บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การผลิตถ่านหินอัดก้อนเพื่อทดแทนการใช้ถ่านไม้และฟืนในครัวเรือน จำเป็นต้องมีเตาหุงต้มที่เหมาะสมและสะดวกต่อการใช้งาน รวมทั้งมีประสิทธิภาพสูง เพื่อเป็นการประหยัดเชื้อเพลิง โดยเตาที่ใช้กันในปัจจุบันคือ เตาอั้งโล่ที่ใช้กับถ่านไม้และฟืน เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งมีการใช้กันมากถึงประมาณร้อยละ 71 ของเตาหุงต้มทั้งหมด และถ่านหินอัดก้อนมีลักษณะเป็นก้อนคล้ายถ่านไม้ จึงนำมาทดลองใช้ในเตาอั้งโล่ โดยทำการทดลองกับเตาอั้งโล่ 3 ขนาด คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 24, 27 และ 30 ซม. แล้วทำการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนในเตา รวมทั้งศึกษาลักษณะและความสะดวกในการใช้งานของถ่านหินอัดก้อนโดยเปรียบเทียบกับถ่านไม้ เพื่อนำข้อมูลมาเป็นแนวทางในการดัดแปลง ปรับปรุง พัฒนา เตาอั้งโล่ให้เหมาะสมกับการใช้ถ่านหินอัดก้อนถ้ามีความจำเป็น นอกจากนี้ได้ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานของเตา เพื่อปรับปรุงเตาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และเสนอแนะการใช้เตาที่ถูกต้อง แล้วทำการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนในเตาเปรียบเทียบระหว่างถ่านหินอัดก้อนที่มีค่าความร้อนต่าง ๆ กัน จากผลการทดลองสรุปได้ดังนี้คือ

1. การวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนในเตาหุงต้ม

1.1 ประสิทธิภาพการใช้งานของเตา พบว่าสำหรับเตาทั้ง 3 ขนาด เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อนมีค่าใกล้เคียงกัน คือประมาณร้อยละ 30-33 ของพลังงานที่ให้จากเชื้อเพลิงทั้งหมด ขึ้นอยู่กับขนาดของเตา ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การใช้ถ่านหินอัดก้อนในเตาอั้งโล่ในแง่ของการนำไปใช้งานสามารถใช้ทดแทนถ่านไม้ได้ และช่วงเวลาน้ำเดือดของถ่านหินอัดก้อนก็มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อยเมื่อเทียบกับถ่านไม้ คือประมาณ 17 นาที สำหรับถ่านหินอัดก้อน และประมาณ 15 นาที สำหรับถ่านไม้ แสดงให้เห็นว่าต้มน้ำให้เดือดได้พร้อม ๆ กัน

1.2 ความร้อนที่สูญเสียตามส่วนต่าง ๆ ของเตา

ก. ทางผิวของเตาโดยรอบ พบว่าในเตาทั้ง 3 ขนาด เมื่อเปรียบเทียบ

กันระหว่างถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน การสูญเสียเมื่อใช้ถ่านไม้จะมากกว่าเมื่อใช้ถ่านหินอัดก้อน คือประมาณร้อยละ 3.5-4.0 ของพลังงานที่ให้จากเชื้อเพลิงทั้งหมด เมื่อใช้ถ่านไม้ และประมาณร้อยละ 2.5-3.0 ของพลังงานที่ให้จากเชื้อเพลิงทั้งหมด เมื่อใช้ถ่านหินอัดก้อน

ข. ทางช่องลมด้านหน้า พบว่าในเตาทั้ง 3 ขนาด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน การสูญเสียเมื่อใช้ถ่านไม้จะมากกว่าเมื่อใช้ถ่านหินอัดก้อน คือประมาณร้อยละ 1 ของพลังงานที่ให้จากเชื้อเพลิงทั้งหมด เมื่อใช้ถ่านไม้ และประมาณร้อยละ 0.5 ของพลังงานที่ให้จากเชื้อเพลิงทั้งหมด เมื่อใช้ถ่านหินอัดก้อน

ค. โดยสะสมอยู่ในเตา พบว่าในเตาทั้ง 3 ขนาด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน การสูญเสียเมื่อใช้ถ่านหินอัดก้อนจะมากกว่าเมื่อใช้ถ่านไม้ คือประมาณร้อยละ 5.5-6.0 ของพลังงานที่ให้จากเชื้อเพลิงทั้งหมด เมื่อใช้ถ่านหินอัดก้อน และประมาณร้อยละ 4.5-5.5 ของพลังงานที่ให้จากเชื้อเพลิงทั้งหมด เมื่อใช้ถ่านไม้

