

บทที่ 4

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

จากผลศึกษาวิจัยเรื่องการผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากยูคาลิปตัสโดยแก๊สไฟเคชันด้วยไอน้ำแบบมีตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านหินลิกไนต์ สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

4.1 สรุปผลการทดลอง

4.1.1 การวิเคราะห์แบบประมาณ และแบบแยกธาตุ ของยูคาลิปตัส จี้อย และถ่านหินลิกไนต์

จากผลการวิเคราะห์แบบประมาณของยูคาลิปตัส และจี้อย พบว่ามีปริมาณสารระเหยได้ค่อนข้างสูง คือ ร้อยละ 78.66 และ 73.88 มีปริมาณเถ้าค่อนข้างต่ำ คือร้อยละ 3.53 และ 0.48 ส่วนผลการวิเคราะห์แบบแยกธาตุของยูคาลิปตัส และจี้อยพบว่ามีธาตุคาร์บอนร้อยละ 48.28 และ 45.87 ไฮโดรเจนร้อยละ 6.65 และ 6.73 ออกซิเจนร้อยละ 44.85 และ 46.97 ส่วนค่าความร้อนสูง ของยูคาลิปตัส และจี้อยมีค่า 4,221 และ 4,080 แคลอรีต่อกรัม จากข้อมูลเบื้องต้น พบว่าการที่ยูคาลิปตัส และจี้อยมีค่าความร้อนค่อนข้างสูงนั้น สอดคล้องกับปริมาณสารระเหยได้ เนื่องจากในเนื้อไม้ องค์ประกอบของสารอินทรีย์ ซึ่งเป็นส่วนที่สามารถเผาไหม้ได้ อีกทั้งในยูคาลิปตัส และจี้อยมีปริมาณเถ้าต่ำซึ่งในเถ้าจะมีองค์ประกอบเป็นสารอินทรีย์ ที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ จึงส่งผลให้ค่าความร้อนของยูคาลิปตัส และจี้อยนั้นมีค่าค่อนข้างสูง ดังนั้นถ้านำยูคาลิปตัส และจี้อยไปทำการแก๊สไฟเคชันมีแนวโน้มที่จะให้ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เป็นแก๊สค่อนข้างมาก

จากการวิเคราะห์ปริมาณกลุ่มสารของถ่านหินลิกไนต์ พบว่ามีปริมาณสารระเหยได้ปานกลางคือ ร้อยละ 56.92 เถ้าค่อนข้างสูง คือ ร้อยละ 22.40 ซึ่งอาจเนื่องมาจากแหล่งกำเนิดของถ่านหินเอง เนื่องจากในเถ้าประกอบด้วยสารอนินทรีย์ แร่ธาตุ รวมไปถึงสารประกอบของโลหะต่างๆ ซึ่งไม่สามารถเผาไหม้ได้ และจากผลการวิเคราะห์แบบแยกธาตุพบว่าถ่านหินลิกไนต์มีค่าคาร์บอนไม่สูงมากซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์แบบประมาณ ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนคงตัวในถ่านหินต่ำ และจากการวิเคราะห์ค่าความร้อนของถ่านหินพบว่าถ่านหินลิกไนต์มีค่าความร้อนสูงเท่ากับ 3,712 แคลอรีต่อกรัม

4.1.2 ปริมาณร้อยละของนิกเกิลในตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านหินลิกไนต์

จากการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านหินลิกไนต์ พบว่าการวิเคราะห์ปริมาณนิกเกิลในตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านหินลิกไนต์ด้วยวิธีเถ้า มีปริมาณนิกเกิล ร้อยละ 24.59 ซึ่งใกล้เคียงกับวิธีอะตอมิก แอ็บซอร์ปชัน (AAS) ที่วิเคราะห์ปริมาณนิกเกิลได้ ร้อยละ 26.97

4.1.3 ผลการทดสอบอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์

จากผลการทดลอง พบว่าระยะห่างจากตะแกรงในท่อปฏิกรณ์ที่มีอุณหภูมิใกล้เคียง 600 องศาเซลเซียสมากที่สุด คือ เหนือตะแกรงระยะ 2 เซนติเมตร ซึ่งอุณหภูมิที่ทำการทดลองค่อนข้างคงที่ เพราะฉะนั้นจึงต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยากับตัวเจือจางเบดรวมกันให้ได้ความสูงประมาณ 2 เซนติเมตร

