การพัฒนาและสร้างเตาสำหรับต้มใบสับปะรด
A development of Pineapple leaf Cooking Stove

นายรัชดาศักดิ์ สุเพ็งคำ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๘
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	1
1.4 วิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 ระยะเวลาทำการวิจัย	2
1.7 ขยายระยะเวลาทำการวิจัย	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 วิธีต้มใบสับปะรดของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนใบสับปะรด	4
2.2 เตาแก๊สชีวมวล	5
2.3 เทอร์โมคัปเปิล	6
2.4 แกลบและเถ้าแกลบ	11
2.5 นวัตกรรมใหม่จากเถ้าแกลบ	13
2.6 ทฤษฎีโบเวอร์	15
2.7 สถิติและความน่าจะเป็น	16

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	19
3.1 แผนการสร้างเตาแกลบและทดลอง	19

3.2 ออกแบบและสร้างเตาแกลบเพื่อใช้ต้มใบสับปะรด 20
3.3 สร้างเตาแกลบ 21
3.4 หม้อต้มและหัววัดอุณหภูมิ 25
3.5 กล่องควบคุมอุณหภูมิ 26
3.6 ทำการทดลองต้มใบสับปะรด 27
3.7 ตารางการทดลองและเก็บข้อมูล 34
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน 35
4.1 บันทึกผลการดำเนินงาน 35
4.2 นำผลการทดลองที่ใบสับปะรดเหมาะกับการใช้งานมาหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 36
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 39
5.1 สรุปผลการทดลอง 39
5.2 ปัญหาและอุปสรรค 40
5.3 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับโครงงาน 40
บรรณานุกรม 41
ประวัติผู้จัดทำ 42

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1-1 แสดงระยะเวลาทำการวิจัย	2
1-2 แสดงขยายระยะเวลาทำการวิจัย	3
2-1 แสดงชนิดของวัสดุที่ใช้ทำเทอร์โมคัปเปิลมาตรฐานแบบต่าง ๆ	7
2-2 แสดงตัวอย่างย่านการใช้งาน และคุณลักษณะของเทอร์โมคัปเปิลมาตรฐาน	8
4-1 แสดงข้อมูลผลการทดลองหาประสิทธิภาพของเตาที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง	35
4-1 แสดงข้อมูลผลการทดลองหาประสิทธิภาพของเตาที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง(ต่อ	36
4-2 นำผลการทดลองที่ใช้เวลา 90 นาที ในการต้มที่เหมาะสม มาหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	36

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	แสดงการต้มแบบเดิม	5
2-2	แสดงเตาแก๊สชีวมวลใช้วัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรเป็นเชื้อเพลิง	6
2-3	แสดงเทอร์โมคัปเปิลรูปแบบต่าง ๆ	10
2-4	แสดงแกลบ และเถ้าแกลบ	11
2-5	แสดงขนาดของโบเวอร์ที่ใช้กับเตาแกลบ	15
3-1	แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน	19
3-2	แสดงห้องบรรจุแกลบส่วนบน	21
3-3	แสดงห้องบรรจุแกลบส่วนล่าง	22
3-4	แสดงช่องเติมอากาศในระบบ	22
3-5	แสดงฝาครอบฉนวนกันความร้อน	23
3-6	แสดงบานเกล็ดปิดเปิด	23
3-7	แสดงเตาแกลบที่สร้างเสร็จ	24
3-8	แสดงหม้อต้มและหัววัดอุณหภูมิ	25

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3-9	แสดงกล่องควบคุมอุณหภูมิ	26

3-10 แสดงวงจรภายในกล่องควบคุม 26
3-11 แสดงใบสับปะรดที่เตรียมไว้ 27
3-12 แสดงการชั่งใบสับปะรด 27
3-13 แสดงการล้างใบสับปะรดที่เตรียมไว้ 28
3-14 แสดงการชั่งแกลบ 28
3-15 แสดงการเทแกลบลงในห้องเชื้อเพลิง 29
3-16 แสดงการนำหม้อต้มขึ้นตั้งบนเตาและเติมส่วนผสม 29
3-17 แสดงการต้มตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้และจับเวลา 30
3-18 แสดงเปลวไฟที่ได้จากเตาแกลบ 30
3-19 แสดงการตรวจสอบการเปื่อยของใบสับปะรด 31
3-20 แสดงการตักใบสับปะรดที่เปื่อยออกจากหม้อต้ม 31
3-21 แสดงการดึงถาดรองเถ้าแกลบออก 32
3-22 แสดงการตักเถ้าแกลบใส่กระสอบ 32
3-23 แสดงการตักเถ้าแกลบใส่กระสอบ 33
5-1 แสดงขนาดของโบเวอร์ที่ใช้กับเตาแกลบ 39

