# การศึกษาขนาดและอัตราส่วนผสมแกลบกับไม้มะม่วงที่มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อน

# A STUDY ON THE EFFECT OF SIZE AND RATIO OF MIXED RICE HUSK AND MANGO WOOD TOWARDS THE THERMAL EFFICIENCY

**ลือพงษ์ ลือนาม[1*] และ ถาวร ราชรองเมือง[2]**

**Luepong Luenam[1*] and Thaworn Ratrongmuang[2]**

*[1*]คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520*

*[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล วิทยาลัยเทคนิคหนองคาย หนองคาย 43000*

*[1*]School of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand 10520*

*[2] Department of Mechanical Technology, Nongkhai Technical College Nongkhai 43000*

Received : 2023-10-13 Revised : 2023-11-22 Accepted : 2023-11-22

**บทคัดย่อ**

สืบเนื่องจากประเทศไทย เป็นประเทศที่มีประชากรส่วนใหญ่เป็นเกษตรกร ดังนั้น จึงมีวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรทั้งแกลบที่เหลือทิ้งจากกระบวนการสีข้าวและไม้มะม่วงที่เหลือทิ้งจากการตัดแต่งมาทำเป็นเชื้อเพลิงภายในเตาชีวมวล ด้วยการทดลองต้มน้ำให้เดือดการเป็นไอ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนในการเผาไหม้ จากไม้มะม่วงผสมแกลบ สำหรับเป็นพลังงานทดแทนใช้ในครัวเรือนและเป็นวัสดุที่มีอยู่ในชุมชน ผลศึกษาพบว่า แกลบผสมไม้มะม่วงอัตราส่วน 1:1 เป็นเชื้อเพลิงในเตาชีวมวลได้ โดยไม้มะม่วงเส้นผ่านศูนย์กลาย 1 เซนติเมตร ที่มีความยาวขนาด 1 3 และ 5 เซนติเมตร สามารถต้มน้ำให้ระเหยกลายเป็นไอได้ และมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนการเผาไหม้ 7.82 7.50 และ 7.75 ซึ่งมีความใกล้เคียงกัน ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เพื่อให้ทราบอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม จึงได้กำหนดอัตราส่วนแกลบต่อไม้มะม่วง 1:1 1:2 และ 1:3 พบว่า อัตราส่วนผสม 1:1 และ 1:2 มีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนใกล้เคียงกัน 6.86 และ 7.73 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P> 0.05) สำหรับอัตราส่วนผสมแกลบต่อไม้มะม่วง 1:3 มีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำที่สุด 5.32 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งทั้งสามอัตราส่วนสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเตาชีวมวลได้ โดยอัตราส่วนแกลบต่อไม้มะม่วงที่เหมาะสมคือ 1:2 มีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนดีที่สุด

**คำสำคัญ** : ไม้มะม่วง, แกลบ, ประสิทธิภาพความร้อน

**Abstract**

Thailand is a nation where much of its population is engaged in agriculture. In the realm of farming, the process often generates agricultural waste materials, including the leftover of rice husks from the rice milling process and mango wood from trimming, are used as fuel in the biomass stove. A study commenced by experimenting with boiling water to vaporize and to study the thermal efficiency of combustion from a composition of mango wood and rice husks in order to use as renewable energy for household use and as a material available in local communities.

The study found that rice husk mixed with mango wood at a mixing ratio of 1:1 can be used as fuel in a biomass stove. The 1, 3, and 5-centimeter mango branches can be boiled with water until it evaporates and turns into steam. In addition, it has combustion thermal efficiency values of 7.82, 7.50, and 7.75, which are similar, but reveal no significantly difference (P>0.05)

In order to know the appropriate mixing ratio, the ratio of rice husk to mango wood was determined to

*ลือพงษ์ ลือนาม

E-mail address : Luepong.lu@kmitl.ac.th

be 1:1, 1:2, and 1:3. It was found that the mixing ratios were 1:1 and 1:2. and had similar thermal efficiency values of 6.86 and 7.73, not significantly different in terms of Statistics (P>0.05) for the ratio of rice husk to mango wood 1:3 has the economical efficiency value. The lowest heat was 5.32, a statistically significant difference (P>0.05).