4.1.4 ผลการทดสอบอุณหภูมิของเครื่องไล่สารระเหย (Devolatilizer)

จากผลการศึกษาทดสอบอุณหภูมิเครื่องระเหยที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส อัตราการให้ความร้อนเป็น 10 องศาเซลเซียสต่อนาที พบว่าเครื่องระเหยใช้เวลาประมาณ 70 นาที อุณหภูมิของเครื่องจึงจะถึงค่าที่ตั้งไว้โดยอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ซึ่งเป็นผลดีต่อการแกสซิฟิเคชัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการควบคุมอุณหภูมิคงที่ให้ได้มากที่สุดในการทำการทดลองแต่ละครั้ง

4.1.5 ผลการทดสอบอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic reactor) ที่ช่วงอุณหภูมิต่างๆ

ผลการทดสอบอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งที่ 500, 550, 600 และ 650 องศาเซลเซียส พบว่าเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งจะใช้เวลาในการที่เครื่องปฏิกรณ์มีอุณหภูมิถึงค่าที่ตั้งไว้แตกต่างกัน คือ 10, 13, 17 และ 23 นาที ตามลำดับ โดยอุณหภูมิของเครื่องมีการเปลี่ยนแปลงไปจากค่าที่ตั้งไว้เล็กน้อย ซึ่งอุณหภูมิจึงมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาในกระบวนการแตกต่างกันทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความแตกต่างกันด้วย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ให้ได้มากที่สุดเพื่อการทดลองแต่ละครั้งมีประสิทธิภาพในการผลิตแก๊สได้ดีที่สุด

4.2 ผลการศึกษาการผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากยูคาลิปตัสโดยแกสซิฟิเคชันด้วยไอน้ำแบบมีตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านหินลิกไนต์

4.2.1 ผลการทดลองการแกสซิฟิเคชันของยูคาลิปตัสโดยการใช้ และไม่ใช้ไอน้ำแบบไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านหินลิกไนต์

จากผลการทดลอง พบว่าการป้อนไอน้ำเข้าไปในกระบวนการแกสซิฟิเคชันของยูคาลิปตัส มีผลทำให้องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์แก๊สรวมเพิ่มขึ้นมากกว่าการที่ไม่ใช้ไอน้ำ เนื่องจากไอน้ำเป็นแหล่งสำคัญ ที่ช่วยในการผลิตไฮโดรเจนในกระบวนการ Steam gasification

4.2.2 ผลการทดลองการแกสซิฟิเคชันของยูคาลิปตัสโดยการใช้ และไม่ใช้ไอน้ำแบบมีตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านหินลิกไนต์ และผลของตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านหินลิกไนต์โดยไม่มียูคาลิปตัส

จากผลการทดลอง เมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านหินลิกไนต์ และมีการป้อนไอน้ำในกระบวนการแกสซิฟิเคชันของยูคาลิปตัส พบว่าองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์แก๊สรวม เพิ่มขึ้นมากกว่า การที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโดยไม่ป้อนไอน้ำ เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านหินลิกไนต์ ช่วยในการแตกตัวของทาร์ และไฮโดรคาร์บอนต่างๆ ให้เป็นผลิตภัณฑ์แก๊สได้มากขึ้น

4.3 ผลการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากยูคาลิปตัส โดยแกสซิฟิเคชันด้วยไอน้ำแบบมีตัวเร่งปฏิกิริยา

4.3.1 ผลการศึกษาอุณหภูมิต่อองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิด

จากการทดลอง พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ จาก 500 เป็น 650 องศาเซลเซียส ปริมาณไฮโดรเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนคาร์บอนมอนอกไซด์มีแนวโน้มที่ลดลง อาจเกิดจากอิทธิพลของปฏิกิริยา Water-gas shift เนื่องจากเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเกิดไปข้างหน้า และเกิดได้ดีที่อุณหภูมิสูง จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยา Water-gas shift คือ ไฮโดรเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

4.3.2 ผลการศึกษาอุณหภูมิที่มีผลต่อการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด

จากการทดลองพบว่าเมื่ออุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์จาก 500 เป็น 650 องศาเซลเซียส ปริมาณชาร์ค่อนข้างคงที่ ปริมาณแก๊สเพิ่มขึ้น และทาร์ลดลง เนื่องจากเกิดการแตกตัวไปเป็นผลิตภัณฑ์แก๊สได้มากขึ้นที่อุณหภูมิสูงขึ้น

4.3.3 ผลการศึกษาอุณหภูมิที่มีผลต่ออัตราส่วนร้อยละโดยโมลของ H_2/CO และ ผลรวมของ H_2+CO

จากการทดลอง พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น มีผลทำให้อัตราส่วนร้อยละโดยโมลของ H_2/CO มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับผลรวมของ H_2+CO เนื่องจาก เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ไฮโดรคาร์บอนและทาร์สามารถแตกตัวไปเป็นไฮโดรเจนได้เพิ่มขึ้น

4.3.4 ผลของอุณหภูมิต่อร้อยละสารป้อนที่ทำปฏิกิริยาไปของยูคาลิปตัส และร้อยละผลิตภัณฑ์ที่ได้ต่อสารป้อนที่ทำปฏิกิริยาไปของผลิตภัณฑ์แก๊ส

จากการทดลอง จะเห็นได้ว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 500 เป็น 650 องศาเซลเซียส ร้อยละสารป้อนที่ทำปฏิกิริยาไปของยูคาลิปตัสมีค่าค่อนข้างคงที่ ส่วนร้อยละผลิตภัณฑ์ที่ได้ต่อสารป้อนที่ทำปฏิกิริยาไปของไฮโดรเจน มีค่าสูงสุดที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 61.94

4.4 ผลการศึกษาการหาอัตราส่วนโดยมวลของยูคาลิปตัสต่อตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมในการผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากยูคาลิปตัส โดยแก๊สฟิเคชันด้วยไอน้ำแบบมีตัวเร่งปฏิกิริยา

4.4.1 ผลการศึกษาอัตราส่วนโดยมวลของยูคาลิปตัสต่อตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านหินลิกไนต์ที่มีต่อองค์ประกอบของแก๊สผลิตภัณฑ์

จากผลการทดลอง พบว่าอัตราส่วนโดยมวลของยูคาลิปตัสต่อตัวเร่งปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้นจาก 1:1 เป็น 1:5 มีผลทำให้ปริมาณไฮโดรเจนเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 46.68 เป็น 64.48 โดยอัตราส่วนที่สามารถให้ผลิตภัณฑ์แก๊สไฮโดรเจนมากที่สุด คือ อัตราส่วนของยูคาลิปตัสต่อตัวเร่งปฏิกิริยาที่ 1:5 เนื่องจากการเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านหินลิกไนต์ จะทำให้ตำแหน่งที่ถูกกระตุ้นมีมากขึ้น จึงทำให้ได้ผลิตภัณฑ์แก๊สไฮโดรเจนเพิ่มขึ้น

4.4.2 ผลของอัตราส่วนโดยมวลของยูคาลิปตัสต่อตัวเร่งปฏิกิริยา ที่มีผลต่อการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์

จากการทดลอง พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วนโดยมวลของยูคาลิปตัสต่อตัวเร่งปฏิกิริยาจาก 1:1 เป็น 1:5 มีผลทำให้ปริมาณทาร์ลดลง และปริมาณแก๊สเพิ่มขึ้น เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้น จะช่วยในการแตกตัวของทาร์ และสารไฮโดรคาร์บอนให้เปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์แก๊สเพิ่มขึ้น

4.4.3 ผลการศึกษาอัตราส่วนโดยมวลของยูคาลิปตัสต่อตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านหินลิกไนต์ ที่มีผลต่ออัตราส่วนร้อยละโดยโมลของ H_2/CO และผลรวมของ H_2+CO

จากผลการทดลอง พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนโดยมวลของยูคาลิปตัสต่อตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านหินลิกไนต์จาก 1:1 เป็น 1:5 มีผลทำให้อัตราส่วนร้อยละโดยโมลของ H_2/CO เพิ่มขึ้นจาก 1.24 เป็น 1.96 และผลรวมของ H_2+CO มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งที่อัตราส่วนโดยมวลของยูคาลิปตัสต่อตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านหินลิกไนต์ที่ 1:5 นั้นมีอัตราส่วนร้อยละโดยโมลของ H_2/CO และผลรวมของ H_2+CO มากที่สุด