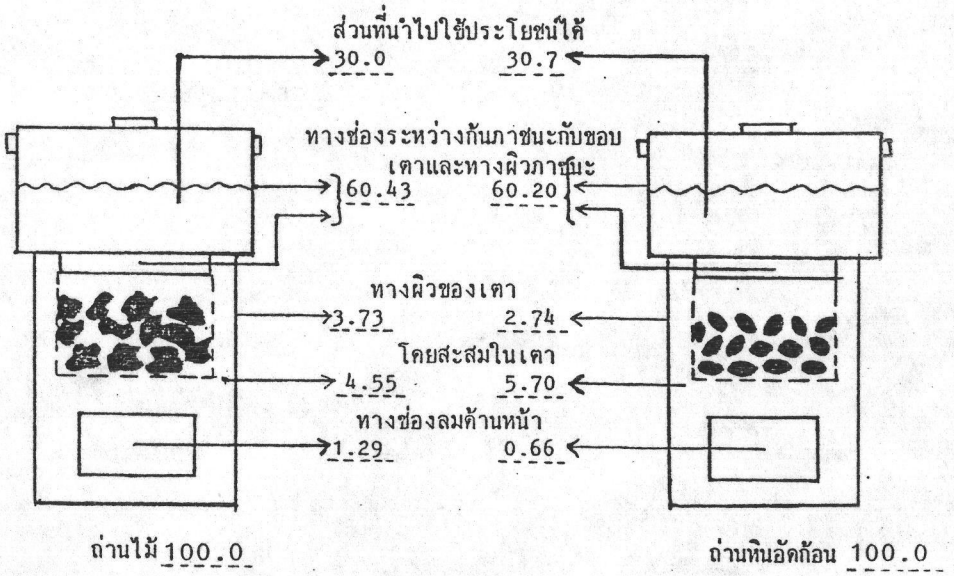
ง. ทางช่องระหว่างขอบเตากับก้นภาชนะ พบว่าในเตาทั้ง 3 ขนาด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน มีค่าสูงมากและใกล้กันคือประมาณร้อยละ 50-55 ของพลังงานที่ให้จากเชื้อเพลิงทั้งหมด

1.3 ความร้อนที่ให้แก่ภาชนะหุงต้มทั้งหมดโดยการแผ่รังสีและการพาความร้อน (ความร้อนที่ให้จากเชื้อเพลิงทั้งหมดไม่ใช่ความร้อนที่ภาชนะหุงต้มได้รับ) พบว่าถ่านไม้จะให้ความร้อนแก่ภาชนะหุงต้มทั้งหมดเท่ากับถ่านหินอัดก้อน คือประมาณร้อยละ 90 ของพลังงานที่ให้จากเชื้อเพลิงทั้งหมด แต่ถ่านไม้จะให้ความร้อนโดยการแผ่รังสีมากกว่าถ่านหินอัดก้อน และการพาความร้อนจะน้อยกว่าถ่านหินอัดก้อน ซึ่งปริมาณที่ให้โดยการแผ่รังสีและการพาความร้อนในเตาทั้ง 3 ขนาด จะแตกต่างกัน โดยเตาที่มีขนาดใหญ่กว่าเชื้อเพลิงจะให้ความร้อนโดยการแผ่รังสีได้มากกว่า

ลักษณะการให้ความร้อนของถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อนที่เวลาใด ๆ มีความแตกต่างกัน คือถ่านไม้จะให้ความร้อนสูงกว่าถ่านหินอัดก้อนในช่วงแรก ๆ ของการใช้งาน และจะลดลงอย่างรวดเร็ว แต่ถ่านหินอัดก้อนจะให้ความร้อนออกมาช้ากว่า และค่อย ๆ ให้ความร้อนออกมาอย่างสม่ำเสมอในช่วงกลาง ๆ ของการใช้งาน แล้วจะมอดก่อนถ่านไม้ประมาณ 15 นาที

สรุปการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนในเตาอั้งโล่ทั้ง 3 ขนาด คือ 24, 27 และ 30 ซม. พบว่าประสิทธิภาพการใช้งานและการสูญเสียความร้อนในส่วนต่าง ๆ ใกล้เคียงกันมาก ระหว่างถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน ดังรูปที่ 5.1 ดังนั้นจึงสามารถนำถ่านหินอัดก้อนมาใช้ทดแทน