All three ratios can be used as fuel for a biomass stove. The optimum mixing ratio of rice husk to mango wood is 1:2 which exposes the best thermal efficiency.

**Keywords:** Mango wood, Husk, Thermal Efficiency

**1.บทนำ**

ประเทศไทยมีการทำเกษตรกรรมมช้านาน เนื่องจากมีที่ตั้งของเขตภูมิประเทศเหมาะสมกับการทำเกษตร [1] มีเนื้อที่ทางการเกษตร 149.25 ล้าน คิดเป็น 46.5 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งภาคเกษตรเป็นแหล่งผลิตเริ่มต้นหลักของอุตสาหกรรมอื่น แล้วยังเป็นแหล่งผลิตอาหารสำหรับประชากรในประเทศและส่งออก [2] จากการทำเกษตรกรรมจึงส่งผลให้มีวัสดุเหลือทิ้งมากมาย แบ่งออก 2 ประเภท คือวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และวัสดุเหลือทิ้งทางอุตสาหกรรม [3]

แกลบ (Rice Husk) คือวัสดุเหลือทิ้งที่ได้จากกระบวนการสีข้าวเปลือก ซึ่งทำให้เกิดเศษของเปลือกข้าวออกมา มีลักษณะสีเหลืองทอง สีเหลืองอ่อน สีน้ำตาลแดงขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ข้าว ซึ่งจะประกอบด้วยสารอินทรีย์ และซิลิกา โดยปริมาณสารอินทรีย์จะประกอบด้วยธาตุคาร์บอนประมาณร้อยละ 51 ออกซิเจนร้อยละ 42 ส่วนที่เหลือจะเป็นไฮโดรเจน และไนโตรเจน ส่วนซิลิกาจะพบมากบริเวณผิวนอกของแกลบจึงทำให้แกลบมีความแข็งสูงสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุขัดผิวได้ [4] ในปัจจุบันมีการนำแกลบมาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน เช่น การนำแกลบมาเป็นวัสดุปลูก [5] การนำขี้เถ้าแกลบผสมในดินปั้นสำหรับผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์ [6] การนำแกลบมาใช้เป็นฉวนความร้อน [7] วัสดุผสมร่วมกับคอนกรีตเสริมเหล็กใช้ในการก่อสร้าง [8] การนำแกลบมาเป็นวัสดุรองพื้นในระบบการเลี้ยงไก่ [9] และ การนำแกลบมาผลิตเป็นถ่านไบโอชาร์ [10]

มะม่วงเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ ซึ่งผลสามารถรับประทานได้ทั้งดิบและสุก โดยมีพื้นที่ปลูกได้ในทุกภาคของประเทศไทย แต่จะให้ผลผลิตแตกต่างกันไปตามสภาพของท้องที่ [11] โดยจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมะม่วงมากที่สุดในประเทศ 5 อันดับแรกในปี 2559 คือ พิษณุโลก เลย เชียงใหม่ นครราชสีมา และประจวบคีรีขันธ์ [12] โดยการปลูกมะม่วงต้องมีการตัดแต่งทรงพุ่มต้นมะม่วงทุกปี นิยมตัดแต่งเปิดกลางทรงพุ่มให้โปร่งโดยเฉพาะการปลูกในระบบปลูกชิด จำนวนต้นที่ปลูกหนาแน่น ถ้าทรงต้นหนาทึบอาจจะทำให้เป็นที่สะสมของโรคและแมลงศัตรูได้ โดยเฉพาะโรคแอนแทรกโนส ฉะนั้นต้องตัดแต่งกิ่ง เพื่อให้ระบบกิ่งภายในทรงพุ่มโปร่ง เพื่อแก้ปัญหาโรคแมลงได้น้อยลง ระบบการเลี้ยงกิ่งข้างนี้จะทำให้การตั้งพุ่มของมะม่วงมีทรงพุ่มได้ดี คือ จากช่วงที่ 1 เลี้ยงกิ่งไว้ 1-2 กิ่ง พอช่วงที่ 2 เลี้ยงกิ่งที่แตกจากช่วงที่ 1 ไว้กิ่งละ 3 กิ่ง รวมกันเป็น 6 กิ่ง พอช่วงที่ 3 เลี้ยงไว้ 18 กิ่ง (1-2-6-18) การแตกกิ่งของมะม่วงแตกด้านข้างละ 3 ช่วง และรวมทั้งการเลี้ยงกิ่งจากลำต้นอีก 2 ช่วง รวมเป็น 5 ช่วง จะใช้เวลาเลี้ยงดูทั้งหมดประมาณ 7-8 เดือน การเลี้ยงระบบนี้กิ่งจะค่อย ๆ โปร่งขึ้น และโคนกิ่งแข็งแรง กิ่งจะไม่หักหรือห้อยลงมาขณะที่มะม่วงติดผล จึงทำให้มีใบและกิ่งมะม่วงที่เหลือทิ้งจากการตัดแต่งในแต่ละครั้ง เป็นจำนวนมาก ซึ่งสามารถนำมาผลิตถ่านชีวภาพบำรุงปรับปรุงดินได้ [13]