4.4.4 ผลของอัตราส่วนโดยมวลของยูคาลิปตัสต่อตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านหินลิกไนต์ ต่อร้อยละสารป้อนที่ทำปฏิกิริยาไปของยูคาลิปตัส และร้อยละผลิตภัณฑ์ที่ได้ต่อสารป้อนที่ทำปฏิกิริยาไปของผลิตภัณฑ์แก๊ส

จากผลการทดลอง พบว่า ร้อยละสารป้อนที่ทำปฏิกิริยาไปของยูคาลิปตัสมีค่าค่อนข้างคงที่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนโดยมวลของยูคาลิปตัสต่อตัวเร่งปฏิกิริยา ส่วนร้อยละสารป้อนที่ทำปฏิกิริยาไปของไฮโดรเจนที่อัตราส่วนโดยมวลของยูคาลิปตัสต่อตัวเร่งปฏิกิริยาเท่ากับ 1:5 มีปริมาณมากที่สุดคือ ร้อยละ 85.56

4.5 ผลการศึกษาอัตราการป้อนไอน้ำที่เหมาะสมในการผลิตไฮโดรเจนจากยูคาลิปตัสโดยแกสซิฟิเคชันด้วยไอน้ำแบบมีตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านหินลิกไนต์

4.5.1 ผลการศึกษาอัตราการป้อนไอน้ำต่อองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิด

จากผลการทดลอง พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการป้อนไอน้ำจาก 16 เป็น 30 กิโลปาสกาล มีผลทำให้ปริมาณของไฮโดรเจนสูงขึ้น และคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลง เนื่องจากไอน้ำเป็นแหล่งใหญ่ที่ใช้ในกระบวนการ Steam gasification ดังนั้น เมื่อเพิ่มอัตราการป้อนไอน้ำจึงทำให้เกิดไฮโดรเจนเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่ถ้าป้อนไอน้ำมากเกินไป จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์แก๊สลดลง

4.5.2 ผลการศึกษาอัตราการป้อนไอน้ำต่อร้อยละการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด

จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราการป้อนไอน้ำจาก 16 เป็น 45 กิโลปาสกาล ทำให้ปริมาณแก๊สเพิ่มขึ้น และทาร์ลดลง เนื่องจากปริมาณไอน้ำที่เพิ่มขึ้น อาจส่งผลให้เกิดการแตกตัวของไฮโดรคาร์บอน และทาร์เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะไอน้ำ เป็นแหล่งผลิตของไฮโดรเจนในกระบวนการต่างๆ ของ Steam gasification

4.5.3 ผลการศึกษาอัตราการป้อนไอน้ำที่มีผลต่ออัตราส่วนร้อยละโดยโมลของ H_2/CO และผลรวมของ H_2+CO

จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราการป้อนไอน้ำ จาก 16 เป็น 30 กิโลปาสคาลนั้น มีผลทำให้อัตราส่วนร้อยละโดยโมลของ H_2/CO เพิ่มขึ้นจาก 0.65 เป็น 1.24 ส่วนผลรวมของ H_2+CO มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 49.46 เป็น 59.75 แต่เมื่อเพิ่มอัตราการป้อนไอน้ำเป็น 45 กิโลปาสคาล กลับทำให้อัตราส่วนร้อยละโดยโมลของ H_2/CO และ H_2+CO ลดลง ซึ่งอาจเนื่องมาจากปริมาณไอน้ำที่มากเกินไป อาจจะไปดูดความร้อนออกจากระบบทำให้อุณหภูมิในเครื่องปฏิกรณ์ลดลง จึงสามารถสรุปได้ว่า อัตราการป้อนไอน้ำที่เหมาะสมในการผลิตไฮโดรเจนจากยูคาลิปตัสโดยแกสซิเฟชันด้วยไอน้ำ แบบมีตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านหินลิกไนต์ คือ 30 กิโลปาสคาล

4.5.4 ผลของอัตราการป้อนไอน้ำของยูคาลิปตัสต่อตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่อร้อยละสารป้อนที่ทำปฏิกิริยาไปของยูคาลิปตัส และร้อยละผลิตภัณฑ์ที่ได้ต่อสารป้อนที่ทำปฏิกิริยาไปของผลิตภัณฑ์แก๊ส