ถ่านไม้ในเตาอั้งโล่ได้ แต่จะต้องศึกษาลักษณะและความสะดวกในการใช้งานของถ่านหินอัดก้อน ซึ่งอาจจะต้องมีการดัดแปลง และปรับปรุงบางส่วนของเตาอั้งโล่ ให้เหมาะสมและสะดวกต่อการใช้งาน รวมทั้งมีประสิทธิภาพสูงขึ้น



รูปที่ 5.1 ร้อยละความร้อนในส่วนที่นำไปใช้ประโยชน์ และส่วนที่สูญเสียตามส่วนต่าง ๆ ของเตาขนาด 27 ซม. เมื่อเทียบกับความร้อนทั้งหมดที่ให้จากเชื้อเพลิงที่เท่ากัน เปรียบเทียบระหว่างถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน

2. การศึกษาลักษณะและความสะดวกในการใช้งานของถ่านหินอัดก้อนเปรียบเทียบกับถ่านไม้

2.1 ปริมาตรของห้องเผาไหม้ในเตาอั้งโล่ พบว่าขนาดของห้องเผาไหม้ในเตาทั้ง 3 ขนาด สามารถใช้ได้กับถ่านหินอัดก้อน เนื่องจากค่าความร้อนต่อหน่วยน้ำหนักของถ่านไม้มีค่ามากกว่าถ่านหินอัดก้อนประมาณ 2 เท่า ซึ่งทำให้ถ่านหินอัดก้อนต้องใช้ปริมาณเป็นประมาณ 2 เท่าของถ่านไม้ เพื่อให้ได้ค่าความร้อนเท่ากัน และพบว่าปริมาตรของห้องเผาไหม้สามารถใส่ถ่านหินอัดก้อนได้ความสูงของเบดใกล้เคียงกับถ่านไม้ ดังนั้นสรุปได้ว่าขนาดเดิมของห้องเผาไหม้ในเตาอั้งโล่ทั้ง 3 ขนาด สามารถใช้ได้กับถ่านหินอัดก้อน คือมีขนาดห้องเผาไหม้ประมาณร้อยละ 75 โดยเฉลี่ย เมื่อเทียบกับปริมาตรภายในเตาทั้งหมด

2.2 ความสะดวกในการใช้งานในแง่การเติมเชื้อเพลิง พบว่าการเติมถ่านหินอัดก้อนเข้าไปในเตาระหว่างการใช้งานทำได้เหมือนกับถ่านไม้ ซึ่งมีความสะดวกในการเติมพอ ๆ

กัน โดยใช้คีมคีบถ่านช่วยในการเติม ในแง่การเขี่ยเถ้าเมื่อจะเติมเชื้อเพลิงใหม่ พบว่าถ่านไม้ต้องเขี่ยทุกครั้งที่เติมเพื่อให้จุดติดเร็วขึ้น โดยใช้คีมคีบถ่านเขี่ยจากทางด้านบน แต่ถ่านหินอัดก้อนยังไม่ต้องเขี่ย ให้เติมไปเรื่อย ๆ จนเต็มจึงค่อยเขี่ย โดยใช้เหล็กเส้นเป็นรูปตัว L แยงจากห้องเถ้าขึ้นไป ซึ่งพบว่ารังผึ้งลักษณะเดิมไม่เหมาะสมกับการเขี่ย เนื่องจากมีพื้นที่ช่องว่างน้อยเกินไปในการนำเถ้าออกจากห้องเผาไหม้ และถ่านหินอัดก้อนมีปริมาณเถ้ามากกว่าถ่านไม้ จึงต้องออกแบบรังผึ้งใหม่ให้มีพื้นที่มากขึ้นเพื่อสะดวกต่อการเขี่ยถ่านหินอัดก้อนในการนำเถ้าออกจากห้องเผาไหม้ สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเตาแบบต่อเนื่องในเตาทั้ง 3 ขนาด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันประมาณร้อยละ 35-38 ขึ้นกับขนาดของเตา ในแง่ของการจุดติดพบว่าถ่านไม้จุดติดได้ง่ายและควันหมดได้เร็วกว่าถ่านหินอัดก้อน คือประมาณ 3 นาที และ 11-12 นาที ตามลำดับ และในแง่การเก็บเถ้าออกจากเตาอั้งโล่ พบว่าถ่านไม้มีความสะดวกกว่าถ่านหินอัดก้อนเนื่องจากมีปริมาณเถ้าที่น้อยกว่า แต่โอกาสที่เถ้าจากถ่านไม้จะฟุ้งกระจายไปมีมากกว่าถ่านหินอัดก้อน

