บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองผลิตเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งจากชีวมวลด้วยเครื่องอัดที่มีขายตามท้องตลาด (ตัวส่งกำลังขนาด 10 แรงม้า) โดยใช้ส่วนของลำต้นสบู่ดำผสมกับวัสดุชีวมวลอื่นๆ อันได้แก่ ซังข้าวโพด กากมันสำปะหลัง ชานอ้อย และแกลบ โดยการใช้ตัวประสาน 2 ชนิด คือ ตัวประสานที่เป็นแป้งเปียก และตัวประสานที่เป็นกากน้ำตาล ซึ่งจะศึกษาถึงอิทธิพลของสัดส่วนของตัวประสาน และอิทธิพลของสัดส่วนของวัตถุดิบ นอกจากนี้ยังทำการทดลองผลิตแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลโดยเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่ทำการออกแบบสร้างขึ้นใหม่ (ตัวส่งกำลังขนาด 5 แรงม้า) รวมถึงศึกษาลักษณะรูปร่างของแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิง สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1.1 อิทธิพลของสัดส่วนตัวประสานแป้งเปียก

1. สัดส่วนของวัตถุดิบต่อตัวประสานแป้งเปียกที่ทำให้สามารถอัดขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงได้มีเพียงสองสัดส่วนเท่านั้น คือ 85 : 15 และ 80 : 20 สำหรับที่สัดส่วนการผสมอื่นนั้นวัตถุดิบกับตัวประสานจะไม่จับตัวเป็นก้อนจึงไม่สามารถอัดขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงได้
2. ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงแปรผกผันกับสัดส่วนตัวประสานแป้งเปียกต่อน้ำหนักวัตถุดิบนั่นคือเมื่อผสมตัวประสานมากขึ้นค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงจะลดลง โดยที่ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงมีค่าระหว่าง 11.918 – 14.574 MJ/kg
3. การเพิ่มสัดส่วนตัวประสานแป้งเปียกต่อน้ำหนักวัตถุดิบ จะทำให้ค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงมีค่าลดลง และจะส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงมีค่าลดลงตามไปด้วย โดยที่ค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงมีค่าระหว่าง 1142-1443 kg/m^3 และความต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงมีค่าระหว่าง 0.722 – 1.205 MPa

5.1.2 อิทธิพลของสัดส่วนตัวประสานกากน้ำตาล

1. สัดส่วนของวัตถุดิบต่อตัวประสานกากน้ำตาลที่ทำให้สามารถอัดขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงได้มีเพียงสองสัดส่วนเท่านั้น คือที่ 85 : 15 และ 80 : 20 เช่นเดียวกันกับกรณีตัวประสานแป้งเปียก สำหรับที่สัดส่วนการผสมอื่นนั้นวัตถุดิบกับตัวประสานจะไม่จับตัวเป็นก้อน จึงไม่สามารถอัดขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงได้

2. สำหรับค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงแปรผกผันกับสัดส่วนตัวประสานกากน้ำตาลต่อน้ำหนักวัตถุดิบนั่นคือ เมื่อผสมตัวประสานกากน้ำตาลมากขึ้นค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงจะลดลงซึ่งมีลักษณะเดียวกันกับตัวประสานแป้งเปียก โดยที่ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงนั้นมีค่าระหว่าง 11.538 – 14.255 MJ/kg
3. การเพิ่มสัดส่วนตัวประสานกากน้ำตาลต่อน้ำหนักของวัตถุดิบ จะทำให้ค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงมีค่าลดลงแต่จะทำให้ความต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงมีค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจากการทดลองพบว่าค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงที่ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 1293-1565 kg/m^3 และความต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงมีค่าอยู่ระหว่าง 1.676-2.35 MPa