จากวัสดุเหลือทิ้งทั้งแกลบและกิ่งมะม่วงที่ได้จากการตัดแต่ง ซึ่งเป็นวัสดุที่สามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงที่มีอยู่ในชุมชน เมื่อนำมาเผาด้วยเตาชีวมวล จะก่อให้เกิดประโยชน์และประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของภาคเกษตรกร ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการนำวัสดุ ทั้งสองชนิดมารวมกันและศึกษาหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่เกิดขึ้น โดยการใช้กิ่งมะม่วงที่ขนาดและอัตราส่วนที่แตกต่างกันผสมกับแกลบเผาทดสอบในเตาชีวมวล

**2.วิธีดำเนินการวิจัย**

*2.1การออกแบบและพัฒนาเตาชีวมวล*

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการออกแบบและการสร้างเตาเผามาเตาชีวมวลขนาดเล็ก แสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งมีส่วนประกอบของเตาสำคัญ 3 ส่วน ดังนี้

2.1.1หมายเลข 1 ฐานเตามีลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้าโค้งมน มีขนาดกว้างXยาวXสูงเท่ากับ 21x30x10 เซนติเมตร สร้างขึ้น

จากเหล็กแผ่นหนา 0.2 เซนติเมตร ด้านหน้าตรงกลางด้านซ้ายทำการเจาะรูขนาดกว้างXยาวเท่ากับ 3x6 เซนติเมตร ไว้สำหรับติดตั้งพัดลมหอยโข่งขนาด 4 นิ้ว พร้อมกับติดตั้งโครงเหล็กที่สร้างด้วยเหล็กรีดแบน ขนาดกว้าง 1.15 X 0.35 เซนติเมตร ส่วนภายนอกห่อหุ้มด้วยตะแกรงเหล็กขนาดเล็กเพื่อป้องกันอันตรายจากความร้อนที่เกิดขึ้น

2.1.2หมายเลข 2 หลอดบรรจุวัสดุ ใช้เหล็กท่อขนาด 6 นิ้ว ยาว 50 เซนติเมตร และด้านล่างทำการติดตั้งตะแกรงเหล็กละเอียด เพื่อป้องกันไม่ให้วัสดุที่นำมาทดลองตกลงไปยังฐานเตา

2.1.3หมายเลข 3 หัวเตาใช้เหล็กแผ่นกลมขนาด 6 นิ้วเจาะรูขนาด 1.27 เซนติเมตร (4หุน) จำนวน 31 รู จากนั้นนำมาเชื่อมติดกับฐานรองกระทะขนาด 10 นิ้ว และล้อมรอบด้วยแผ่นสังกะสียาว 7 เซนติเมตร เพื่อป้องกันลม และให้เปลวไฟขึ้นตรงเท่านั้น

**รูปที่ 1** ส่วนประกอบของเตาชีวมวลขนาดเล็ก

*2.2วัสดุและอุปกรณ์*

สถานที่ดำเนินการศึกษาและทดลอง ณ อาคารเจ้าคุณทหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยมีวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ดังนี้

ง จ

**รูปที่ 2** วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

(1)วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรนั้นคือ ไม้มะม่วง และแกลบ แสดงดังรูปที่ 2ก และ 2ข