2.3 การปรับปรุง ดัดแปลงรังผึ้งให้เหมาะสมกับการใช้ถ่านหินอัดก้อน พบว่ารังผึ้งควรจะดัดแปลงให้มีพื้นที่ช่องว่างมากขึ้นกว่าเดิม เพื่อความสะดวกในการนำเถ้าออกจากห้องเผาไหม้ โดยใช้วิธีการเขี่ยที่กล่าวในข้อ 2.2 โดยเปลี่ยนเป็นแบบตะแกรงเหล็กที่มีระยะห่างของซี่ตะแกรงในช่วงประมาณ 1.2 ถึง 1.6 ซม. แต่ถ้าการหุงต้มที่ใช้เวลาไม่นานมาก คือประมาณ 1 ถึง 2 ชม. ก็อาจไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนรังผึ้งในเตาอั้งโล่ ถ้าเติมถ่านหินอัดก้อนในปริมาณเพียงพอตอนเริ่มจุดเตา

2.4 การเพิ่มความสูงของเตาโดยการทำความสูงในส่วนของห้องเถ้าให้สูงขึ้นโดยที่ห้องเผาไหม้มีความสูงเท่าเดิม เพื่อเป็นการเพิ่มอัตราการไหลของอากาศ แต่จากการทดลองพบว่าเมื่อใช้เตาความสูงเดิมปริมาณอากาศที่ไหลเข้าไปในเตาเพื่อใช้ในการเผาไหม้ของถ่านหินอัดก้อนมีมากกว่าถ่านไม้ และมากพอใช้ในการเผาไหม้ เนื่องจากมีร้อยละของปริมาณอากาศเกินพอมากกว่า และพบว่าประสิทธิภาพการใช้งานของเตาที่สูงจะมีค่าใกล้เคียงกับเตาขนาดและความสูงเดิม (22 ซม.) และเตาที่สูงจะมีน้ำหนักมาก ทำให้การใช้งานไม่สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย ดังนั้นจึงสรุปว่า ไม่จำเป็นต้องเพิ่มความสูงของเตา

2.5 การดัดแปลงลักษณะที่วางภาชนะในเตาหุงต้มเทียบกับเตาประสิทธิภาพสูงของกรมป่าไม้ พบว่าเมื่อทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเตากรมป่าไม้ โดยการใช้หม้ออลูมิเนียมหลายขนาดจะมีแนวโน้มเช่นเดียวกับเตาอั้งโล่ คือ ขนาดของหม้อจะเหมาะสมอยู่ที่ขนาดที่พอดีหรือ

ใหญ่กว่าขนาดเตาเล็กน้อย และที่วางภาชนะแบบเดิมก็มีความสะดวกในการใช้งานอยู่แล้ว เพราะสามารถวางหม้อและภาชนะอื่นได้หลายขนาด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าไม่จำเป็นต้องดัดแปลงลักษณะที่วางภาชนะให้เหมือนกับเตาของกรมป่าไม้ มีลักษณะอย่างเดิมก็ใช้ได้

สรุปการศึกษาลักษณะและความสะดวกในการใช้งานของถ่านหินอัดก้อน พบว่าสามารถนำมาใช้ในเตาอั้งโล่ได้ โดยที่มีลักษณะและความสะดวกในการใช้งานคล้าย ๆ กับถ่านไม้ ซึ่งอาจไม่จำเป็นต้องดัดแปลงหรือปรับปรุงเตาอั้งโล่เลย แต่ถ้าต้องการใช้งานเตาอั้งโล่นาน ๆ จะต้องเปลี่ยนลักษณะของรังผึ้งใหม่ให้มีพื้นที่ช่องว่างมากขึ้น โดยเปลี่ยนเป็นแบบตะแกรงเหล็กที่มีระยะห่างของซี่ตะแกรงในช่วงประมาณ 1.2 ถึง 1.6 ซม.

3. การศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานของเตาโดยใช้ถ่านหินอัดก้อนเป็นเชื้อเพลิง พบว่า

3.1 เมื่อความสูงเชิงเทินเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพจะลดลง และความสูงเชิงเทินที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วงประมาณ 0.7 ถึง 1.1 ซม.