5.1.3 อิทธิพลของสัดส่วนวัตถุดิบ

1. ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงจะลดลงตามสัดส่วนที่ลดลงของวัตถุดิบชีวมวล ทั้งในกรณีที่ใช้แป้งเปียกและกากน้ำตาลเป็นตัวประสาน นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงจะแปรผันตามสัดส่วนของวัตถุดิบที่มีค่าความร้อนสูง โดยในกรณีที่ใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสานแท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากการผสมสบู่ดำต่อซังข้าวโพดต่อแป้งเปียกในสัดส่วน 75 : 10 : 15 จะมีค่าความร้อนสูงที่สุด ค่าความร้อนที่ได้ คือ 14.574 MJ/kg สำหรับกรณีที่ใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสานนั้นแท่งเชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนสูงสุดได้จากการผสมสบู่ดำต่อซังข้าวโพดต่อกากน้ำตาลในสัดส่วน 75 : 10 : 15 เช่นกัน ค่าความร้อนที่ได้ คือ 14.255 MJ/kg
2. ในกรณีของตัวประสานแป้งเปียกการเพิ่มสัดส่วนของวัตถุดิบชีวมวลจะทำให้ความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงมีค่าสูงขึ้น และค่าความต้านทานแรงกดจะสูงขึ้นด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงจะแปรผันตามสัดส่วนของวัตถุดิบที่มีความหนาแน่นสูงด้วย แท่งเชื้อเพลิงที่มีค่าความหนาแน่นสูงสุดได้จากการผสมสบู่ดำต่อซังข้าวโพดต่อแป้งเปียกในสัดส่วน 45 : 40 : 15 ค่าความหนาแน่นที่ได้ คือ 1443 kg/m^3 แท่งเชื้อเพลิงที่มีค่าความต้านทานแรงกดสูงสุดได้จากการผลิตโดยผสมสบู่ดำต่อซังข้าวโพดต่อแป้งเปียกในสัดส่วน 45 : 40 : 15 และสำหรับค่าความต้านทานแรงกดที่ได้ คือ 1.205 MPa
3. ในกรณีของตัวประสานกากน้ำตาลการลดสัดส่วนของวัตถุดิบชีวมวลจะทำให้ความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงมีค่าลดลงในขณะที่ค่าความต้านทานแรงกดจะสูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบอีกว่าค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงจะแปรผันตามสัดส่วนของวัตถุดิบที่มีความหนาแน่นสูงเช่นเดียวกันกับกรณีของตัวประสานแป้งเปียก แท่งเชื้อเพลิงที่มีค่าความต้านทานแรงกดสูงสุดได้จากการผสมสบู่ดำต่อซังข้าวโพดต่อกากน้ำตาลในสัดส่วน 45 : 40 : 15 ค่าความหนาแน่นที่ได้ คือ 1565 kg/m^3 แต่สำหรับแท่งเชื้อเพลิงที่มีค่าความต้านทานแรงกดสูงสุดได้จากการผสมสบู่ดำต่อซังข้าวโพดต่อกากน้ำตาลในสัดส่วน 40 : 40 : 20 ค่าความต้านทานแรงกดที่ได้ คือ 2.46 MPa

5.1.4 การเปรียบเทียบระหว่างตัวประสานแป้งเปียก และกากน้ำตาล

การใช้ตัวประสานทั้งสองชนิดในการทดลองจะมีความแตกต่างกันในด้านต่างๆ ทั้งค่าความร้อน ความหนาแน่น และค่าความต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิง ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบที่สัดส่วนการผสมเดียวกัน แท่งเชื้อเพลิงที่ใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสานจะมีค่าความร้อนสูงกว่าแท่งเชื้อเพลิงที่ใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสาน ในขณะที่แท่งเชื้อเพลิงที่ใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสานจะมีค่าความหนาแน่น และค่าความต้านทานแรงกดสูงกว่าแท่งเชื้อเพลิงที่ใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน ทั้งนี้ในการเลือกใช้ตัวประสานใดในการผลิตแท่งชีวมวลควรคำนึงถึงวัตถุประสงค์การใช้งานที่ต้องการ เช่น ถ้าต้องการค่าความร้อนสูงก็ควรใช้ตัวประสานแป้งเปียก ถ้าต้องการให้แท่งเชื้อเพลิงแข็งแรงมีระยะเวลาการเผาไหม้นานแต่ไม่ต้องการความร้อนสูงก็ควรเลือกใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสาน แต่หากคำนึงถึงทางด้านความคุ้มค่าแล้วสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงคือสบู่ดำต่อซังข้าวโพดต่อแป้งเปียกเป็น 65 : 20 : 15 เนื่องจากซังข้าวโพดสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ ได้ ทำให้มีราคาซื้อขายกันในท้องตลาดในขณะที่สบู่ดำยังไม่มีการซื้อขายเพื่อนำไปใช้ประโยชน์จึงเน้นสัดส่วนของสบู่ดำเป็นหลัก และการเลือกใช้ตัวประสานแป้งเปียกเพราะตัวประสานโมลาสมีราคาสูงกว่าแป้งเปียกมาก และสัดส่วนดังกล่าวนี้ยังมีค่าความร้อนและค่าความต้านทานแรงกดสูงกว่าค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ฉบับที่ 657/2547)

5.2 การทดสอบสมรรถนะเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงที่สร้างขึ้น

จากผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงที่ได้ออกแบบสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพในการทำงานถึง 88 % และเมื่อเปรียบเทียบค่าความร้อน ค่าความหนาแน่น และค่าความต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตโดยเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงที่สร้างขึ้นใหม่นี้กับแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตโดยใช้เครื่องอัดที่มีขายตามท้องตลาดทั่วไป จะพบว่าค่าต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น มีค่าใกล้เคียงกัน และสูงกว่าค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ฉบับที่ 657/2547) ซึ่งกำหนดค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงไว้ที่ไม่ต่ำกว่า 2.5 MJ/kg และมีค่าความต้านทานแรงกดไม่ต่ำกว่า 0.375 MPa และจากการที่ตัวส่งกำลังของเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงทั้งสองแตกต่างกัน คือ เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงที่สร้างขึ้นใหม่ใช้ตัวส่งกำลังขนาด 5 แรงม้า ส่วนเครื่องอัดที่มีขายตามท้องตลาดทั่วไปใช้ตัวส่งกำลังขนาด 10 แรงม้า ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ในการผลิตแท่งเชื้อเพลิง จะพบว่าการผลิตแท่งเชื้อเพลิงด้วยเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงที่สร้างขึ้นใหม่จะใช้พลังงานน้อยกว่า โดยที่เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงที่สร้างขึ้นใหม่มีค่าดัชนีการใช้พลังงาน (Specific Energy Consumption) เป็น 0.104 kWh/kg สำหรับเครื่องอัดที่มีขายตามท้องตลาดทั่วไปมีค่าดัชนีการใช้พลังงาน 0.125 kWh/kg นอกจากประโยชน์ในด้านของการประหยัดพลังงานในการผลิตแล้ว เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงที่สร้างขึ้นใหม่นี้ยังมีราคาถูกกว่า และมีขนาดเล็กกว่า

เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงที่มีขายตามท้องตลาดทั่วไปจึงสามารถสร้างได้ด้วยต้นทุนที่ไม่สูงนัก และสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก

5.3 การศึกษารูปร่างลักษณะของแท่งเชื้อเพลิงที่เหมาะกับการนำนำไปใช้ในเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิง

แท่งเชื้อเพลิงที่ผ่านการอัดขึ้นรูปเป็นทรงกระบอก และมีช่องให้อากาศไหลผ่านตรงกลางเป็นแท่งเชื้อเพลิงที่เหมาะกับการนำไปใช้ในแก๊สซิไฟเออร์เนื่องจากมีความหนาแน่นสูงและเกิดการเผาไหม้ได้ดีทำให้มีค่า Gasification Efficiency สูงกว่าแท่งเชื้อเพลิงลักษณะอื่นๆ สำหรับลักษณะของเชื้อเพลิงที่ไม่เหมาะจะนำไปใช้ในเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิง คือ เชื้อเพลิงที่มีลักษณะเป็นท่อนไม้สับเป็นชิ้นเล็กๆ เนื่องจากมีความหนาแน่นต่ำ และมีช่องว่างระหว่างเชื้อเพลิงน้อย เกิดการเผาไหม้ที่ไม่ดีทำให้เกิดทาร์และฝุ่นละอองปริมาณมาก นอกจากนี้ยังพบว่าแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตโดยเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงที่สร้างขึ้นใหม่ในหัวข้อที่ 3.7 (ขนาด 5 แรงม้า) มีค่าองค์ประกอบของแก๊สใกล้เคียงกับแท่งเชื้อเพลิงที่ทดสอบโดยมหาวิทยาลัยสุรนารีซึ่งเป็นการชี้ให้เห็นว่าแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้นี้เหมาะแก่การนำไปใช้ในเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิง

5.4 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการผลิตแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลจากลำต้นสบู่ดำผสมกับวัสดุชีวมวลอื่นๆ โดยใช้แป้งเปียกและกากน้ำตาลเป็นตัวประสาน พบว่าแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าความร้อนและค่าความต้านทานแรงกดใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ ซึ่งในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลมีขั้นตอนที่ไม่ซับซ้อนยุ่งยาก อีกทั้งวัตถุดิบหลักส่วนใหญ่ยังเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรทั้งสิ้น จึงเหมาะเป็นอย่างยิ่งที่จะมีการส่งเสริมให้มีการผลิตแท่งเชื้อเพลิงเพื่อใช้เองในชุมชนกลุ่มเกษตรกร โดยทางรัฐบาลอาจช่วยสนับสนุนในด้านของเครื่องจักรต่างๆ ที่ใช้ในอัดแท่งเชื้อเพลิง หรืออาจส่งเสริมให้มีการจัดตั้งเป็นกลุ่มสหกรณ์ของชุมชนเพื่อรวบรวมเงินทุนในการซื้อหรือสั่งทำเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตแท่งเชื้อเพลิง โดยในการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้สัดส่วนตัวประสานที่เหมาะสมจะสามารถลดขนาดของตัวส่งกำลังของเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงลงได้ดังนั้นราคาของเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้ก็จะไม่แพงมากนัก และเมื่อชุมชนทำการผลิตแท่งเชื้อเพลิงเพื่อใช้เองจนมีความรู้ความชำนาญมากพอก็สามารถที่จะผลิตส่งขายแล้วนำเงินที่ได้มาปันผลให้คนในชุมชน ถือเป็นการได้ประโยชน์ในหลายๆ ด้าน เช่น เป็นการลดรายจ่ายด้านพลังงานเชื้อเพลิงของคนในชุมชน ลดการทิ้งวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยเปล่าประโยชน์ และถือเป็นการรักษาสิ่งแวดล้อมทางอ้อมอีกด้วย นอกจากนี้ใน

อนาคตข้างหน้าหากมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการตั้งโรงงานไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กเพื่อผลิตไฟฟ้าใช้ในชุมชนมากขึ้น และพบว่ามีความคุ้มค่าในการก่อตั้ง ก็จะสามารถใช้งานวิจัยนี้เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตเชื้อเพลิงได้