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงเพื่อทำการอบแห้งซังข้าวโพดครั้งที่ 1 พบว่า ค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าสูงสุด 5.17 MJ/Nm³ และมีค่าเฉลี่ยตลอดช่วงผลิตแก๊สคงที่ 4.54 MJ/Nm³ แสดงในรูปที่ 4.20 โดยในการทดลองนี้สามารถคำนวณประสิทธิภาพ Cold Gas Efficiency ได้ 76.79 %

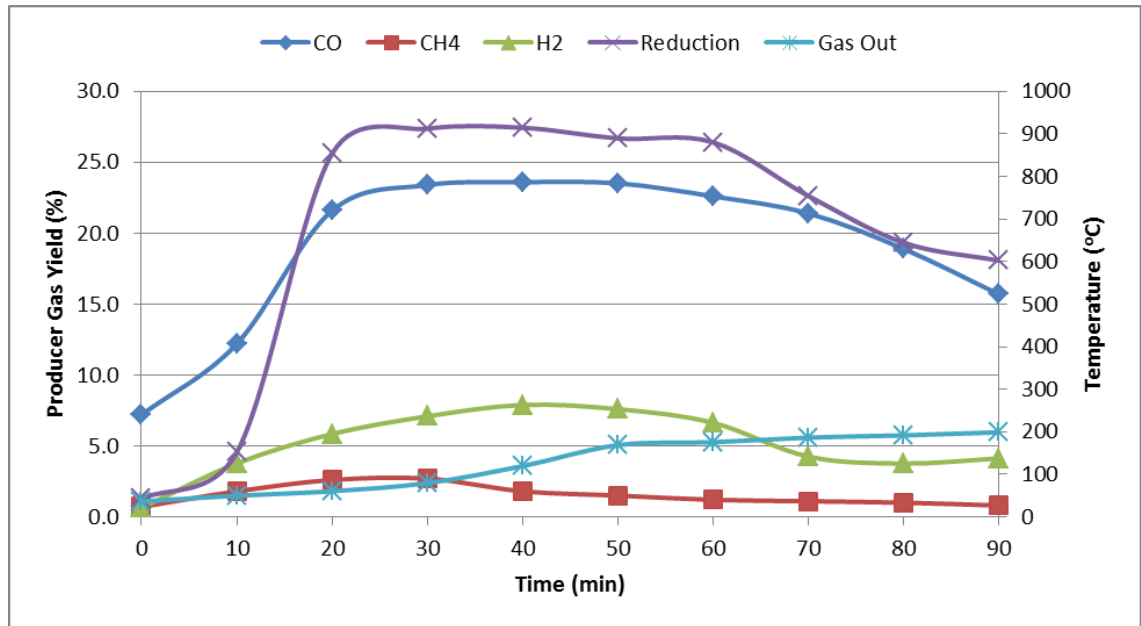
และประสิทธิภาพ Hot Gas Efficiency ได้ 81.22 % และเมื่อทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงครบ 90 นาที นำซังข้าวโพดที่อยู่ในห้องอบแห้งไปหาความชื้นพบว่า ซังข้าวโพดที่ผ่านการอบแห้งมีความชื้นเหลือเพียง 2.6 % wb



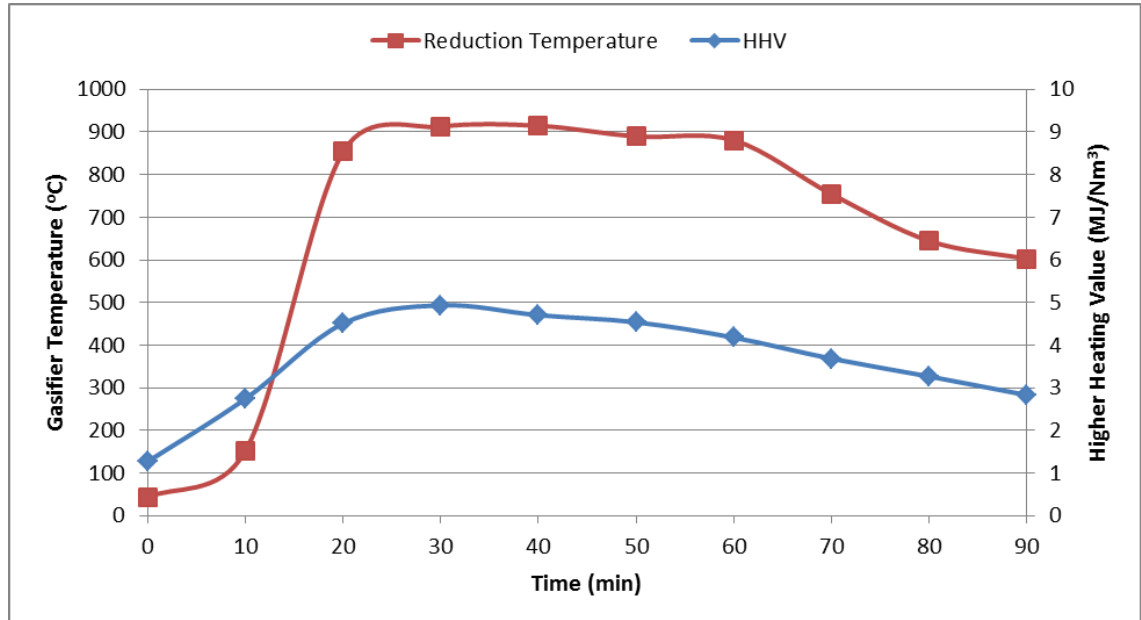
รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนสูงกับเวลาและอุณหภูมิชั้นรีดักชันที่ 900 °C ที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.03 L/min ในการอบแห้งครั้งที่ 1