3.2 ขนาดของช่องลมด้านหน้าไม่มีผลต่อประสิทธิภาพ ดังนั้นขนาดช่องลมด้านหน้าที่ทำจำหน่ายก็เหมาะสมแล้ว คือประมาณร้อยละ 5 ของพื้นที่ผิวเตาทั้งหมด แต่อาจจะทำให้มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าเดิมเล็กน้อย เพื่อให้สะดวกต่อการเขี่ยเพื่อนำเถ้าออกจากห้องเผาไหม้

3.3 ความหนาของรังผึ้งไม่มีผลต่อประสิทธิภาพ ซึ่งควรจะใช้ความหนาเดิม คือประมาณ 2 ซม.

3.4 ขนาดของหม้ออลูมิเนียมมีผลต่อประสิทธิภาพและขนาดที่เหมาะสมคือ ขนาดที่ใหญ่กว่าเตาเล็กน้อย ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพสูง

3.5 ปริมาณน้ำมีผลต่อประสิทธิภาพเล็กน้อย และปริมาณน้ำที่เหมาะสมจะประมาณ 1 ใน 2 ของปริมาตรของหม้อ ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพสูง

3.6 ปริมาณถ่านหินอัดก้อนมีผลต่อประสิทธิภาพ และปริมาณที่เหมาะสมจะประมาณ 2 ใน 3 ถึง 3 ใน 4 ของปริมาตรห้องเผาไหม้ ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพสูง

3.7 ชนิดของภาชนะหุงต้มอื่น ๆ มีผลต่อประสิทธิภาพ โดยที่กระทะมีประสิทธิภาพสูงกว่า หม้อแชกมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับหม้ออลูมิเนียม และกาต้มน้ำมีประสิทธิภาพต่ำกว่า

4. การวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนในเตาโดยใช้ถ่านหินอัดก้อนที่มีค่าความร้อนต่าง ๆ กัน ระหว่าง 3,100-4,300 แคลอรี/กรัม (ไม่รวมความชื้น) พบว่า การใช้ถ่านหิน-

อัดก้อนที่มีค่าความร้อนต่าง ๆ กัน จะให้ผลทางด้านประสิทธิภาพการใช้งานและการสูญเสียความร้อนในด้านต่าง ๆ ที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ถ่านหินอัดก้อนชนิดอื่นที่มีค่าความร้อนต่าง ๆ กัน สามารถนำมาใช้งานได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาถึงการนำถ่านหินอัดก้อนมาใช้ในเตาอั้งโล่ พบว่าสามารถนำมาใช้กับเตาอั้งโล่ได้โดยอาจจะไม่ต้องดัดแปลงหรือปรับปรุงเลย แต่อาจจะมีการดัดแปลงรังผึ้งให้มีลักษณะเป็นตะแกรงเหล็กที่มีระยะห่างของซี่ตะแกรง 1.2 ถึง 1.6 ซม. ซึ่งมีพื้นที่ช่องว่างมากขึ้น เพื่อความสะดวกในการนำเถ้าออกจากห้องเผาไหม้ แต่อย่างไรก็ตามมีข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไปคือ

1. ปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งานของเตาอั้งโล่กับถ่านหินอัดก้อนให้ดีขึ้น ซึ่งอาจจะทำให้รูปแบบของเตาเปลี่ยนไป และอาจมีการพัฒนาเตาอั้งโล่ให้สามารถใช้ได้กับเชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ ได้ด้วย

2. ถ่านหินอัดก้อนมีควันและกลิ่นเหม็น ควรจะมีการปรับปรุงคุณภาพของถ่านหินอัดก้อนโดยการนำไปคาร์บอไนซ์เพื่อลดสารระเหย ซึ่งก็พิจารณาว่าควรจะทำการคาร์บอไนซ์ก่อนหรือหลังการอัดก้อนถ่านหิน แต่ก็ต้องคำนึงถึงต้นทุนการผลิตด้วย

3. ถ่านหินอัดก้อนติดไฟยากกว่าถ่านไม้ ทำให้การใช้งานไม่สะดวกซึ่งอาจจะเติมสารออกซิไดเซอร์ (oxidizer) เพื่อช่วยในการติดไฟ หรือลดความชื้นของถ่านหินอัดก้อนลง และถ่านหินอัดก้อนควรจะมีความแข็งแรงพอประมาณในระหว่างการเผาไหม้ เพื่อมิให้แตกในระหว่างการเติมถ่านหินอัดก้อนลงไปใหม่ ซึ่งจะทำให้การเผาไหม้ไม่ดีเนื่องจากอากาศผ่านเข้าได้น้อย