

โครงการคณิตศาสตร์

เรื่อง รูปทรงของแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีผลต่อประสิทธิภาพ อัตราการเผาไหม้

จัดทำโดย

เด็กชายชิษณุพงศ์ พรหมอินทร์

เด็กหญิงมณีนวรัตน์ เอี่ยมเอิบ

เด็กหญิงรัชชิตา มะลิเผือก

คุณครูที่ปรึกษา

นางสาวธันวาทิ สิริพันธ์

นางสาวศุภิสรา ไกรสิทธิ์

โรงเรียนเบญจมราชูทิศ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา นครศรีธรรมราช

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนประกอบหนึ่งของโครงการคณิตศาสตร์

การแข่งขันโครงการประเพณีบูรณาการ ระดับมัธยมศึกษาช่วงชั้นที่ 3

เนื่องในงานสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติส่วนภูมิภาค ประจำปี พ.ศ.2569

โครงการคณิตศาสตร์

เรื่อง รูปทรงของแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีผลต่อประสิทธิภาพ
อัตราการเผาไหม้

จัดทำโดย

เด็กชายชิษณุพงศ์ พรหมอินทร์

เด็กหญิงมณีวรรณ เอี่ยมเอิบ

เด็กหญิงรัชชิตา มะลิเผือก

คุณครูที่ปรึกษา

นางสาวธันวาทิ สิริพันธ์

นางสาวศุภิสรา ไกรสิทธิ์

โรงเรียนเบญจมราชูทิศ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา นครศรีธรรมราช

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนประกอบหนึ่งของโครงการคณิตศาสตร์

การแข่งขันโครงการประเพณีบูรณาการ ระดับมัธยมศึกษาช่วงชั้นที่ 3

เนื่องในงานสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติส่วนภูมิภาค ประจำปี พ.ศ.2569

ชื่อโครงการ	รูปทรงของแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีผลต่อประสิทธิภาพ อัตราการเผาไหม้
ชื่อผู้ทำโครงการ	เด็กชายชิษณุพงศ์ พรหมอินทร์ เด็กหญิงมณีนววรรณ เอี่ยมเอิบ เด็กหญิงรัชชิตา มะลิเผือก
ชื่อคุณครูที่ปรึกษา	นางสาวธันวาทิ สิริพันธ์ นางสาวศุภิสรา ไกรสิทธิ์
ชื่อโรงเรียน	โรงเรียนเบญจมราชูทิศ
ปีการศึกษา	2569

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของรูปทรงแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลจากχυมะพร้าวที่มีต่อระยะเวลาการเผาไหม้และพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ โดยขึ้นรูปแผ่นเชื้อเพลิงเป็นปริซึมสามเหลี่ยมด้านเท่า ปริซึมสี่เหลี่ยมจัตุรัส ปริซึมห้าเหลี่ยมด้านเท่า และปริซึมหกเหลี่ยมด้านเท่า ซึ่งมีมวลและปริมาตรเท่ากันทุกตัวอย่าง ทำการทดลองรูปทรงละ 3 ซ้ำ โดยนำแผ่นเชื้อเพลิงไปเผาไหม้เพื่อให้ความร้อนแก่น้ำ บันทึกอุณหภูมิของน้ำทุก 1 นาที และจับเวลาตั้งแต่เชื้อเพลิงติดไฟจนกระทั่งไฟมอด จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณหาพลังงานความร้อนที่น้ำได้รับ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผ่นเชื้อเพลิงแต่ละรูปทรง

ผลการศึกษาพบว่า แผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลจากχυมะพร้าวรูปทรงปริซึมหกเหลี่ยมด้านเท่าให้พลังงานความร้อนสูงที่สุด เท่ากับ 493.33 แคลอรี และมีระยะเวลาการเผาไหม้นานที่สุด เฉลี่ย 27.11 นาที รองลงมา ได้แก่ ปริซึมห้าเหลี่ยมด้านเท่า ปริซึมสี่เหลี่ยมจัตุรัส และปริซึมสามเหลี่ยมด้านเท่า ตามลำดับ สรุปได้ว่า รูปทรงของแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลมีผลต่อประสิทธิภาพการเผาไหม้ โดยรูปทรงปริซึมหกเหลี่ยมด้านเท่ามีประสิทธิภาพดีที่สุด ทั้งในด้านระยะเวลาการเผาไหม้และพลังงานความร้อนที่ได้รับ จึงเหมาะสำหรับการนำไปพัฒนาเป็นแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อการใช้งานต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลของรูปทรงแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลจากχυมะพร้าวที่มีต่อระยะเวลาการเผาไหม้และพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ซึ่งในการทำโครงการนั้นประกอบไปด้วยหลากหลายขั้นตอน ตั้งแต่การศึกษาหาข้อมูลโครงการ การวิเคราะห์รูปแบบ การจัดทำโครงการรูปเล่ม จนกระทั่งโครงการนี้สำเร็จ ตลอดระยะเวลาการจัดทำ ทางคณะผู้จัดทำโครงการได้รับความช่วยเหลือและคำแนะนำในหลาย ๆ ด้านตลอดจนได้รับกำลังใจจากบุคคลรอบข้างทางคณะผู้จัดทำได้ซาบซึ้งในความกรุณาจากทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง ขอขอบคุณทุกท่าน ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ คุณครูธันวาท สิทธิพันธุ์ และ คุณครูศุภิสรา ไกรสิทธิ์ คุณครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์และคุณครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โครงการ SMTP และโรงเรียนเบญจมราชูทิศ คุณครูเป็นที่ปรึกษาโครงการและได้ให้คำปรึกษาโครงการ ข้อเสนอแนะ คำแนะนำมาตลอด ทั้งช่วยให้คำแนะนำเกี่ยวกับการคิดรูปแบบโครงการ และการจัดทำโครงการทำให้โครงการสำเร็จลุล่วงและผ่านไปได้ด้วยดี

และสุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอกราบขอบคุณบิดามารดาที่ให้การอบรมเลี้ยงดู ส่งเสริมการเรียนรู้การศึกษาและตลอดจนถึงการให้กำลังใจเป็นอย่างดี และขอขอบคุณเจ้าของผลงานเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ทางคณะผู้จัดทำได้นำมาอ้างอิงในการทำโครงการทำให้โครงการฉบับนี้เป็นโครงการที่สมบูรณ์

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน	12
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	16
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	25
เอกสารอ้างอิง	27

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีการผลิตพืชผลทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหรือชีวมวลในปริมาณมากทุกปี เช่น ฟางข้าว แกลบ กะลามะพร้าว และขุยมะพร้าว วัสดุเหล่านี้มักถูกมองว่าเป็นของเสียและถูกกำจัดด้วยการเผาในที่โล่งหรือปล่อยให้เน่าเปื่อยโดยไม่ได้ใช้ประโยชน์ทั้งที่แท้จริงแล้วชีวมวลเหล่านี้สามารถนำมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงทดแทนหรือผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มได้ หากได้รับการจัดการอย่างเหมาะสม

อย่างไรก็ตาม ในหลายพื้นที่ยังขาดการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสม ทำให้การเผาในที่โล่งยังเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการกำจัดเศษวัสดุ แม้จะสะดวก แต่ก่อให้เกิดฝุ่นละออง PM2.5 ก๊าซเรือนกระจก และมลพิษทางอากาศ ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังเป็นการสูญเสียทรัพยากรที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้น การแปรรูปชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงจึงเป็นแนวทางที่ช่วยลดของเสีย เพิ่มมูลค่าให้วัสดุเหลือใช้ และส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนตามแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน ในบรรดาวัสดุชีวมวล ขุยมะพร้าวเป็นวัสดุที่พบได้มากในประเทศไทย มีเส้นใยแข็งแรง ให้ความร้อนได้ดี และมีต้นทุนต่ำ จึงเหมาะสำหรับการผลิตแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวล อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลไม่ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับรูปทรงของแผ่นเชื้อเพลิง ซึ่งส่งผลต่อการไหลเวียนของอากาศ การถ่ายเทความร้อนและอัตราการเผาไหม้ทำให้แผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลแต่ละรูปทรงให้ความร้อน และมีระยะเวลาการเผาไหม้แตกต่างกัน ดังนั้น การศึกษารูปทรงของแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลจึงมีความสำคัญ และสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาและออกแบบแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