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการต้มใบสับปะรด ของสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนใบสับปะรด บ้านป่าซางวิวัฒน์ ตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ใช้หม้อต้มถังทรงกลม ทำจากสแตนเลสต้มแต่ละครั้งประมาณ 40 ถึง 50 กิโลกรัม ใช้เวลาในการต้มประมาณ 4 ชั่วโมง โดยใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งกว่าจะต้มเสร็จก็สูญเสียไม้ในการต้มประมาณ 50 กิโลกรัม มีการแก้ปัญหาของนักวิจัยคือออกแบบหม้อต้มให้เหมือนกับเตาเผาถ่าน แบบใช้ถังปิด เมื่อไม้กลายเป็นถ่านจึงปิดถัง ไม่ให้ออกซิเจนเข้า ไฟก็จะดับเหลือแต่ถ่านไม้ ผลการทดลองคือ ใช้ไม้ฟืนในการต้มน้อยที่สุด ที่ต้มใบสับปะรดจนเปื่อยเท่ากับ 10 กิโลกรัม โดยใช้เวลา 3 ชั่วโมง 30 นาทีแต่ก็ยังมีปัญหาเกี่ยวกับการใช้ฟืนเป็นชื้อเพลิงซึ่งนับวันยิ่งหายาก และราคาสูงขึ้นเรื่อยๆ

เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวผู้วิจัย จึงได้พัฒนา และ ออกแบบเตาสำหรับต้มใบสับปะรดโดยใช้แกลบที่หาง่าย และ ราคาถูก เป็นเชื้อเพลิงทดแทน นอกจากนี้ ขนาดเตาที่ออกแบบ ยังมีขนาดที่พอเหมาะกับการต้มใบสับปะรด ให้เปื่อยด้วยการใส่แกลบเพียงครั้งเดียว

ผลการทดลองต้มใบสับปะรด ปริมาณ 50 กิโลกรัมด้วยเตาแกลบที่สร้างขึ้น โดยการบรรจุแกลบ 21 กิโลกรัม เพียงครั้งเดียว ผลที่ได้คือ ใช้เวลาในการต้ม ลดลงจากเดิม ที่สมาชิกกลุ่มใบสับปะรดใช้วิธีการต้มแบบเดิม 6 ชั่วโมง เหลือประมาณ 1.5 ชั่วโมง ก็ต้มใบสับปะรดให้เปื่อยได้ โดยราคาแกลบที่ใช้แต่ละครั้งคือ 7.50 บาท

คำสำคัญ : เตาชีวมวล,เตาต้มใบสับปะรด,เตาแกลบ

Abstract

Recently, Baan Pasang Wiwat Pineapple Leaf Community Enterprise, Nanglae Sub-district, Muang District, Chiangrai, has used a spherical cooking stove made of stainless steel to cook pineapple leaves. The cooking capacity was 40-50 kilograms each time, and the cooking time was approximately 4 hours. The fuel was wood which was used for about 50 kilograms during the whole cooking process. The researcher has thought of saving the quantity of wood burned for coking by designing a new stove which would function like a charcoal kiln. It was a closed stove which would be automatically closed when the wood changed to charcoal to prevent the oxygen from entering. Then, the fire would be put out and only the charcoal remained. The experimental result was that the minimum quantity of wood could be used to cook 10 kilograms of pineapple leaves, and the process took 3.5 hours. However, it is still difficult to find wood for use as fuel because it is rare and expensive.

To solve such problem, the researcher has developed and designed a pineapple leaf cooking stove which uses rice hulls as fuel. Rice hulls are easy to find and cheap, so it is perfect for use as alternative fuel. In addition, the size of the newly developed stove fits is suitable for completely cooking pineapple leaves by using one lot of rice hulls.