จากการทดลอง พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราการป้อนไอน้ำจาก 16 เป็น 45 กิโลปาสคาล ร้อยละสารป้อนที่ทำปฏิกิริยาไปของยูคาลิปตัส นั้นมีค่าค่อนข้างคงที่ ส่วนร้อยละผลิตภัณฑ์ที่ได้ต่อสารป้อนที่ทำปฏิกิริยาไปของผลิตภัณฑ์แก๊สไฮโดรเจนมีค่าสูงสุดที่ 30 กิโลปาสคาล โดยมีปริมาณไฮโดรเจนร้อยละ 61.94 ซึ่งแสดงว่า อัตราการป้อนไอน้ำที่เหมาะสมในการผลิตไฮโดรเจนได้มากที่สุด คือ 30 กิโลปาสคาล

4.6 ผลการศึกษาการเปรียบเทียบชนิดของชีวมวลในการผลิตไฮโดรเจนโดยแกสซิเฟชันด้วยไอน้ำแบบมีตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านหินลิกไนต์

4.6.1 ผลการศึกษาการเปรียบเทียบชนิดของชีวมวลที่มีผลต่อองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์แก๊ส

จากผลการทดลอง พบว่าชีวมวลมีปริมาณไฮโดรเจนสูงกว่ายูคาลิปตัส แต่เมื่อนำยูคาลิปตัสกับชีวมวลมาผสมกัน กลับพบว่าปริมาณไฮโดรเจนลดลง ซึ่งอาจเนื่องมาจากองค์ประกอบต่างๆ ที่อยู่ในเนื้อไม้ที่ต่างชนิดกัน มีปริมาณไม่เท่ากัน ซึ่งจะเห็นได้ว่า เมื่อได้รับความร้อน สารระเหยได้ของยูคาลิปตัสจะออกมาก่อนชีวมวล จึงอาจจะไปขัดขวาง และทำให้เข้าไปปฏิกิริยากับตัวเร่งปฏิกิริยาได้ไม่เต็มที่ จึงส่งผลให้ปริมาณแก๊สที่ได้ลดลง

4.6.2 ผลการศึกษาการเปรียบเทียบชนิดของชีวมวลที่มีผลต่อร้อยละการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด

จากผลการทดลอง พบว่าปริมาณคาร์บอนของชีวมวล มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนปริมาณผลิตภัณฑ์แก๊ส และทาร์ของชี้อยู่กับยูคาลิปตัสมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ยูคาลิปตัสผสมชี้อยู่ มีปริมาณแก๊สต่ำกว่า และทาร์สูงกว่าของชี้อยู่ และยูคาลิปตัส

4.6.3 ผลการศึกษาการเปรียบเทียบชนิดของชีวมวลที่มีผลต่ออัตราส่วนร้อยละโดยโมลของ H_2/CO และผลรวมของ H_2+CO

จากผลการทดลอง พบว่าชี้อยู่มีอัตราส่วนโดยมวลของ H_2/CO สูงที่สุดคือ 1.63 เนื่องจาก ปริมาณของไฮโดรเจนค่อนข้างสูง และปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ค่อนข้างต่ำ จึงส่งผลให้เมื่อคิดเป็นอัตราส่วนของ H_2/CO และผลรวมของ H_2+CO แล้ว ชี้อยู่มีค่าสูงกว่ายูคาลิปตัส และยูคาลิปตัสผสมชี้อยู่

4.6.4 ผลการศึกษาการเปรียบเทียบชนิดของชีวมวลต่อร้อยละสารป้อนที่ทำปฏิกิริยาไปของยูคาลิปตัส และร้อยละผลิตภัณฑ์ที่ได้ต่อสารป้อนที่ทำปฏิกิริยาไปของผลิตภัณฑ์แก๊ส

จากการทดลอง พบว่า ร้อยละสารป้อนที่ทำปฏิกิริยาไปของชีวมวลนั้น มีค่าใกล้เคียงกัน และร้อยละผลิตภัณฑ์ที่ได้ต่อสารป้อนที่ทำปฏิกิริยาไปของผลิตภัณฑ์แก๊สไฮโดรเจนของชี้อยู่มีค่าสูงที่สุด คือร้อยละ 72.19 และมีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ต่ำที่สุด คือร้อยละ 47.81