คณะผู้จัดทำจึงจัดทำโครงการเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเผาไหม้ของแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลจากขุยมะพร้าวที่มีรูปทรงต่าง ๆ โดยวิเคราะห์อัตราการเผาไหม้และการให้ความร้อน เพื่อนำผลการศึกษามาใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาและออกแบบแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลให้นำไปใช้ประโยชน์ได้จริง

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อเปรียบเทียบพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลรูปทรงต่าง ๆ

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการเผาไหม้ของแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลรูปทรงต่าง ๆ

1.3 ตัวแปร

1.3.1 ตัวแปรต้น : รูปทรงเรขาคณิตของแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวล

1.3.2 ตัวแปรตาม : ระยะเวลาการเผาไหม้ และพลังงานความร้อน

1.3.3 ตัวแปรควบคุม : อัตราส่วนผสมของแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล ระยะเวลาในการอบแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวล มวลแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวล ปริมาตรแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวล วิธีการวัดอุณหภูมิ จำนวนครั้งที่ทำการทดลองซ้ำในแต่ละรูปทรง

1.4 วิธีการดำเนินงานโดยย่อ

1.4.1 ศึกษาการทำแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลจากขุยมะพร้าว

1.4.2 ออกแบบและสร้างแบบแม่พิมพ์แผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลจากขุยมะพร้าว

1.4.3 วางแผนและกำหนดขอบเขตของแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลจากขุยมะพร้าว

1.4.4 การทำแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลจากขุยมะพร้าว

1.4.5 ทดสอบระยะเวลาการเผาไหม้และพลังงานความร้อน

1.4.6 บันทึกผลการทดลอง

1.4.7 สรุปผลการดำเนินงาน อภิปรายปัญหาต่าง ๆ และข้อเสนอแนะที่ได้จากการทดลอง

1.4.8 จัดทำรายงานโครงงานคณิตศาสตร์

1.4.9 นำเสนอและเผยแพร่ โครงงานคณิตศาสตร์

1.5 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้มุ่งศึกษารูปทรงของแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีผลต่อประสิทธิภาพอัตราการเผาไหม้ ตั้งแต่วันที่ 13 กรกฎาคม ถึง 2 สิงหาคม 2569 ณ โรงเรียนเบญจมราชูทิศ

1.6 สมมติฐานการศึกษา

1.6.1 แผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลรูปทรงปริซึมหกเหลี่ยมด้านเท่าจะมีปริมาณความร้อนสูงที่สุด

1.6.2 แผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลรูปทรงปริซึมสามเหลี่ยมด้านเท่าใช้ระยะเวลาในการเผาไหม้น้อยที่สุด

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ

ปริซึม : รูปเรขาคณิตสามมิติที่มีฐานทั้งสองเป็นรูปหลายเหลี่ยมที่เท่ากันทุกประการ ฐานทั้งสองอยู่บนระนาบที่ขนานกัน และด้านข้างแต่ละด้านเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน

ขุยมะพร้าว : เศษผงละเอียดที่ได้จากการปั่นแยกใยออกจากเปลือกมะพร้าว มีลักษณะเบาแห้ง และมีสีน้ำตาล

พลังงานชีวมวล : พลังงานที่ได้มาจากการแปรรูปวัสดุอินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งถือเป็นพลังงานหมุนเวียนรูปแบบหนึ่ง

เชื้อเพลิง : วัสดุหรือสารใด ๆ ที่เมื่อนำมาเผาไหม้หรือเกิดปฏิกิริยาทางเคมี จะปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของความร้อน หรือพลังงานกล

การเผาไหม้ : ปฏิกิริยาเคมีที่เชื้อเพลิงรวมตัวกับออกซิเจน ทำให้เกิดพลังงานความร้อน แสงสว่าง และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

พลังงานความร้อน : พลังงานรูปแบบหนึ่งที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่และการสั่นสะเทือนของอนุภาคอะตอมภายในสสาร

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.8.1 สามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพระยะเวลาและพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ของแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลจากขุยมะพร้าว

1.8.2 สามารถนำผลการศึกษาไปใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลให้มีประสิทธิภาพ

1.8.3 สามารถนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาแปรรูปเป็นแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลสำหรับลดปริมาณของเสีย

บทที่ 2

เอกสารและรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อต่าง ๆ

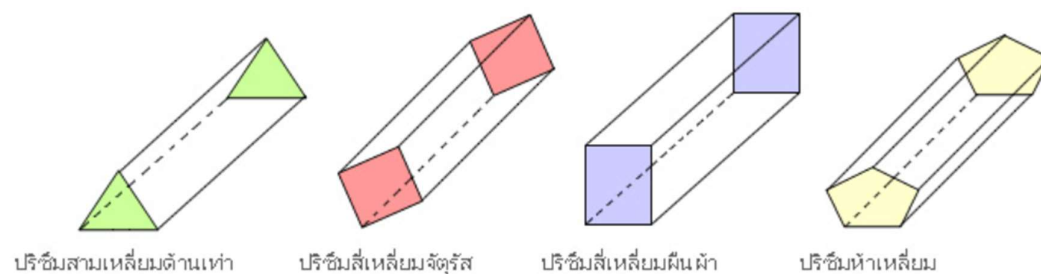
- 1.1 ปริซึม
- 1.2 ขุนมาพรวัว
- 1.3 พลังงานชีวมวล
- 1.4 เชื้อเพลิง
- 1.5 การเผาไหม้
- 1.6 พลังงานความร้อน

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อต่าง ๆ

2.1.1 ปริซึม

ปริซึม เป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีฐานทั้งสองเป็นรูปเหลี่ยมที่เท่ากันทุกประการ ฐานทั้งสองอยู่บนระนาบที่ขนานกัน และด้านข้างแต่ละด้านเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน การเรียกชื่อปริซึม เรียกตามลักษณะของฐานที่เป็นรูปหลายเหลี่ยม เช่น ปริซึมสามเหลี่ยม ปริซึมสี่เหลี่ยม ปริซึมห้าเหลี่ยม ปริซึมหกเหลี่ยม



ภาพที่ 1 ปริซึม

ที่มา : <https://basegeometry1.weebly.com/>

2.1.2 ปริมาตรของปริซึม

สูตรการหาปริมาตรปริซึม คือ พื้นที่ฐาน $\times$ ความสูง

2.1.2.1 ปริมาตรของปริซึมสามเหลี่ยมด้านเท่า

เมื่อฐานของปริซึมสามเหลี่ยมเป็นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าที่มีด้านยาว a พื้นที่ฐาน

ของปริซึมสามเหลี่ยม คือ $\frac{\sqrt{3}}{4}a^2$

ดังนั้นปริมาตรของปริซึมสามเหลี่ยมด้านเท่าสามารถคำนวณได้ดังนี้ : $\frac{\sqrt{3}}{4}a^2h$

2.1.2.2 ปริมาตรของปริซึมสี่เหลี่ยมจัตุรัส

เมื่อฐานของปริซึมสี่เหลี่ยมเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีด้านยาว a พื้นที่ฐานของปริซึมสี่เหลี่ยม คือ $a \times a$

ดังนั้นปริมาตรของปริซึมสี่เหลี่ยมจัตุรัสสามารถคำนวณได้ดังนี้ : a^2h

2.1.2.3 ปริมาตรของปริซึมห้าเหลี่ยมด้านเท่า

เมื่อฐานของปริซึมห้าเหลี่ยมเป็นรูปห้าเหลี่ยมด้านเท่าที่มีด้านยาว a พื้นที่ฐานของ

ปริซึมห้าเหลี่ยม คือ $\frac{1}{2} \times$ ความยาวเส้นรอบรูป $\times$ ความยาวจากจุดศูนย์กลางไปยังด้านหนึ่ง

ดังนั้นปริมาตรของปริซึมห้าเหลี่ยมด้านเท่าสามารถคำนวณได้ดังนี้ : $\frac{5}{2}abh$

โดยที่ a = ความยาวอะโพเทมของปริซึมห้าเหลี่ยม

b = ความยาวฐานของปริซึมห้าเหลี่ยม

h = ความสูงของปริซึมห้าเหลี่ยม

2.1.1.4 ปริมาตรของปริซึมหกเหลี่ยมด้านเท่า

เมื่อฐานของปริซึมหกเหลี่ยมเป็นรูปหกเหลี่ยมด้านเท่าที่มีด้านยาว a พื้นที่ฐานของ

ปริซึมหกเหลี่ยม คือ $\frac{3\sqrt{3}}{2}a^2$

ดังนั้นปริมาตรของปริซึมหกเหลี่ยมด้านเท่าสามารถคำนวณได้ดังนี้ : $\frac{3\sqrt{3}}{2}a^2h$