After boiling 50 kilograms pineapple leaves with the stove powered by rice hulls by adding an amount of 21 kilograms of rice hulls, the result was that the boiling time reduced from 4 hours to 1.5 hours. The cost of rice hulls used for each boiling was only 7.50 baht.

Keywords: biomass stove, pineapple leaf cooking stove, stove powered by rice hulls

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนใบสับปะรด บ้านป่าซางวิวัฒน์ ตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ได้รวมกลุ่มกันเพื่อทำผลิตภัณฑ์จากกระดาษใบสับปะรด แต่ในขั้นตอนการต้มใบสับปะรด ทางกลุ่มยังใช้วิธีการต้มแบบเดิมคือใช้ไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง ใช้หม้อต้มถังทรงกลม ทำจากสแตนเลส ต้มแต่ละครั้งประมาณ 40 ถึง 50 กิโลกรัม ใช้เวลาในการต้มประมาณ 4 ชั่วโมง ซึ่งกว่าจะต้มเสร็จก็สูญเสียไม้ในการต้มประมาณ 50 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน 150 บาท มีการแก้ปัญหาของนักวิจัยคือออกแบบหม้อต้มให้เหมือนกับเตาเผาถ่านแบบใช้ถังปิดเมื่อไม้กลายเป็นถ่านจึงปิดถังไม่ให้ออกซิเจนเข้า ไฟก็จะดับเหลือแต่ถ่านไม้ ผลการทดลองคือใช้ไม้ฟืนในการต้มน้อยที่สุดที่ต้มใบสับปะรดจนเปื่อยเท่ากับ 10 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน 30 บาท โดยใช้เวลา 3 ชั่วโมง 30 นาทีแต่ก็ยังมีปัญหาเกี่ยวกับการใช้ฟืนเป็นชื้อเพลิงซึ่งนับวันยิ่งหายาก และราคาสูงขึ้นเรื่อยๆ

เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวผู้วิจัย จึงมีแนวคิดที่จะออกแบบเตาสำหรับต้มใบสับปะรดโดยใช้แกลบที่หาง่าย และ ราคาถูกเป็นเชื้อเพลิงทดแทน และยังออกแบบขนาดเตาให้มีขนาดที่พอเหมาะกับการต้มใบสับปะรด ให้เปื่อยด้วยการใส่แกลบเพียงครั้งเดียว

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างเตาสำหรับต้มใบสับปะรด

1.2.2 เพื่อทดลองและหาประสิทธิภาพของเตาที่พัฒนาขึ้น

1.2.2 เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับ สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนใบสับปะรด บ้านป่าซางวิวัฒน์ ตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 สร้างเตาสำหรับต้มใบสับปะรด

1.3.2 ถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนใบสับปะรด บ้านป่าซางวิวัฒน์ ตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษารายละเอียดหลักการสร้างเตาสำหรับต้มใบสับปะรด

1.4.2 ศึกษางานวิจัยข้อมูลทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.4.3 ออกแบบและสร้างเตาสำหรับต้มใบสับปะรด

1.4.4 ทดลองเตาสำหรับต้มใบสับปะรด

1.4.5 หากมีข้อผิดพลาดก็ทำการแก้ไขเพื่อให้สามารถทำงานได้จริง

1.4.6 รวบรวมข้อมูลการสร้างเตาสำหรับต้มใบสับปะรด

1.4.7 สรุปผลการทดลองและจัดรูปเล่ม

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สมาชิกสหกรณ์การเกษตรเมืองเชียงรายใช้ประโยชน์จากการทำวิจัย

1.5.2 สร้างรายได้อย่างยั่งยืนให้กับสมาชิกสหกรณ์การเกษตรเมืองเชียงราย

1.5.3 เผยแพร่ในวารสารราชมงคลวิชาการ

1.6 ระยะเวลาทำการวิจัย

ตารางที่ 1-1 แสดงระยะเวลาทำการวิจัย

แผนการบริหารแผนงานวิจัย และแผนการดำเนินงาน	ปี พ.ศ. 2557			ปี พ.ศ.2558								
	ไตรมาสที่ 1			ไตรมาสที่ 2			ไตรมาสที่ 3			ไตรมาสที่ 4		
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค	ก.ย
1. จัดหาวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างเตา												
2. สร้างเตา												
3. ทดลองเตา												
4. ปรับปรุงแก้ไข												
5. หาประสิทธิภาพของเตา												
6. ดำเนินโครงการจัดอบรม												
7. ติดตามประเมินผลการดำเนินโครงการ												
8. รายงานผลการดำเนินโครงการ												