4.7 ผลการศึกษานำตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านหินลิกไนต์มาใช้ซ้ำเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา

4.7.1 ผลการศึกษานำตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านหินลิกไนต์มาใช้ซ้ำที่มีผลต่อองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์แก๊ส

จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อนำตัวเร่งปฏิกิริยามาใช้ซ้ำนั้น ทำให้ปริมาณของไฮโดรเจน และคาร์บอนมอนอกไซด์ ลดลง อาจเนื่องมาจาก การเกาะติดของคาร์บอน บนพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งอาจไปขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ของแก๊สฟิเคชัน จึงทำให้ปริมาณของผลิตภัณฑ์แก๊สลดลง

4.7.2 ผลการศึกษาการนำตัวเร่งปฏิกิริยามาใช้ซ้ำที่มีผลต่อร้อยละการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์

จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อนำตัวเร่งปฏิกิริยามาใช้ซ้ำ มีผลทำให้ปริมาณทาร์ค่อนข้างสูง อาจเนื่องมาจากการรับคาร์บอนไปเกาะที่พื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านหินลิกไนต์ จึงทำให้ไม่สามารถทำให้ทาร์แตกตัวได้มากนัก จึงส่งผลให้ปริมาณแก๊สได้น้อยลง ตามไปด้วย

4.7.3 ผลการศึกษาการนำตัวเร่งปฏิกิริยามาใช้ซ้ำที่มีผลต่ออัตราส่วนร้อยละโดยมวลของ H_2/CO และผลรวมของ H_2+CO

จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อนำตัวเร่งปฏิกิริยามาใช้ซ้ำ มีผลทำให้ อัตราส่วนร้อยละโดยมวลของ H_2/CO และผลรวมของ H_2+CO ลดลง เนื่องจากปริมาณไฮโดรเจน และคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ลดลง จึงส่งผลให้อัตราส่วนร้อยละโดยมวลของ H_2/CO และผลรวมของ H_2+CO ลดลงตามไปด้วย

4.7.4 ผลการศึกษาการนำตัวเร่งปฏิกิริยามาใช้ซ้ำต่อร้อยละสารป้อนที่ทำปฏิกิริยาไปของยูคาลิปตัส และร้อยละผลิตภัณฑ์ที่ได้ต่อสารป้อนที่ทำปฏิกิริยาไปของผลิตภัณฑ์แก๊ส

จากผลการทดลอง พบว่า ร้อยละสารป้อนที่ทำปฏิกิริยาไปของยูคาลิปตัสมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนร้อยละผลิตภัณฑ์ที่ได้ต่อสารป้อนที่ทำปฏิกิริยาไปของผลิตภัณฑ์แก๊สนั้น มีปริมาณไฮโดรเจนค่อนข้างต่ำ คือ ร้อยละ 59.64 ซึ่งอาจเนื่องมาจาก มีคาร์บอนไปเกาะที่พื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาจึงทำให้ปฏิกิริยาต่างๆ เกิดได้ไม่มากนัก

4.8 ผลการศึกษาแนวโน้มของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส โดยการแกสลิฟเคชันของยูคาลิปตัสด้วยไอน้ำ แบบมีตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านหินลิกไนต์

4.8.1 ผลการศึกษาแนวโน้มองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์แก๊สที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส

จากผลการทดลอง พบว่า ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์แก๊สไฮโดรเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนคาร์บอนมอนอกไซด์ มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากอิทธิพลของปฏิกิริยา Water-gas shift ซึ่งเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ จะทำให้เกิดปฏิกิริยาดูดความร้อนได้ดีขึ้น จึงทำให้ปริมาณไฮโดรเจนสูงขึ้น

4.8.2 ผลการศึกษาแนวโน้มของอุณหภูมิที่มีผลต่อการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด

จากการทดลอง พบว่าที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ปริมาณของผลิตภัณฑ์แก๊สเพิ่มขึ้น และปริมาณทาร์ลดลง เนื่องจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ทำให้ทาร์ และไฮโดรคาร์บอนอื่นๆ สามารถแตกตัวได้เพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์แก๊สเพิ่มขึ้น

4.8.3 ผลการศึกษาแนวโน้มของอุณหภูมิที่มีผลต่ออัตราส่วนร้อยละโดยโมลของ H_2/CO และผลรวมของ H_2+CO