โดยที่ a = ความยาวฐาน

h = ความสูงของปริซึมห้าเหลี่ยม

2.1.3 ขุยมะพร้าว

ขุยมะพร้าว คือวัสดุจากการแปรรูปของเส้นใยมะพร้าว ซึ่งได้จากการขูดหรือบดเปลือกมะพร้าวที่เหลือจากการใช้ประโยชน์ต่าง ๆ โดยขุยมะพร้าวมีลักษณะเป็นเส้นใยขนาดเล็กหรือก้อนเล็ก ๆ ที่มีลักษณะโปร่งและเบา มักใช้เป็นวัสดุปลูกพืชในกระถางหรือระบบเกษตรอินทรีย์ เช่น การปลูกผัก การทำสวนแนวตั้ง หรือแม้กระทั่งการเพาะต้นกล้า



ภาพที่ 2 ขุยมะพร้าว

ที่มา : <https://www.yodbai.com/>

2.1.4 พลังงานชีวมวล

พลังงานชีวมวล คือ พลังงานที่ได้จากการผลิตพลังงานด้วย วัสดุชีวมวล และอินทรีย์วัตถุ ที่ได้จากพืช และสัตว์ เช่น ผลผลิต วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ไม้และเศษไม้ หรือของเหลือจากชุมชน และภาคอุตสาหกรรม เช่น แกลบ ชานอ้อย เศษไม้ กากปาล์ม กากมันสำปะหลัง ชังข้าวโพด กาบและกะลามะพร้าว เป็นต้น

การผลิตพลังงานชีวมวล สามารถทำได้หลายรูปแบบ คือ

2.1.4.1 การเผาไหม้โดยตรง (Combustion)

การนำชีวมวลไปเผา จะได้ความร้อนออกมาตามค่าความร้อนของชนิดชีวมวล ความร้อนที่ได้จากการเผา สามารถนำไปใช้ในการผลิตไอน้ำ หรือไปผลิตไฟฟ้าต่อไป

2.1.4.2 การผลิตก๊าซ (Gasification)

การเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็ง หรือชีวมวลให้เป็นแก๊สเชื้อเพลิง เรียกว่า แก๊สชีวภาพ มีองค์ประกอบของแก๊สมีเทน ไฮโดรเจน และคาร์บอนมอนอกไซด์

2.1.4.3 การหมัก (Fermentation)

การนำชีวมวลมาหมักด้วยแบคทีเรีย ในสภาวะไร้อากาศ เกิดเป็น แก๊สชีวภาพ

2.1.4.4 การผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากพืช

ตัวอย่างของการนำชีวมวลมาเป็นพลังงาน เช่น โรงไฟฟ้าชีวมวล คือ โรงไฟฟ้าที่ใช้เศษวัสดุต่าง ๆ ที่เป็นชีวมวล เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า หรือผลิตไอน้ำ ซึ่งอาจเป็นวัสดุชนิดเดียวกัน หรือหลายชนิดรวมกันก็ได้ เช่น โรงน้ำตาลที่ใช้กากอ้อยที่ได้จากการหีบอ้อย มาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าควบคู่ที่เหมาะสม



ภาพที่ 3 พลังงานชีวมวล

ที่มา : <https://chemihouse.com>

2.1.5 เชื้อเพลิง

เชื้อเพลิง หมายถึง วัสดุใด ๆ ก็ตามที่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับออกซิเจนจะเกิดการลุกไหม้ให้พลังงานความร้อนและแสงสว่าง จะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อเพลิง เชื้อเพลิงประกอบด้วยสารประกอบที่สำคัญ คือ คาร์บอน และไฮโดรเจน โดยทั่วไปเชื้อเพลิงแบ่งออกได้ 4 ประเภท ดังนี้

2.1.5.1 เชื้อเพลิงแข็ง หมายถึง เชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิปกติ เชื้อเพลิงประเภทนี้ส่วนมาก ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน กำมะถัน และเถ้า เมื่อทำปฏิกิริยาทางเคมีกับออกซิเจนในอากาศแล้วจะให้พลังงานความร้อนออกมา เชื้อเพลิงแข็งที่ได้จากธรรมชาติ ได้แก่ ไม้ ฟืน เศษพืชต่าง ๆ ถ่านหิน หินน้ำมัน และแกลบ เป็นต้น

2.1.5.2 เชื้อเพลิงเหลว หมายถึง เชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิปกติ

2.1.5.3 เชื้อเพลิงประเภทน้ำมันเชื้อเพลิง หมายถึง ของเหลวที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ จากนั้นจึงนำมาปรับปรุงคุณภาพให้เหมาะสมต่อการใช้งานเพื่อใช้เผาให้เป็นพลังงานในการขับเคลื่อนของเครื่องยนต์หรือใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ต้มน้ำในหม้อไอน้ำเตาอบเครื่องปั้นดินเผา หรือโรงงานเซรามิกและใช้ในการทำความร้อน ให้แสงสว่าง เป็นต้น

2.1.5.4 เชื้อเพลิงก๊าซ หมายถึง เชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นก๊าซที่อุณหภูมิปกติหรืออาจหมายถึง ก๊าซทุกชนิดที่สามารถนำมาทำปฏิกิริยากับออกซิเจนแล้วเกิดการเผาไหม้ทำให้ได้พลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เชื้อเพลิงประเภทนี้มีสารประกอบจำพวกไฮโดรคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ตัวอย่างของเชื้อเพลิงประเภทนี้ ได้แก่ ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซหุงต้ม ก๊าซชีวภาพ ก๊าซชีวมวล และก๊าซที่เป็นผลพลอยได้จากการกลั่นแร่เหล็ก เป็นต้น ได้แก่ น้ำมันที่ได้จากการกลั่นปิโตรเลียม น้ำมันจากพืช และน้ำมันจากสัตว์ เป็นต้น เชื้อเพลิงเหลวนี้นิยมใช้กับยานพาหนะ โรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เป็นเชื้อเพลิงที่สะดวกต่อการใช้งานและให้ค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงสูง เชื้อเพลิงเหลวที่ได้จากผลิตภัณฑ์การกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม เช่น น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าดโซลิน น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล และน้ำมันเตา เป็นต้น ส่วนเชื้อเพลิงเหลวที่ได้จากกรรมวิธีการผลิตจากพืชผลทางการเกษตร เช่น การผลิตแอลกอฮอล์หรือการสกัดน้ำมันจากเมล็ดสบู่ดำ ยังอยู่ในขั้นการพัฒนา นำไปใช้งาน และปริมาณที่ผลิตได้ยังไม่เพียงพอต่อการใช้ในปัจจุบัน



ภาพที่ 4 เชื้อเพลิง

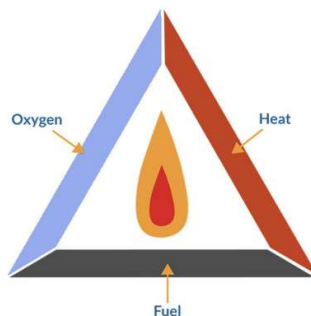
ที่มา : <http://ctc.chontech.ac.th/>

2.1.6 การเผาไหม้

การเผาไหม้ คือ การเกิดกระบวนการทางเคมีเมื่อสารหรือเชื้อเพลิงเช่น ไม้ น้ำมัน และแก๊สได้รับความร้อนและเกิดการปฏิกิริยสัมพันธ์กับออกซิเจนในอากาศทำให้เกิดพลังงานความร้อนและแสงสว่าง นอกจากนี้ยังปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ออกมาอีกด้วย ซึ่งถ้ามีปริมาณที่มากเกินไปอาจจะกลายเป็นก๊าซพิษที่ส่งผลเสียต่อมนุษย์