1.7 ขยายระยะเวลาทำการวิจัย

เนื่องจากการทดลอง และดำเนินงานมีปัญหาอุปสรรคในเรื่องหมอกควันที่จังหวัดเชียงรายใน ช่วงที่เกิดไฟป่า ผู้นำชุมชนห้ามไม่ให้ชาวบ้านในพื้นที่ก่อไฟเป็นระยะเวลาประมาณ ๔ เดือนจึงส่งผลกระทบโดยตรงกับการทดลองทั้งสองโครงการ เพราะในการทดลอง ต้องมีการต้มใบสับปะรดเพื่อทดลองจำนวนหลายครั้งและประกอบกับผู้ร่วมวิจัยได้ลาออกจากการเป็นพนักงานมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และลาออกจากการทำงานวิจัยทั้งสองโครงการ

จึงได้ขยายเวลาในการดำเนินโครงการวิจัยออกไปเป็นระยะเวลา 1ปี เพื่อให้การทำวิจัย ในครั้งนี้ บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งเอาไว้

ตารางที่ 1-2 แสดงการขยายระยะเวลาทำการวิจัย

แผนการบริหารแผนงานวิจัย และแผนการดำเนินงาน	**ปี พ.ศ. 2558**			**ปี พ.ศ.2559**								
	ไตรมาสที่ 1			**ไตรมาสที่ 2**			**ไตรมาสที่ 3**			**ไตรมาสที่ 4**		
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค	ก.ย
1. จัดหาวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างเตา												
2. สร้างเตา												
3. ทดลอง												
4. ปรับปรุงแก้ไข												
5. หาประสิทธิภาพของเตา												
6. ดำเนินโครงการจัดอบรม												
7. ติดตามประเมินผลการดำเนินโครงการ												
8. รายงานผลการดำเนินโครงการ												

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การสร้างเตาแกลบเพื่อใช้ต้มใบสับปะรด ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูล และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อเพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงาน และใช้ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง มาประยุกต์ใช้ในการสร้างเตาแกลบ ดังนี้

1. วิธีต้มใบสับปะรดของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนใบสับปะรด
2. เตาแก๊สชีวมวล
3. เทอร์โมคัปเปิล
4. แกลบและเถ้าแกลบ
5. นวัตกรรมใหม่จากเถ้าแกลบ
6. ทฤษฎีโบเวอร์
7. สถิติและความน่าจะเป็น

2.1 วิธีต้มใบสับปะรดของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนใบสับปะรด

ปัจจุบันการต้มใบสับปะรดของสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนใบสับปะรด บ้านป่าซางวิวัฒน์ ตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ใช้หม้อต้มถังทรงกลม ทำจากสแตนเลส ต้มแต่ละครั้งประมาณ 40 กิโลกรัม ใช้เวลาในการต้มประมาณ 4 ชั่วโมง โดยใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งกว่าจะต้มเสร็จก็สูญเสียไม้ในการต้มประมาณ 50 กิโลกรัม โดยมีขั้นตอน ดังนี้

2.1.1 ใช้หม้อต้มสแตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร ตั้งบนเตาจากนั้นเติมน้ำลงในหม้อต้มจำนวน 20 ลิตร

2.1.2 ใส่ใบสับปะรดที่เตรียมไว้ 40 กิโลกรัมลงในหม้อต้ม และทำการติดเตาโดยใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง

2.4.3 ใส่โซดาไฟ 1 กิโลกรัมเพื่อให้ใบสับประรดเปื่อยเร็วขึ้น

2.4.4 ใช้เวลาในการต้มประมาณ 4 ชั่วโมง และเติมฟืนให้ไฟติดอยู่เสมอ

ภาพที่ 2-1 แสดงการต้มแบบเดิม

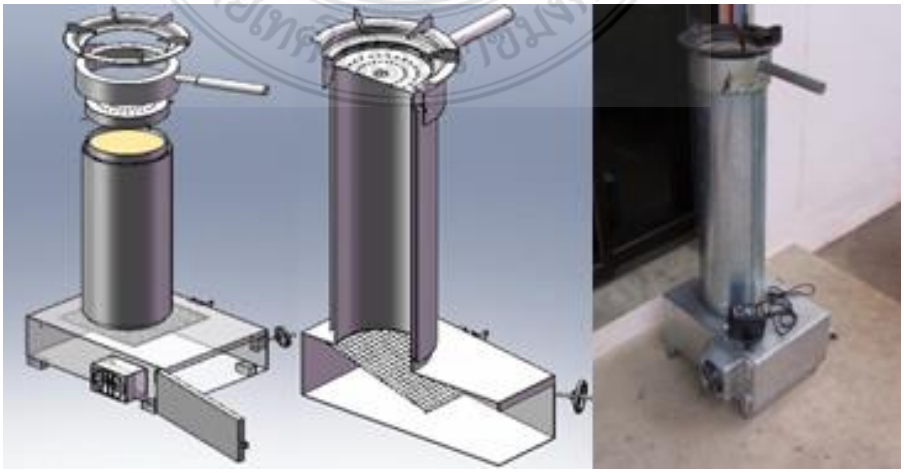
2.2 เตาแก๊สชีวมวล

เป็นแบบ Inverted downdraft ดังภาพที่ 2 ประกอบด้วย

2.2.1 ห้องเผาไหม้ ทำจากเหล็กแผ่นม้วนขึ้นรูป มีลักษณะเป็นทรงกระบอก 2 ชั้น สูง 60 ซม. เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 ซม. หนา 1.5 มม. มีความสูง 60 ซม. ชั้นนอกทำจากสังกะสี สามารถบรรจุแกลบได้ประมาณ 1.5 กก. ด้านล่างห้องเผาไหม้ติดกับตะแกรงเหล็กหนา 2 มม. สำหรับรองวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไม่ให้ตกสู่กล่องลมด้านล่าง

2.2.2 หัวเตาแก๊ส ด้านบนใช้หัวเตาแก๊สใช้ที่วางภาชนะสำหรับเตาแก๊สที่มีจำหน่ายทั่วไป มีแผ่นตะแกรงเจาะรูขนาด 3 มม. จำนวน 2 รอบ สำหรับให้แก๊สผ่านและจุดไฟบนตะแกรง มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 22 ซม.

2.2.3 กล่องลมและถาดนำเถ้าออก กล่องลมด้านล่างของห้องเผาไหม้ มีขนาดโดยประมาณ (สูงxกว้างxยาว) 15 x 25 x 40 cm ด้านข้างกล่องลมจะติดตั้งพัดลม DC 12 V, 1A ลักษณะคล้ายพัดลมสำหรับระบายความร้อน CPU คอมพิวเตอร์ทำหน้าที่ในการควบคุมปริมาณอากาศให้เหมาะสมสำหรับเผาไหม้ ด้านหน้ากล่องลมมีฝาปิดเปิดสำหรับใช้ในการนำเถ้าที่ผ่านการเผาไหม้ออกจากเตา



ภาพที่ 2-2 แสดงเตาแก๊สชีวมวลใช้วัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรเป็นเชื้อเพลิง

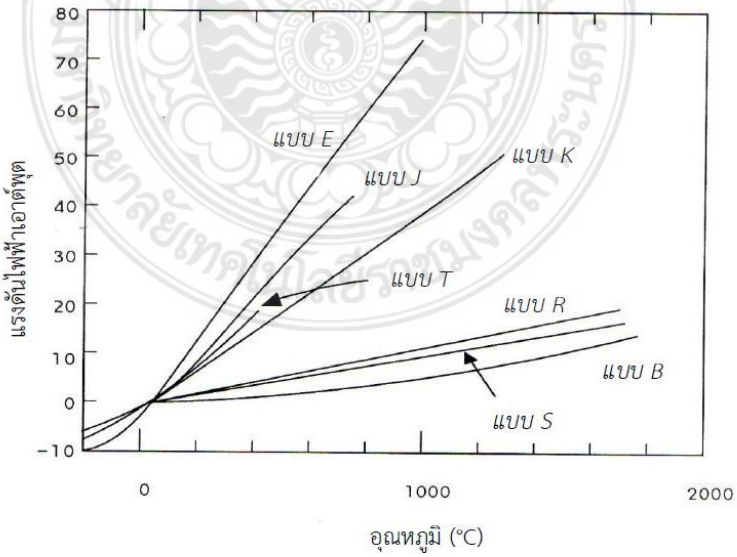
(ที่มา:กิตติกร และคณะ,การประเมินสมรรถนะเตาแก๊สชีวมวลสำหรับครัวเรือนโดยใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง)