(2)เครื่องวัดอุณหภูมิ Data logger รุ่น GL800 แสดงดังรูปที่ 2ค

(3)สายเทอร์โมคัปเปิล Type K

(4)หม้อต้มน้ำเบอร์ 28 แสดงดังรูปที่ 2ง

(5)เตาชีวมวล ดังรูปที่ 1

(6)พัดลมหอยโข่ง DC12V 2.85A 4 นิ้ว แสดงดังรูปที่ 2จ

*2.3ขั้นตอนการดำเนินการทดลองและวิเคราะห์ผล*

การทดลองส่วนที่หนึ่ง จะทำการทดลองหาขนาดของไม้มะม่วงที่สามารถทำให้เกิดประสิทธิภาพเชิงความร้อนในการเผาไหม้สูงสุด โดยการคำนวณดังสมการที่ 1 ซึ่งทำการทดลองกับไม้มะม่วงเส้นผ่านศูนย์กลาย 1 เซนติเมตร ที่มีความยาว 3 ขนาด คือ 1 3 และ 5 เซนติเมตร โดยแต่ละขนาดทำการทดลอง 3 ซ้ำ และใช้อัตราส่วนระหว่างแกลบกับไม้มะม่วง 50:50 โดยการทดลอง แต่ละครั้งใช้ไม้มะม่วง 750 กรัม และแกลบ 750 กรัม เมื่อทำการเก็บข้อมูลต่าง ๆ แล้วนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพความร้อน ดังสมการ ที่ 1 จากนั้นเมื่อได้ผลการทดลอง จึงนำไปวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยวิธีหาค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) แบบทางเดียว (One-way Anova) และวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยโปรแกรม

Statistical Package for the Social Sciences [14] ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

$\eta = ((M_{\omega,j} \times C_p \times (T_b - T_i) + M_{w,evap} \times H_i)/(M_f \times H_f)) \times 100$ (1)

โดยที่

$\eta$ = ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาชีวมวล

$M_{w,j}$ = น้ำหนักก่อนต้ม, kg

$C_p$ = ความร้อนจำเพาะของน้ำมีค่า 4.186 kJ/kg °C

$M_{w,evap}$ = น้ำหนักน้ำที่ระเหย, kg

$M_f$ = น้ำหนักเชื้อเพลิง, kg

$T_b$ = อุณหภูมิของน้ำขณะเดือด, องศาเซลเซียล

$T_i$ = อุณหภูมิของน้ำก่อนต้ม, องศาเซลเซียล

$H_i$ = ค่าความร้อนแฝงของน้ำมีค่า 2,257 KJ/kg

$H_f$ = ค่าความร้อนเชื้อเพลิง KJ/kg

เมื่อได้ผลจากการทดลองหาขนาดไม้ที่เหมาะสมแล้ว จึงทำการทดลองหาอัตราส่วนแกลบต่อไม้มะม่วง 1:1 1:2 และ 1:3 โดยกำหนดให้แกลบ 1 ส่วนเท่ากับ 500 กรัม และไม้มะม่วง 1 ส่วนเท่ากับ 500 และเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนที่กำหนด จากนั้นเมื่อได้ผลการทดลอง นำไปวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดย วิธีหาค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) แบบทางเดียว (One-way Anova) และวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยโปรแกรม Statistical Package for the Social Sciences ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**3.ผลการวิจัย**

*3.1ผลของขนาดไม้มะม่วงต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อน*

จากการทดลองใช้ไม้มะม่วงกับแกลบอัตราส่วนระหว่างแกลบกับไม้มะม่วง 50:50 ผสมร่วมกันจำนวน 1500 กรัม/ซ้ำ เพื่อหาผลของขนาดไม้มะม่วงที่ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนในการเผาไหม้สูงสุด โดยไม้มะม่วงมีความชื้นในช่วง 14.30–14.72 เปอร์เซ็นต์ (ฐานเปียก) และใช้น้ำบรรจุในภาชนะเริ่มต้น 1,000 กรัม/ซ้ำ ทำการทดลองต้มน้ำให้เดือนระเหยกลายเป็นไอ ด้วยเตาชีวมวล พบว่า การเผาไหม้ไม้มะม่วงขนาด 5 เซนติเมตรปริมาณน้ำละเหยกลายเป็นไอสูงสุด 973.33 กรัม รองลงมาคือ ไม้มะม่วงขนาด 1 และ 3 เซนติเมตร ระดับอุณหภูมิของน้ำเริ่มต้นและอุณหภูมิน้ำเดือดมีค่าใกล้เคียงกันในช่วง 26.33-26.66 และ 99.67-100.00 องศา-เซลเซียส สำหรับค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนในการเผาด้วยเตาชีวมวล พบว่า ไม้มะม่วงขนาด 1 เซนติเมตรมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดที่ 7.82 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือไม้มะม่วงขนาด 5 และ 3 เซนติเมตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** ผลของขนาดไม้มะม่วงต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่ได้