การเผาไหม้จะเกิดขึ้นได้ต้องมีองค์ประกอบ 3 อย่าง ดังนี้

- 1) เชื้อเพลิง คือ สารที่ติดไฟได้ เช่น ไม้ น้ำมัน หรือก๊าซ
- 2) ออกซิเจน คือ ก๊าซในอากาศที่ช่วยให้ไฟติด
- 3) ความร้อน คือ พลังงานเริ่มต้นที่ทำให้เชื้อเพลิงถึงจุดติดไฟ



ภาพที่ 5 การเผาไหม้

ที่มา : <https://raadmanburner-com.translate.google/>

2.1.7 พลังงานความร้อน

พลังงานความร้อน คือ พลังงานรูปหนึ่งที่สามารถทำให้ประสาทสัมผัสของคนปกติ เกิดความรู้สึกร้อนหรือเย็นได้ เมื่อวัตถุได้รับพลังงานความร้อน หรือให้ความร้อนแก่วัตถุใด วัตถุนั้นจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น เมื่อวัตถุใดคายพลังงานความร้อนออกไป วัตถุนั้นจะมีอุณหภูมิลดลง วัตถุชนิดเดียวกัน มีอุณหภูมิเท่ากัน วัตถุที่มีมวลมากกว่าพลังงานความร้อนมากกว่าวัตถุที่มีมวลน้อยกว่า

พลังงานความร้อน 1°C แคลอรี คือ พลังงานความร้อนที่ทำให้ น้ำบริสุทธิ์มวล 1 กรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1°C ปริมาณความร้อนมีหน่วยเป็น แคลอรี (cal) หรือจูล (J) โดยที่ $1 \text{ cal} = 4.2 \text{ J}$

สูตรหลักในการคำนวณพลังงานความร้อน แบ่งออกเป็น 2 กรณีหลัก ได้แก่ สูตรเมื่ออุณหภูมิของสารเปลี่ยนไปใช้ $Q=mc\Delta T$ และสูตรเมื่อสารเปลี่ยนสถานะใช้ $Q=ml$ โดยมีหน่วยวัดเป็นแคลอรี (cal) หรือจูล (J)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การใช้ประโยชน์จากชีวมวล

สรุปและเรียบเรียงจากโครงการวิจัย เรื่อง “โครงการแนวทางการส่งเสริมมาตรฐานเชื้อเพลิงชีวมวลแปรรูปในภาคอุตสาหกรรม” โดย รศ.ดร.บุษบา พุกษาพันธุ์รัตน์ และ ดร.บุญรอด สัจจนุกิจ และคณะ (2555)

การใช้ประโยชน์จากพลังงานชีวมวลสามารถใช้ได้ในรูปของพลังงานความร้อน ไอน้ำ หรือผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า โดยจะใช้เชื้อเพลิงชีวมวลชนิดใด ชนิดหนึ่งหรือหลายชนิดรวมกันก็ได้ ชีวมวลเป็นแหล่งเชื้อเพลิงที่สามารถหาได้ภายในประเทศ มีกระจายตัวอยู่ทั่วไปในภาคต่าง ๆ ในประเทศ มีต้นทุนถูกกว่าเชื้อเพลิงประเภทอื่น ๆ เนื่องจากประเทศไทยทำการเกษตรเป็นจำนวนมาก จึงมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจำนวนมาก รวมไปถึงวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับพืชด้วย

มีรายงานการสำรวจศักยภาพชีวมวลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ระบุว่าประเทศไทยมีชีวมวลที่มีศักยภาพในการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงจำนวน 9 ชนิด เท่ากับ 9,800 พันตัน เทียบเท่าน้ำมันดิบหรือคิดเป็นการผลิตไฟฟ้า 2,600 เมกะวัตต์ โดยชีวมวลที่ได้มาจากอ้อย (กาก ยอด และใบ) ข้าว (ฟางข้าวและแกลบ) รวมทั้งปาล์มน้ำมัน (ใบ และกะลาปาล์ม) เป็นชีวมวลที่มีสัดส่วนสูงที่สุดในปริมาณชีวมวลทั้งหมด โดยคิดเป็น 80-85 เปอร์เซ็นต์ของชีวมวลที่มีภายในประเทศซึ่งในปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมได้หันมาใช้เชื้อเพลิงชีวมวลกันมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาเป็นเชื้อเพลิงสำหรับระบบความร้อน การใช้ประโยชน์จากชีวมวลนอกจากจะช่วยลดการพึ่งพาการนำเข้าเชื้อเพลิงแล้ว ยังสามารถช่วยสร้างรายได้ให้กับคนในท้องถิ่น และหากมีการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสม จะไม่ก่อให้เกิดมลภาวะและไม่สร้างสภาวะเรือนกระจกในภาพรวม เนื่องจากการใช้ชีวมวลเป็นพลังงานจะไม่เพิ่มปริมาณสุทธิของคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ เพราะการเกิดชีวมวลใหม่จะดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับปริมาณที่ปล่อยออกมาจากการเผาไหม้ชีวมวล

การเผาไหม้

ผู้เขียน : นฤมล ภานูนานา นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ พิมพ์ครั้งที่ 1: กันยายน พ.ศ. 2553

ทฤษฎีการแปรรูป การแปรรูปไม้และชีวมวลให้เป็นพลังงานมีหลายวิธี การจะเลือกใช้วิธีใดขึ้นอยู่กับสถานะของวัตถุดิบและวัตถุประสงค์การใช้งาน ตามหลักทฤษฎี คือ การแปรรูปเซลลูโลสให้เป็นพลังงานโดยวิธีเคมีผสมความร้อน ซึ่งแบ่งออกเป็น 7 วิธี ดังนี้

1. การแตกตัว คือ การแตกตัวของเซลลูโลสออกเป็นธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน โดยเซลลูโลส 1 กรัม แตกตัวเป็นธาตุทั้งสามชนิดต้องใช้พลังงาน 5.94 kJ
2. การกลายเป็นถ่าน คือ การทำให้เซลลูโลสกลายเป็นถ่านร้อยละ 44 ที่เหลือเป็นน้ำ เซลลูโลส 1 กรัมกลายเป็นถ่านจะให้ความร้อนออกมา 2.86 kJ
3. ไพโรไลซิส เป็นการกลั่นเอาน้ำมันไพโรไลซิสจากการเกิดปฏิกิริยาของเซลลูโลส 1 กรัม ให้น้ำมันไพโรไลซิส 47%และค่าความร้อน 2.07 kJ
4. แก๊สซิฟิเคชัน การสังเคราะห์แก๊สจากเซลลูโลสจากปฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชันเพื่อให้ได้แก๊สดีไฟคือ คาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรเจน ต้องใช้ออกซิเจน และความร้อนเข้าไปช่วยเพื่อให้สมการของปฏิกิริยาสมดุลจะได้ความร้อนออกมา 17.5 kJ ต่อเซลลูโลส 1 กรัม
5. ไฮโดรจิเนชัน ในการสังเคราะห์ไฮโดรคาร์บอน ($-CH_2-$) จากเซลลูโลส 1 กรัม จะได้ความร้อนจากปฏิกิริยา 4.86 kJ

6. การสันดาป การสันดาปเซลลูโลส 1 กรัมในบรรยากาศ ของออกซิเจนจะให้ ความร้อนออกมาถึง 17.5 kJ แต่จะได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำซึ่งไม่สามารถนำไปทำเชื้อเพลิง ได้อีกเหมือนวิธีอื่น ๆ ที่กล่าวมา

7. การสังเคราะห์โอเลฟิน เป็นการทำปฏิกิริยาไพโรไลซิสแบบทันใด เซลลูโลส 1 กรัม ทำปฏิกิริยาไพโรไลซิสทันใดที่อุณหภูมิสูง ๆ อย่างรวดเร็วต้องใช้พลังงานความร้อน 0.24 kJ และจะได้ผลิตภัณฑ์เอทิลีน 34.6%

โดยสรุปทั้ง 7 วิธี สามารถจำแนกเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

1. ปฏิกิริยาที่ให้ความร้อนออกมา (Exothermic) ได้แก่ การกลายเป็นถ่าน ไพโรไลซิส ไฮโดรจิเนชันและการสันดาป
2. ปฏิกิริยาที่ต้องการความร้อน (Endothermic) ได้แก่ การแตกตัวเป็นธาตุ การสังเคราะห์แก๊สและการสังเคราะห์โอเลฟิน
3. ปฏิกิริยาที่ต้องการออกซิเจน เช่น การสันดาป และการ สังเคราะห์แก๊ส
4. ปฏิกิริยาที่ต้องการไฮโดรเจน คือ ไฮโดรจิเนชัน วิธีการแปรรูปไม้และชีวมวลให้เป็นพลังงานผลผลิตที่ได้จากการแปรรูปเซลลูโลสให้เป็นพลังงานมีอยู่ 3 สถานะ คือ ของแข็ง ได้แก่ ถ่าน ของเหลว ได้แก่ โอเลฟิน และแก๊ส เช่น คาร์บอนมอนนอกไซด์