ผลการทดลองอบแห้งครั้งที่ 2 พบว่า อัตราการไหลของอากาศเข้าภายในเตาเฉลี่ย $2.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ แก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีอุณหภูมิที่ทางออกของเตาเฉลี่ย 162.5 °C โดยผลของปริมาณแก๊สเชื้อเพลิงใกล้เคียงกับการทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.03 L/min แต่ผลจากการใช้เชื้อเพลิงที่มีความชื้นต่ำทำให้สามารถผลิตแก๊สได้นานขึ้น แก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีองค์ประกอบของคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน สูงสุดคิดเป็น 23.6, 7.89 และ 2.6 % ตามลำดับ และมีแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน ในช่วงผลิตแก๊สคงที่มีค่าเฉลี่ยคิดเป็น 22.9, 7.0 และ 2.0 % ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.21

จากการทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงเพื่อทำการอบแห้งซังข้าวโพดครั้งที่ 2 พบว่า ค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าสูงสุด 4.93 MJ/Nm³ และมีค่าเฉลี่ยตลอดช่วงผลิตแก๊สคงที่ 4.57 MJ/Nm³ แสดงในรูปที่ 4.22 โดยในการทดลองนี้สามารถคำนวณประสิทธิภาพ Cold Gas Efficiency ได้ 80.89 % และประสิทธิภาพ Hot Gas Efficiency ได้ 84.85 % และเมื่อทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงครบ 90 นาที นำซังข้าวโพดที่อยู่ในห้องอบแห้งไปหาความชื้นพบว่า ซังข้าวโพดที่ผ่านการอบแห้งมีความชื้นเหลือเพียง 1.5 % wb



รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบแก๊สเชื้อเพลิงกับเวลาและอุณหภูมิขั้นรีดักชันที่ 900 °C ที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.03 L/min ในการอบแห้งครั้งที่ 2



รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนสูงกับเวลาและอุณหภูมิขั้นรีดักชันที่ 900 °C ที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.03 L/min ในการอบแห้งครั้งที่ 2

การผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากขี้ข้าวโพดที่อุณหภูมิชั้นรีดักชัน 900°C ที่อัตราการฉีดไอน้ำ 0.03 L/min เพื่อใช้ลดความชื้นขี้ข้าวโพดทั้งสองครั้งพบว่า แก๊สเชื้อเพลิงมีอุณหภูมิก่อนเข้าห้องอบแห้งเฉลี่ย 162°C อุณหภูมิที่ทางออกห้องอบแห้งเฉลี่ย 63°C ทำการอบแห้งขี้ข้าวโพด 18.6 kg มีความชื้นเริ่มต้น $30\% \text{ wb}$ ใช้เวลาในการอบแห้ง 90 นาที สามารถอบแห้งขี้ข้าวโพดให้มีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยเพียง 2.0% และในการทดลองนี้สามารถคำนวณประสิทธิภาพในการอบแห้งได้เฉลี่ย 75.9%

จากผลการทดลองเปรียบเทียบการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงระหว่างการใช้ขี้ข้าวโพดที่ความชื้นปกติ ($12.8\% \text{ wb}$) และขี้ข้าวโพดที่ผ่านการอบแห้ง ($2.6\% \text{ wb}$) พบว่า แก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากขี้ข้าวโพดที่ผ่านการอบแห้งมีองค์ประกอบของคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน มีเทน และค่าความร้อนใกล้เคียงกับแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตจากขี้ข้าวโพดที่ความชื้นปกติ แต่การผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากขี้ข้าวโพดแห้งมีระยะเวลาในการผลิตแก๊สยาวนานกว่า จึงทำให้มีประสิทธิภาพในการผลิตแก๊ส Cold Gas Efficiency สูงขึ้น แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองผลิตแก๊สเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการอบแห้งขี้ข้าวโพด

No.	Avg. T_{in} ($^{\circ}\text{C}$)	Avg. T_{out} ($^{\circ}\text{C}$)	ความชื้น เริ่มต้น (%wb)	ความชื้น หลังอบ (%wb)	Drying Eff. (%)	Average HHV (MJ/Nm^3)	Cold Gas Eff. (%)
1	160	60	30	2.6	86.40	4.54	76.79
2	163	65	30	1.5	85.33	4.57	80.89