| ขนาดไม้มะม่วง (ซม.) | ปริมาณน้ำระเหย (g) | อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น °C | อุณหภูมิน้ำเดือด °C | มวลขี้เถ้า (g) | ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 950.00 | 26.33 | 99.67 | 136.67 | 7.82 |
| 3 | 913.33 | 26.66 | 100.00 | 150.00 | 7.38 |
| 5 | 973.33 | 26.38 | 99.67 | 156.67 | 7.75 |

จากผลการทดลองขนาดไม้มะม่วงต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนในการเผาที่ได้ ไปวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละขนาดไม้มะม่วง ซึ่งแสดงดังตารางที่ 2 ผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว พบว่า ขนาดไม้มะม่วงไม่มีผลทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนแตกต่างกัน โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

**ตารางที่ 2** ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความแตกต่างกันทางสถิติของขนาดไม้มะม่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร

| ขนาดไม้มะม่วง (ซม.) | ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%) |
|---|---|
| 1 | 7.82±0.57a |
| 3 | 7.50±0.13a |
| 5 | 7.75±0.80a |
| F-test | 0.258 |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบนมาตรฐานที่ตามหลังด้วยตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT (p)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ขนาดไม้มะม่วงไม่มีผลทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนในการเผาไหม้ด้วยเตาชีวมวลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สามารถผสมไม้มะม่วงขนาดต่าง ๆ กับแกลบเป็นเชื้อเพลิง ในการเผาไหม้ด้วยเตาชีวมวล จนทำให้เกิดความร้อนในการต้มน้ำเดือดกลายเป็นไอได้ ซึ่งเป็นสัดส่วน 1 : 1 เพื่อลดปริมาณแกลบที่ใช้ผสมให้น้อยลง จึงได้

ศึกษาหาสัดส่วนการผสมไม้มะม่วงและแกลบที่เหมาะสม โดยเลือกไม้มะม่วงขนาด 3 เซนติเมตร ซึ่งประสิทธิภาพเชิงความร้อนในการเผาไหม้ต่ำสุด มาทดลองหาสัดส่วนที่เหมาะสมต่อไป

*3.2ผลของอัตราส่วนผสมต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อน*

การศึกษาหาสัดส่วนการผสมระหว่างแกลบต่อไม้มะม่วง ได้กำหนดอัตราส่วนในการทดลอง คือ 1:1 1:2 และ 1:3 โดยแต่ละอัตราส่วนทำการทดลอง 3 ซ้ำ ซึ่งการทดลองใช้ไม้มะม่วงต่อแกลบผสมร่วมกันและแบ่งจำนวน 1,500 กรัม/ซ้ำ และไม้มะม่วงมีความชื้นในช่วง 13.56–14.27 เปอร์เซ็นต์ (ฐานเปียก) และใช้น้ำบรรจุในภาชนะเริ่มต้น 1,000 กรัม/ซ้ำ ทำการทดลองต้มน้ำให้เดือนระเหยกลายเป็นไอด้วยเตาชีวมวล พบว่า การเผาไหม้แกลบต่อไม้มะม่วงในอัตราส่วน 1:1 ปริมาณน้ำที่ระเหยกลายเป็นไอน้ำสูงสุดที่ 830.00 กรัม รองลงมาคือ อัตราส่วน 1:2 และ 1:3 ตามลำดับ ระดับอุณหภูมิน้ำเริ่มต้นของอัตราส่วน 1:2 มีค่าสูงสุดที่ 25.33 องศาเซลเซียส รองลงมาคืออัตราส่วน 1:1 และ 1:3 มีค่าเท่ากัน 24.00 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิน้ำเดือดอัตราส่วน 1:1 และ 1:3 มีค่าสูงเท่ากันที่ระดับ 100 องศาเซลเซียส ส่วนประสิทธิภาพเชิงความร้อนอัตราส่วน 1:2 มีค่าสูงสุดที่ 7.73 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ อัตราส่วน 1:1 และ 1:3 ตามลำดับ ดังตารางที่ 3