การแบ่งกรรมวิธีการแปรรูป ปรีชา (2529) ได้สรุปไว้ 3 วิธีคือ

1. การแปรรูปโดยวิธีกลผสมความร้อน โดยใช้พลังงานไฟฟ้าเข้าช่วยเพื่อเพิ่มความหนาแน่นของเชื้อเพลิง เช่น การทำถ่านอัดแท่ง การทำขี้เลื่อยอัด และการทำแท่งชีวมวลหรือพีซ
2. การแปรรูปโดยวิธีเคมีผสมความร้อน ใช้การเกิดปฏิกิริยาไพโรไลซิสผลิตภัณฑ์ที่ได้ ถ้าเป็นของแข็งจะเป็นถ่าน นิยมทำที่อุณหภูมิ 400 - 600 องศาเซลเซียส การทำให้เป็นของเหลว จะได้น้ำมันไพโรไลติก หรือโอเลฟิน อุณหภูมิที่ใช้อาจต่ำหรือสูงกว่าการทำไ้ เป็นถ่านก็ได้ และการทำให้เป็นแก๊ส จะต้องทำที่อุณหภูมิสูงระหว่าง 800 - 1100 องศาเซลเซียส
3. การใช้จุลชีวนแปรรูปชีวมวลให้เป็นเชื้อเพลิง วิธีนี้เหมาะกับการแปรรูปขยะ เศษปฏิกูล และชีวมวลอื่น ๆ นอกจากไม้ ของเหลวที่ได้จากการแปรรูป คือ แอลกอฮอล์ ส่วนแก๊สจะ ได้มีเทน 65% ที่เหลือเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจน

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

โครงการเรื่อง “รูปทรงเรขาคณิตของแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลจากขุยมะพร้าวที่มีผลต่อประสิทธิภาพอัตราการเผาไหม้” ทางคณะผู้จัดทำได้ดำเนินการศึกษาและทดสอบ ดังนี้

3.1 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือพิเศษ

3.1.1 วัสดุอุปกรณ์

- 1) ขุยมะพร้าว
- 2) แป้งมัน
- 3) น้ำ
- 4) แผ่นพิมพ์ตามรูปทรง
 - (1) ปริซึมสามเหลี่ยม
 - (2) ปริซึมสี่เหลี่ยม
 - (3) ปริซึมห้าเหลี่ยม
 - (4) ปริซึมหกเหลี่ยม

3.1.2 เครื่องมือพิเศษ

- 1) ชุดการทดลองวัดพลังงานความร้อน

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การศึกษาโครงการเรื่อง “รูปทรงเรขาคณิตของแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลจากขุยมะพร้าวที่ประสิทธิภาพอัตราการเผาไหม้” ครั้งนี้มีขั้นตอนดังนี้

3.2.1 ขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลจากขุยมะพร้าว

- 1) ออกแบบรูปทรงของแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลจากขุยมะพร้าว
- 2) ตัดขุยมะพร้าวให้มีความละเอียดมากขึ้น
- 3) เตรียมขุยมะพร้าวที่ละเอียดแล้ว ผสมแป้งมันกับน้ำเพื่อทำกาเป็นตัวประสาน

โดยมีอัตราส่วนขุยมะพร้าวต่อแป้งมันต่อน้ำ 2 : 1 : 10

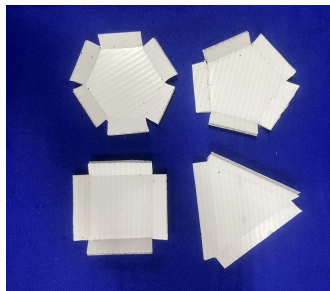


ภาพที่ 6 ภาพการผสมแป้งมันกับน้ำ

4) ผสมขุยมะพร้าวและกาวตามอัตราส่วนตามข้อ 3.2.1 จนเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้น ใส่แม่พิมพ์ตามรูปทรงที่ทำไว้



ภาพที่ 7 ภาพการผสมขุยมะพร้าวกับกาว



ภาพที่ 8 แม่พิมพ์แผ่นเชื้อเพลิงชีวมวล

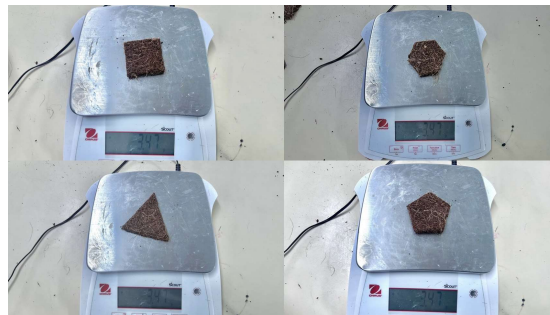
5) นำตัวขุยมะพร้าวที่ผสมกับกาวออกมาจากพิมพ์ วางลงบนถาดอะลูมิเนียมแล้ว ตากแดดจนผิวภายนอกแห้ง แล้วนำไปอบต่อที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเพื่อไล่ความชื้นที่อยู่ภายใน แผ่นเชื้อเพลิงโดยใช้เวลา 5 ชั่วโมง



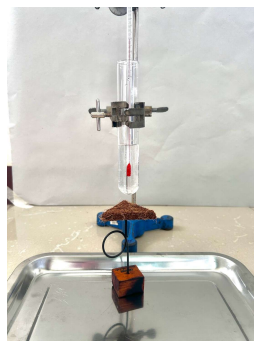
ภาพที่ 9 ภาพการอบแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวล

3.2.2 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้ของแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลแต่ละรูปทรง

1) เตรียมแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลรูปทรงต่าง ๆ ได้แก่ ปริซึมสามเหลี่ยม ปริซึมสี่เหลี่ยม ปริซึมห้าเหลี่ยม ปริซึมหกเหลี่ยม และติดตั้งแผ่นเชื้อเพลิงบนชุดการทดลองการวัดพลังงานความร้อน



ภาพที่ 10 ภาพการชั่งมวลแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลรูปทรงต่าง ๆ



ภาพที่ 11 ภาพชุดการทดลองการวัดพลังงานความร้อน

- 2) จุดแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลด้วยไม้ขีดไฟจนติดไฟ
- 3) เริ่มจับเวลาตั้งแต่แผ่นเชื้อเพลิงติดไฟจนกระทั่งไฟดับสนิท เพื่อหาค่าเวลาในการเผาไหม้ของแผ่นเชื้อเพลิง



ภาพที่ 12 ภาพการจับเวลาและสังเกตอุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มขึ้นจากการเผาไหม้ของแผ่นเชื้อเพลิง

- 4) วัดและบันทึกอุณหภูมิของน้ำทุก ๆ 1 นาที ตลอดระยะเวลาที่เชื้อเพลิงกำลังเผาไหม้
- 5) เมื่อการเผาไหม้สิ้นสุด บันทึกอุณหภูมิสุดท้ายของน้ำและเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ทั้งหมด
- 6) นำข้อมูลมวลของน้ำ (m) ความร้อนจำเพาะของน้ำ (c) และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (ΔT) ไปคำนวณหาปริมาณความร้อนที่น้ำได้รับ โดยใช้สมการ $Q = mc\Delta T$
- 7) บันทึกผลการทดลองและเปรียบเทียบอัตราการเผาไหม้ ระยะเวลาการเผาไหม้ และปริมาณความร้อนที่ได้ของแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลแต่ละรูปทรง เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแผ่นเชื้อเพลิงแต่ละชนิด

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

ในการสร้างแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลรูปทรงเรขาคณิตต่าง ๆ ได้แก่ ปริซึมสามเหลี่ยมด้านเท่า ปริซึมสี่เหลี่ยมจัตุรัส ปริซึมห้าเหลี่ยมด้านเท่า และปริซึมหกเหลี่ยมด้านเท่าที่มีผลต่อประสิทธิภาพ อัตราการเผาไหม้ โดยมีผลการดำเนินงานดังต่อไปนี้

1. ผลการศึกษาพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลรูปทรงต่าง ๆ
2. ผลการศึกษาและเปรียบเทียบระยะเวลาในการเผาไหม้ของแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลรูปทรงต่าง ๆ

4.1 ผลการศึกษาพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลรูปทรงต่าง ๆ

ตารางที่ 1 แสดงพลังงานความร้อนที่ได้จากเผาไหม้ของแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลรูปทรงต่าง ๆ

รูปทรง เรขาคณิต แผ่นเชื้อเพลิง ชีวมวล	ครั้งที่	มวลของน้ำ (กรัม)	อุณหภูมิของน้ำในหลอดทดลอง (องศาเซลเซียส)			พลังงาน ความร้อน (แคลอรี)
			เริ่มต้น	ก่อนแผ่น เชื้อเพลิงดับ	ผลต่างของ อุณหภูมิ	
ปริซึม สามเหลี่ยม ด้านเท่า	1	20	30	42	12	240
	2	20	29	49	20	400
	3	20	29	48	19	380
	เฉลี่ย	20	29.33	46.33	17	340
ปริซึม สี่เหลี่ยมจัตุรัส	1	20	30	44	14	280
	2	20	29	50	21	420
	3	20	28	52	24	480
	เฉลี่ย	20	29	48.67	19.67	393.33
ปริซึม ห้าเหลี่ยม ด้านเท่า	1	20	30	50	20	400
	2	20	29	50	21	420
	3	20	28	54	26	520
	เฉลี่ย	20	29	51.33	22.33	446.67

รูปทรง เรขาคณิต แผ่นเชื้อเพลิง ชีวมวล	ครั้งที่	มวลของน้ำ (กรัม)	อุณหภูมิของน้ำในหลอดทดลอง (องศาเซลเซียส)			พลังงาน ความร้อน (แคลอรี)
			เริ่มต้น	ก่อนแผ่น เชื้อเพลิงดับ	ผลต่างของ อุณหภูมิ	
ปริซึม หกเหลี่ยม ด้านเท่า	1	20	30	56	26	520
	2	20	29	51	22	440
	3	20	29	56	27	540
	เฉลี่ย	20	29.33	54.33	25	493.33

จากผลการทดลองดังตารางที่ 1 พบว่า แผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีรูปทรง ปริซึมหกเหลี่ยมด้านเท่า ให้พลังงานความร้อนเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 493.33 แคลอรี รองลงมา คือ ปริซึมห้าเหลี่ยมด้านเท่า ให้พลังงานความร้อนเฉลี่ย 446.67 แคลอรี และปริซึมสี่เหลี่ยมจัตุรัส ให้พลังงานความร้อนเฉลี่ย 393.33 แคลอรี ส่วนปริซึมสามเหลี่ยมด้านเท่า ให้พลังงานความร้อนเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 340.00 แคลอรี

4.2 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบระยะเวลาในการเผาไหม้ของแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลรูปทรงต่าง ๆ

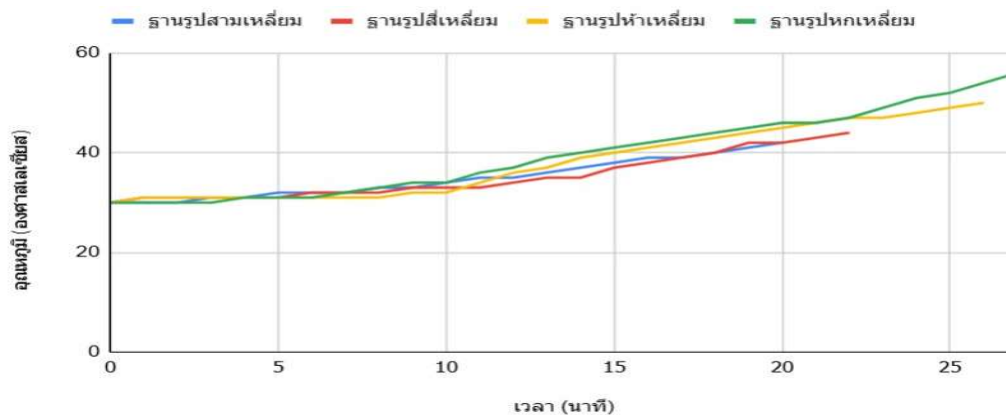
4.2.1 ผลการศึกษาระยะเวลาการเผาไหม้ของแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลรูปทรงต่าง ๆ

ตารางที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำและเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้แผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลรูปทรงต่าง ๆ ครั้งที่ 1

เวลา (นาท)	อุณหภูมิของน้ำในบีกเกอร์ (องศาเซลเซียส)			
	ปริซึมสามเหลี่ยม ด้านเท่า	ปริซึมสี่เหลี่ยม จัตุรัส	ปริซึมห้าเหลี่ยม ด้านเท่า	ปริซึมหกเหลี่ยม ด้านเท่า
เริ่มต้น	30	30	30	30
1	30	31	31	30
2	30	31	31	30
3	31	31	31	30
4	31	31	31	31
5	32	31	31	31
6	32	32	31	31

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิของน้ำในบีกเกอร์ (องศาเซลเซียส)			
	ปริซึมสามเหลี่ยม ด้านเท่า	ปริซึมสี่เหลี่ยม จัตุรัส	ปริซึมห้าเหลี่ยม ด้านเท่า	ปริซึมหกเหลี่ยม ด้านเท่า
7	32	32	31	32
8	33	32	31	33
9	33	33	32	34
10	34	33	32	34
11	35	33	34	36
12	35	34	36	37
13	36	35	37	39
14	37	35	39	40
15	38	37	40	41
16	39	38	41	42
17	39	39	42	43
18	40	40	43	44
19	41	42	44	45
20	42	42	45	46
21	-	43	46	46
22	-	44	47	47
23	-	-	47	49
24	-	-	48	51
25	-	-	49	52
26	-	-	50	54
27	-	-	-	56
อุณหภูมิสุดท้าย ก่อนเชื้อเพลิงดับ	42	44	50	56
เวลาที่เชื้อเพลิงดับ (นาทื)	20.55	22.48	26.01	27.36

กราฟที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำและเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล
รูปทรงต่าง ๆ ครั้งที่ 1 จากตารางที่ 2



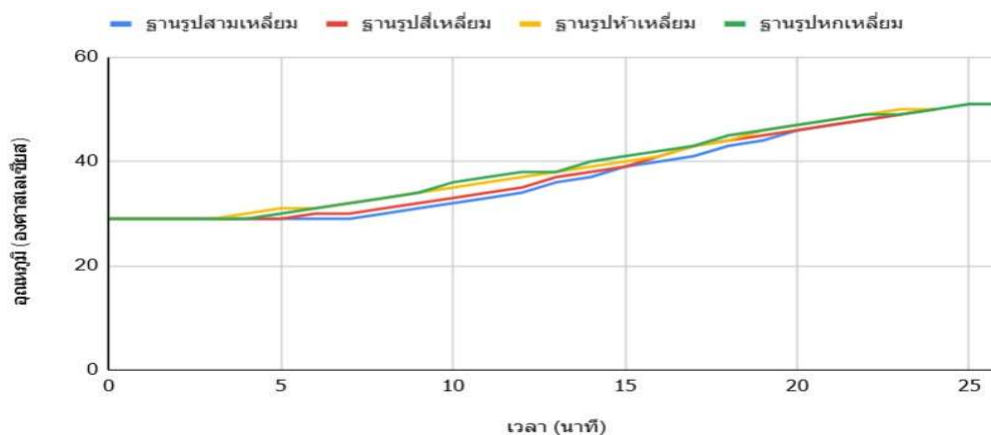
จากผลการทดลองดังตารางที่ 2 พบว่า ปริซึมหกเหลี่ยมด้านเท่า มีอุณหภูมิสุดท้ายสูงที่สุด
ที่ 56 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาเผาไหม้ 27.36 นาที รองลงมา คือ ปริซึมห้าเหลี่ยมด้านเท่า
มีอุณหภูมิสุดท้าย 50 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 26.01 นาที และ ปริซึมสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีอุณหภูมิ
สุดท้าย 44 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 22.48 นาที โดยรูปทรงที่มีอุณหภูมิสุดท้ายต่ำที่สุดและใช้
ระยะเวลาเผาไหม้น้อยที่สุด คือ ปริซึมสามเหลี่ยมด้านเท่า มีอุณหภูมิสุดท้าย 42 องศาเซลเซียส ใช้
เวลา 20.55 นาที