จากการทดลอง พบว่าที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส อัตราส่วนร้อยละโดยโมลของ H_2/CO และผลรวมของ H_2+CO มีปริมาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากอิทธิพลของปฏิกิริยา Water-gas shift ที่ส่งผลให้ได้ปริมาณแก๊สไฮโดรเจนสูงขึ้น และปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลง

4.8.4 ผลการศึกษาแนวโน้มของอุณหภูมิที่ 700 องศาเซลเซียสที่มีผลต่อร้อยละสารป้อนที่ทำปฏิกิริยาไปของยูคาลิปตัส และร้อยละผลิตภัณฑ์ที่ได้ต่อสารป้อนที่ทำปฏิกิริยาไปของผลิตภัณฑ์แก๊ส

จากผลการทดลอง พบว่าที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ร้อยละสารป้อนที่ทำปฏิกิริยาไปของยูคาลิปตัส มีค่าค่อนข้างคงที่ ส่วนร้อยละสารป้อนที่ทำปฏิกิริยาไปของผลิตภัณฑ์แก๊สมีปริมาณไฮโดรเจนสูงที่สุด คือ ร้อยละ 65.75 และมีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ต่ำที่สุด คือร้อยละ 44.53 ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องจากอิทธิพลของปฏิกิริยา Water-gas shift

จากผลการทดลองทั้งหมดสรุปได้ว่าสถานะที่ให้ปริมาณแก๊สไฮโดรเจนจากยูคาลิปตัสโดยแก๊สเฟสด้วยไอน้ำแบบมีตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านหินลิกไนต์ได้มากที่สุด คือที่อุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์เท่ากับ 650 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนโดยมวลของยูคาลิปตัสต่อตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลบนถ่านหินลิกไนต์เป็น 1:5 โดยมีค่าอัตราส่วนร้อยละโดยโมลของ H_2/CO ได้มากที่สุดที่ 1.96

จากรายงานการวิจัยพบว่าแก๊สสังเคราะห์ที่มีอัตราส่วนของ H_2/CO ค่อนข้างต่ำประมาณ 1.5-2.0 สามารถนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตเมทานอลหรือเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนได้ แก๊สสังเคราะห์ที่มีอัตราส่วน H_2/CO ปานกลางประมาณ 2.87 – 4.45 สามารถนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตไดเมทิลอีเทอร์^{[17],[19]} และแก๊สสังเคราะห์ที่มีอัตราส่วน H_2/CO ค่อนข้างสูงแสดงว่าแก๊สสังเคราะห์มีปริมาณของไฮโดรเจนมากและค่อนข้างบริสุทธิ์สามารถนำไปใช้ในการผลิตเป็นเซลล์เชื้อเพลิงได้

4.9 ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาความเป็นไปได้ในการนำชีวมวลชนิดอื่นมาใช้ในการผลิตแก๊สไฮโดรเจน
2. ศึกษาการผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากยูคาลิปตัสโดยแกสซิฟเคชันด้วยไอน้ำแบบมีตัวเร่งปฏิกิริยาโดยใช้วิธีการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาแบบอื่น เช่น วิธีการเคลือบฝัง หรือใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดอื่น เช่น $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$, Ni/MgO หรือ $\text{Ni}/\text{Dolomite}$ เป็นต้น เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพและผลิตภัณท์ที่ได้
3. ปรับปรุงกระบวนการในการผลิตแก๊สไฮโดรเจนให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น โดยนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปประยุกต์ใช้โดยอาจเปลี่ยนแปลงสภาวะที่ทำการทดลองหรือนำไปประยุกต์กับเครื่องปฏิกรณ์แบบต่างๆ เช่น ฟลูอิดไคซ์เบด ฟลูอิดไคซ์เบดแบบหมุนเวียน เป็นต้น
4. พัฒนาและคิดค้นการผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากชีวมวลโดยการแกสซิฟเคชันด้วยไอน้ำแบบมีตัวเร่งปฏิกิริยาโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีราคาถูก
5. พัฒนาให้ผลิตภัณท์แก๊สที่ได้ มีความบริสุทธิ์สูงขึ้น สามารถนำไปใช้เป็นแก๊สเชื้อเพลิงได้โดยตรง และพัฒนาให้สามารถใช้ได้กับชุมชน