**ตารางที่ 3** ผลของอัตราส่วนต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อน

| อัตราส่วนแกลบต่อไม้มะม่วง | ปริมาณน้ำระเหย (g) | อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น °C | อุณหภูมิน้ำเดือด °C | มวลขี้เถ้า (g) | ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1:1 | 830.00 | 24.00 | 100.00 | 136.67 | 6.86 |
| 1:2 | 703.33 | 25.33 | 100.00 | 123.33 | .773 |
| 1:3 | 650.00 | 24.00 | 99.67 | 156.67 | 5.32 |

เมื่อนำค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละอัตราส่วนแกลบต่อไม้มะม่วง โดยผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว พบว่า อัตราส่วนของไม้มะม่วงกับแกลบ 1:1 และ 1:2 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีความแตกต่างในอัตราส่วน 1:3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังตารางที่ 4

จากผลการทดลองจะแสดงให้เห็นว่า อัตราส่วนผสมแกลบต่อไม้มะม่วง 1:1 และ 1:2 ในการทดลองต้มน้ำให้เดือดระเหยกลายเป็นไอด้วยเตาชีวมวล มีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันทางสถิติ ใช้ได้ดีเท่าเทียบกันได้ และอัตราส่วนผสมแกลบต่อไม้มะม่วง 1:3 สามารถใช้ได้ดีพอใช้เช่นกัน ดังนั้น การใช้แกลบกับไม้มะม่วงทั้งสามอัตราส่วนสามารถเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลผลิตความร้อนได้ โดยอัตราส่วนแกลบต่อไม้มะม่วงที่เหมาะสมคือ 1:2

**ตารางที่ 4** ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความแตกต่างกันทางสถิติของอัตราส่วนระหว่างแกลบกับไม้มะม่วง

| อัตราส่วนแกลบต่อไม้มะม่วง | ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%) |
|---|---|
| 1:1 | 6.68±0.42a |
| 1:2 | 7.73±0.51a |
| 1:3 | 5.32±0.56b |
| F-test | 13.16 |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบนมาตรฐานที่ตามหลังด้วยตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT (p)

**4.อภิปรายและสรุปผลการวิจัย**

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรทั้งแกลบที่เหลือทิ้งจากกระบวนการสีข้าวและไม้มะม่วงที่เหลือทิ้งจากการตัดแต่งทรงพุ่ม เป็นวัสดุที่สามารถนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงได้ โดยการเผาภายในเตาชีวมวลด้วยการทดลองต้มน้ำให้เดือดการเป็นไอ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนในการเผาไหม้จากไม้มะม่วงผสมแกลบใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล สำหรับเป็นพลังงานทดแทนใช้ในครัวเรืองและเป็นวัสดุที่มีอยู่ในชุมชนท้องถิ่น จากการศึกษาสรุปได้ ดังนี้

ไม้มะม่วงผสมแกลบในอัตราส่วน 1:1 สามารถเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเตาชีวมวลได้ โดยไม้มะม่วงทั้ง 3 ขนาด ได้แก่ 1 3 และ 5 เซนติเมตร สามารถต้มน้ำให้ระเหยกลายเป็นไอได้ และมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนการเผาไหม้ 7.82 7.50 และ 7.75 ตามลำดับ ซึ่งมีความใกล้เคียงกันมาก เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยผลการทดลอง พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เพื่อให้ทราบ

อัตราส่วนผสมที่เหมาะสม จึงได้เลือกไม้มะม่วงขนาด 3 เซนติเมตร เนื่องจากมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนการเผาไหม้ต่ำที่สุดไปทดลอง โดยกำหนดอัตราส่วนแกลบต่อไม้มะม่วง 1:1 1:2 และ 1:3 ทำการทดลองต้มน้ำให้เดือนระเหยกลายเป็นไอด้วยเตาชีวมวล พบว่า อัตราส่วนผสมแกลบต่อไม้มะม่วง 1:1 และ 1:2 ในการทดลองต้มน้ำให้เดือนระเหยกลายเป็นไอด้วยเตาชีวมวล มีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนใกล้เคียงกัน 6.86 และ 7.73 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) สำหรับอัตราส่วนผสมแกลบต่อไม้มะม่วง 1:3 มีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำที่สุด 5.32 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งทั้งสามอัตราส่วนสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเตาชีวมวลได้