ตารางที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำและเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล
รูปทรงต่าง ๆ ครั้งที่ 2

เวลา (นาท)	อุณหภูมิของน้ำในบีกเกอร์ (องศาเซลเซียส)			
	ปริซึมสามเหลี่ยม ด้านเท่า	ปริซึมสี่เหลี่ยม จัตุรัส	ปริซึมห้าเหลี่ยม ด้านเท่า	ปริซึมหกเหลี่ยม ด้านเท่า
เริ่มต้น	29	29	29	29
1	29	29	29	29
2	29	29	29	29
3	29	29	29	29
4	29	29	30	29
5	29	29	31	30
6	29	30	31	31
7	29	30	32	32

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิของน้ำในบีกเกอร์ (องศาเซลเซียส)			
	ปริซึมสามเหลี่ยม ด้านเท่า	ปริซึมสี่เหลี่ยม จัตุรัส	ปริซึมห้าเหลี่ยม ด้านเท่า	ปริซึมหกเหลี่ยม ด้านเท่า
8	30	31	33	33
9	31	32	34	34
10	32	33	35	36
11	33	34	36	37
12	34	35	37	38
13	36	37	38	38
14	37	38	39	40
15	39	39	40	41
16	40	41	41	42
17	41	43	43	43
18	43	44	44	45
19	44	45	46	46
20	46	46	47	47
21	47	47	48	48
22	48	48	49	49
23	49	49	50	49
24	-	50	50	50
25	-	-	-	51
26	-	-	-	51
อุณหภูมิสุดท้าย ก่อนเชื้อเพลิงดับ	49	50	50	51
เวลาที่เชื้อเพลิงดับ (นาทื)	23.10	24.08	24.52	26.31

กราฟที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำและเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล
รูปทรงต่าง ๆ ครั้งที่ 2 จากตารางที่ 3



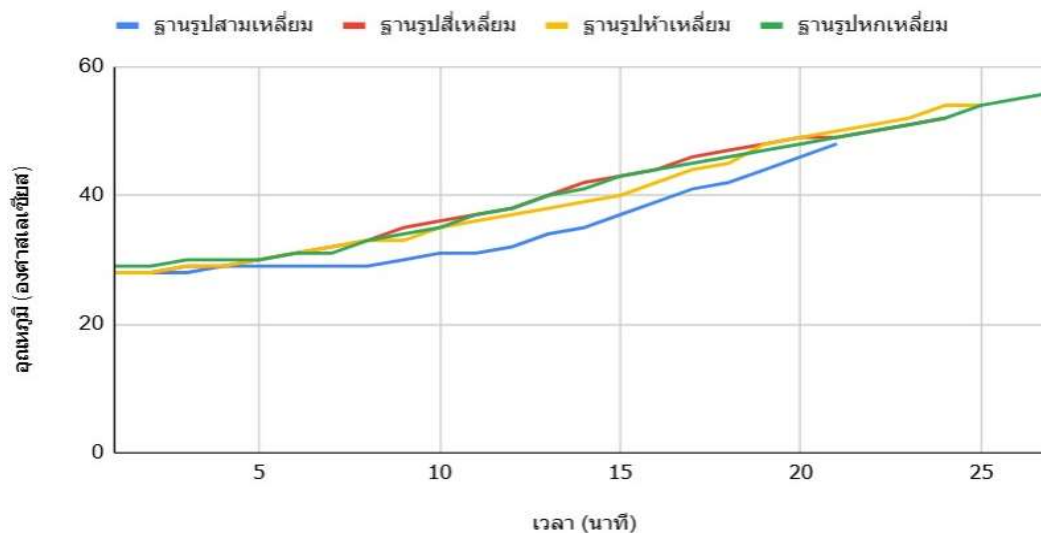
จากผลการทดลองดังตารางที่ 3 พบว่า ปริซึมหกเหลี่ยมด้านเท่า มีอุณหภูมิสุดท้ายสูงที่สุด
ที่ 51 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาเผาไหม้ 26.31 นาที รองลงมา คือ ปริซึมห้าเหลี่ยมด้านเท่า
มีอุณหภูมิสุดท้าย 50 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 24.52 นาที และ ปริซึมสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีอุณหภูมิ
สุดท้าย 50 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 24.08 นาที โดยรูปทรงที่มีอุณหภูมิสุดท้ายต่ำที่สุดและใช้
ระยะเวลาเผาไหม้น้อยที่สุด คือ ปริซึมสามเหลี่ยมด้านเท่า มีอุณหภูมิสุดท้าย 49 องศาเซลเซียส ใช้
เวลา 23.10 นาที

ตารางที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำและเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล
รูปทรงต่าง ๆ ครั้งที่ 3

เวลา (นาท)	อุณหภูมิของน้ำในบีกเกอร์ (องศาเซลเซียส)			
	ปริซึมสามเหลี่ยม ด้านเท่า	ปริซึม สี่เหลี่ยมจัตุรัส	ปริซึม ห้าเหลี่ยมด้านเท่า	ปริซึม หกเหลี่ยมด้านเท่า
เริ่มต้น	28	28	29	29
1	28	28	28	29
2	28	28	28	29
3	28	29	29	30
4	29	29	29	30
5	29	30	30	30
6	29	31	31	31

เวลา (นาทื)	อุณหภูมิของน้ำในบีกเกอร์ (องศาเซลเซียส)			
	ปริซึมสามเหลี่ยม ด้านเท่า	ปริซึม สี่เหลี่ยมจัตุรัส	ปริซึม ห้าเหลี่ยมด้านเท่า	ปริซึม หกเหลี่ยมด้านเท่า
7	29	32	32	31
8	29	33	33	33
9	30	35	33	34
10	31	36	35	35
11	31	37	36	37
12	32	38	37	38
13	34	40	38	40
14	35	42	39	41
15	37	43	40	43
16	39	44	42	44
17	41	46	44	45
18	42	47	45	46
19	44	48	48	47
20	46	49	49	48
21	48	49	50	49
22	-	50	51	50
23	-	51	52	51
24	-	52	54	52
25	-	-	54	54
26	-	-	-	55
27	-	-	-	56
อุณหภูมิสุดท้าย ก่อนเชื้อเพลิงดับ	48	52	54	56
เวลาที่เชื้อเพลิง ดับ (นาทื)	21.12	24.05	25.43	27.27

กราฟที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำและเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล
รูปทรงต่าง ๆ ครั้งที่ 3 จากตารางที่ 3



จากผลการทดลองดังตารางที่ 4 พบว่า ปริซึมหกเหลี่ยมด้านเท่า มีอุณหภูมิสุดท้ายสูงที่สุดที่ 56 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาเผาไหม้ 27.27 นาที รองลงมา คือ ปริซึมห้าเหลี่ยมด้านเท่า มีอุณหภูมิสุดท้าย 54 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 25.43 นาที และ ปริซึมสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีอุณหภูมิสุดท้าย 52 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 24.05 นาที โดยรูปทรงที่มีอุณหภูมิสุดท้ายต่ำที่สุดและใช้ระยะเวลาเผาไหม้น้อยที่สุด คือ ปริซึมสามเหลี่ยมด้านเท่า มีอุณหภูมิสุดท้าย 48 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 21.12 นาที

ตารางที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำและเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล
รูปทรงต่าง ๆ

รูปทรงเรขาคณิตของแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวล	ระยะเวลาที่เชื้อเพลิงอัดแท่งใช้เวลาในการเผาไหม้ (นาที)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
ปริซึมสามเหลี่ยมด้านเท่า	20.55	23.10	21.12	21.46
ปริซึมสี่เหลี่ยมจัตุรัส	22.48	24.08	24.05	23.40
ปริซึมห้าเหลี่ยมด้านเท่า	26.01	24.52	25.43	25.32
ปริซึมฐานหกเหลี่ยมด้านเท่า	27.36	26.31	27.27	27.11

จากผลการทดลองดังตารางที่ 5 พบว่า ระยะเวลาการเผาไหม้เฉลี่ยของแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวล
ยาวนานที่สุด คือ ปริซึมหกเหลี่ยมด้านเท่า ใช้เวลาเฉลี่ย 27.11 นาที รองลงมา คือ ปริซึมห้าเหลี่ยม

ด้านเท้า ใช้เวลาเฉลี่ย 25.32 นาที ปริซึมสี่เหลี่ยมจัตุรัส ใช้เวลาเฉลี่ย 23.40 นาที และระยะเวลาการเผาไหม้เฉลี่ยของแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีระยะเวลาสั้นที่สุด คือ รูปทรงปริซึมสามเหลี่ยมด้านเท่า ใช้เวลาเฉลี่ย 21.46 นาที

ตารางที่ 6 แสดงประสิทธิภาพอัตราการเผาไหม้และพลังงานความร้อนของแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลรูปทรงต่าง ๆ

รูปทรงเรขาคณิตแผ่นเชื้อเพลิง	ประสิทธิภาพอัตราการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง	
	พลังงานความร้อนสะสม (แคลอรี)	ระยะเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ (นาที)
ปริซึมสามเหลี่ยมด้านเท่า	340.00	21.46
ปริซึมสี่เหลี่ยมจัตุรัส	393.33	23.40
ปริซึมห้าเหลี่ยมด้านเท่า	446.67	25.32
ปริซึมหกเหลี่ยมด้านเท่า	493.33	27.11

จากผลการทดลองดังตารางที่ 6 เปรียบเทียบพบว่า แผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลรูปทรงปริซึมหกเหลี่ยมด้านเท่ามีประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีที่สุด โดยให้พลังงานความร้อนสะสม 493.33 แคลอรี และใช้ระยะเวลาการเผาไหม้เฉลี่ย 27.11 นาที รองลงมา คือ ปริซึมห้าเหลี่ยมด้านเท่า ให้พลังงานความร้อนสะสม 446.67 แคลอรี ใช้ระยะเวลาการเผาไหม้เฉลี่ย 25.32 นาที ปริซึมสี่เหลี่ยมจัตุรัส ให้พลังงานความร้อนสะสม 393.33 แคลอรี ใช้ระยะเวลาการเผาไหม้เฉลี่ย 23.40 นาที และ ปริซึมสามเหลี่ยมด้านเท่า ให้พลังงานความร้อนสะสม 340.00 แคลอรี ใช้ระยะเวลาการเผาไหม้เฉลี่ย 21.46 นาที

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า แผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลรูปทรงปริซึมหกเหลี่ยมด้านเท่ามีประสิทธิภาพในการเผาไหม้สูงที่สุด ทั้งในด้านการให้พลังงานความร้อนและระยะเวลาการเผาไหม้ ขณะที่รูปทรงปริซึมสามเหลี่ยมด้านเท่า มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้ต่ำที่สุดในการทดลอง

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

ในการสร้างแผ่นเชื้อเพลิงมวลรูปทรงเรขาคณิตต่าง ๆ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพอัตราการเผาไหม้และเปรียบเทียบระยะเวลาการเผาไหม้ ได้แก่ ปริซึมสามเหลี่ยมด้านเท่า ปริซึมสี่เหลี่ยมจัตุรัส ปริซึมห้าเหลี่ยมด้านเท่า และปริซึมหกเหลี่ยมด้านเท่าที่มีผลต่อประสิทธิภาพอัตราการเผาไหม้ สามารถสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผล

5.1.1 จากการศึกษาพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลรูปทรงต่าง ๆ พบว่า แผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลรูปทรง ปริซึมหกเหลี่ยมด้านเท่า ให้พลังงานความร้อนสูงที่สุด รองลงมา คือ ปริซึมห้าเหลี่ยมด้านเท่า ปริซึมสี่เหลี่ยมจัตุรัส และปริซึมสามเหลี่ยมด้านเท่า ตามลำดับ

5.1.2 จากการศึกษาและเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างรูปทรงของแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลกับระยะเวลาการเผาไหม้ พบว่า แผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลรูปทรงปริซึมหกเหลี่ยมด้านเท่า มีระยะเวลาการเผาไหม้นานที่สุด รองลงมา คือ ปริซึมห้าเหลี่ยมด้านเท่า ปริซึมสี่เหลี่ยมจัตุรัส และปริซึมสามเหลี่ยมด้านเท่า ตามลำดับ

5.2 อภิปรายผล

ปริซึมหกเหลี่ยมด้านเท่า มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้ดีที่สุด โดยให้พลังงานความร้อนสะสมเฉลี่ย 493.33 แคลอรี และมีระยะเวลาการเผาไหม้เฉลี่ย 27.11 นาที ซึ่งสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นเชื้อเพลิงชีวมวลรูปทรงอื่นเชื้อเพลิงสามารถเผาไหม้ได้ต่อเนื่องและให้พลังงานความร้อนได้มากกว่ารูปทรงอื่น

ปริซึมห้าเหลี่ยมด้านเท่า มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้เป็นอันดับที่ 2 โดยให้พลังงานความร้อนสะสมเฉลี่ย 446.67 แคลอรี และมีระยะเวลาการเผาไหม้เฉลี่ย 25.32 นาที ซึ่งรองลงมาจากปริซึมหกเหลี่ยมด้านเท่า

ปริซึมสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้อยู่ในอันดับที่ 3 โดยให้พลังงานความร้อนสะสมเฉลี่ย 393.33 แคลอรี และมีระยะเวลาการเผาไหม้เฉลี่ย 23.40 นาที มีพลังงานความร้อนและระยะเวลาการเผาไหม้น้อยกว่าปริซึมห้าเหลี่ยมด้านเท่าและปริซึมหกเหลี่ยมด้านเท่าแต่ยังมีประสิทธิภาพสูงกว่าปริซึมสามเหลี่ยมด้านเท่า

ปรีซึ่มสามเหลี่ยมด้านเท่า มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้น้อยที่สุด โดยให้พลังงานความร้อนสะสมเฉลี่ย 340.00 แคลอรี และมีระยะเวลาการเผาไหม้เฉลี่ย 21.46 นาที ซึ่งต่ำที่สุดในการทดลอง มีการกระจายความร้อนและการเผาไหม้เกิดขึ้นได้ในระยะเวลาสั้นกว่า ส่งผลให้พลังงานความร้อนที่ได้ต่ำกว่ารูปทรงอื่น

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง พื้นที่ผิว ปริมาตร และอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตร กับระยะเวลาการเผาไหม้และปริมาณความร้อน เพื่ออธิบายผลการทดลองด้วยหลักคณิตศาสตร์

5.3.2 ควรศึกษาการปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้ เช่น ปริมาณควัน ฝุ่นละออง หรือก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เพื่อประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ

5.3.3 ทดลองใช้วัสดุชีวมวลชนิดอื่นหรือผสมชีวมวลหลายชนิดเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงชีวมวล

เอกสารอ้างอิง

- กรมป่าไม้. (2553). การเผาไหม้. โดย นฤมล ภานุนำภา. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้.
- การใช้ประโยชน์จากชีวมวล. (2555). สรุปและเรียบเรียงจากโครงการวิจัย เรื่อง แนวทางการส่งเสริมมาตรฐานเชื้อเพลิงชีวมวลแปรรูปในภาคอุตสาหกรรม. โดย รศ.ดร.บุษบา พุกกาพันธุ์รัตน์, ดร.บุญรอด สัจจนกิจ และคณะ.วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี. (ม.ป.ป.). CTC Chontech. สืบค้นเมื่อ 6 สิงหาคม 2569, จาก <http://ctc.chontech.ac.th/>
- ธมลวรรณ โคตรพันธ์. ปริซึม [Online]. (<https://basegeometry1.weebly.com/>).
- ChemiHouse. (ม.ป.ป.). ChemiHouse. สืบค้นเมื่อ 6 สิงหาคม 2569, จาก <https://chemihouse.com/>
- Raadman Burner. (ม.ป.ป.). Raadman Burner. สืบค้นเมื่อ 6 สิงหาคม 2569, จาก <https://raadmanburner-com.translate.google/>
- Yodbai. (ม.ป.ป.). สืบค้นเมื่อ 6 สิงหาคม 2569, จาก <https://www.yodbai.com/Base Geometry>. (ม.ป.ป.). Base Geometry. สืบค้นเมื่อ 6 สิงหาคม 2569, จาก <https://basegeometry1.weebly.com/>