กล่าวโดยสรุป การใช้วัสดุเหลือทิ้งแกลบกับไม้มะม่วงสามารถเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลผลิตความร้อนได้ โดยอัตราส่วนแกลบต่อไม้มะม่วงที่เหมาะสมคือ 1:2 มีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนดีที่สุด

ข้อเสนอแนะในงานวิจัย ควรมีการศึกษากับวัสดุเหลือทิ้งทางเกษตรชนิดอื่น ๆ ด้วยเนื่องจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมีหลากหลาย และเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนกับวัสดุชีวมวลชนิดอื่นต่อไป

## เอกสารอ้างอิง

[1] กิติศักดิ์ ทองมีทิพย์, “พัฒนาการเกษตรกรรมของประเทศไทย: ในมิติด้านการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต”. *วารสารพัฒนศาสตร์,* ปีที่ 4 ฉบับที่ 1, หน้า 133-162, 2564.

[2] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, “บทความเศรษฐกิจการเกษตร”, *วารสารเศรษฐกิจการเกษตร*, ปีที่ 68 ฉบับที่ 794, หน้า 6, 2566.

[3] ชัยสิทธิ์ ทองจู, “การใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเพื่อประโยชน์ทางการเกษตร”, *เกษตรอภิรมย์*, หน้า 44-45, 2563.

[4] วาโย ตันติปาลกุล, “แกลบดิบ แกลบดำ (ถ่านแกลบ ) ขี้เถ้าแกลบ ( แกลบขาว-เทา )”, วาโย ฟาร์ม, เข้าถึงได้จาก https://farm.vayo.co.th/blog/husk/. (เข้าถึงเมื่อ : 20 พฤษภาคม 2566).

[5] อัจฉรา ทองสี, วัสดุปลูกจากฟางข้าวและแกลบ, (รายงานผลการวิจัย). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี, 2563.

[6] กนกวรรณ กันทะกัน , “การพัฒนาดินปั้นเถ้าแกลบสำหรับผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์” , ปริญญาคหกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2557.

[7] สิงหเดช แตงจวง และคณะ, “แผ่นฉนวนความร้อนจากแกลบและขี้เลื่อยโดยใช้น้ำยางพาราเป็นตัวประสาน”, *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี*, ปีที่ 11, ฉบับที่ 2, หน้า 51-68, 2566.

[8] ฉลอง ปะลาชิตัง และเรืองรุชดิ์ ชีระโรจน์, “การทนไฟของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กผสมเถ้าแกลบบดละเอียด”, *วารสารวิจัยรำไพพรรณี*, ปีที่ 13 ฉบับที่ 1, หน้า 20-31, 2562.

[9] พิพัฒน์ สมภาร และพรชัย อิ่มกะดี, “การใช้วัสดุรองพื้นเพื่อส่งเสริมสวัสดิภาพไก่ชนที่เลี้ยงในสุ่มไม้ไผ่”, *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, ปีที่ 23, ฉบับที่ 5, หน้า 825-832, 2558.

[10] พีรพงษ์ เชาวนพงษ์ และคณะ, ศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติของไบโอชาร์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อการเพิ่มศักยภาพการผลิตของดิน, (รายงานผลการวิจัย), กรุงเทพฯ: กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, 2556.

[11] พัฒนา นรมาศ และ วัฒนา สวรรยาธิปัติ, *การปลูกมะม่วง*, กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมการเกษตรกองเกษตรสัมพันธ์, ม.ป.ป.

[12] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, “สถิติการเกษตรของประเทศไทย”, เข้าถึงได้จาก http://www.agriinfo.doae.go.th/year60/plant/rortor/fruit2/mango.pdf. (เข้าถึงเมื่อ : 20 พฤษภาคม 2566).

[13] มนตรี นันทสิทธิ์, *การปลูกมะม่วง*, กรุงเทพฯ, 2556.

[14] IBM Corp, “Released IBM SPSS Statistics for Windows”, *Version 28.0. Armonk*, NY: IBM Corp, 2021.