2.3 เทอร์โมคัปเปิล

2.3.1 เทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐาน (standard thermocouple) หมายถึง เทอร์โมคัปเปิล (thermocouple) ที่ผู้ผลิตทุกรายกำหนดส่วนผสมของคู่สายเทอร์โมคัปเปิลเป็นมาตรฐานเหมือนกัน สามารถใช้ตารางเทียบมาตรฐานที่หาได้ทั่วไป

2.3.2 เทอร์โมคัปเปิลแบบ non-standard หมายถึง เทอร์โมคัปเปิลที่ผลิตขึ้นมาเพื่อใช้เฉพาะงาน มีคุณสมบัติเฉพาะ แตกต่างไปจากแบบมาตรฐาน ตารางการสอบเทียบ ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตจะจัดหามาให้กับเทอร์โมคัปเปิลตัวนั้น ซึ่งต้องเก็บรักษาตารางสอบเทียบอย่างดี

เทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐานมี 7 แบบได้แก่ เทอร์โมคัปเปิลแบบ S R B J K T และ E สามารถพิจารณา ชนิดของเทอร์โมคัปเปิล แบบมาตรฐาน จากชนิดของโลหะตัวนำ ที่ทำเป็นเทอร์โมคัปเปิล แรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเทอร์โมคัปเปิลมาตรฐานทั้ง 7 แบบ ที่อุณหภูมิ (temperature) ต่างๆ แสดงในภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 แสดงแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเทอร์โมคัปเปิลมาตรฐานแบบต่าง ๆ

(ที่มา: นวภัทรา และ ทวีพล , 2555)

ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำเทอร์โมคัปเปิลมาตรฐานแต่ละแบบแสดงในตารางที่ 1 โดยชื่อแรกของโลหะตัวนำ หมายถึง ขั้วไฟฟ้าที่มีศักย์เป็นบวก (+) และชื่อหลังมีศักย์เป็นลบ (-) และตารางที่ 2 ย่านการใช้งาน และคุณลักษณะของเทอร์โมคัปเปิลแต่ละแบบ

ตารางที่ 2-1 ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำเทอร์โมคัปเปิลมาตรฐานแบบต่าง ๆ

มาตรฐาน	ชนิดของวัสดุตัวนำ
Type K	Nickel Chromium/Nickel Aluminium
Type J	Iron/Constantan
Type T	Copper/Constantan
Type E	Nickel Chromium/Constantan
Type N	Nicrosil/Nisil
Type R	Platinium 13%/Rhodium
Type S	Platinium 10%/Rhodium
Type B	Platinium 30%/Rhodium
	*** Constantan: copper 60% + Nickel 40%

(ที่มา: นวภัทรา และ ทวีพล , 2555)

ตารางที่ 2-2 ตัวอย่างย่านการใช้งาน และคุณลักษณะของเทอร์โมคัปเปิลมาตรฐาน

ชนิดเทอร์โมคัปเปิล	ย่านอุณหภูมิใช้งาน (^{o}C)	ย่านอุณหภูมิ (^{o}C)	ค่าความผิดพลาด (^{o}C)	ค่าความไวสูงสุด (โดยประมาณ) ($\mu V/^{o}C$)
R	-50 ถึง1768.1	-50.0 ถึง 250.0	-0.02 ถึง 0.02	6
		250.0 ถึง 1200.0	-0.005 ถึง 0.005	
		1064.0 ถึง 1664.5	-0.0005ถึง0.001	
		1664.5 ถึง 1768.1	-0.001 ถึง 0.002	
J	-210 ถึง 1200	-210.0 ถึง 0.0	-0.05 ถึง 0.03	50
		0.0 ถึง 760.0	-0.04 ถึง 0.04	

		760.0 ถึง 1200.0	-0.04 ถึง 0.03	
K	-270 ถึง 1372	-270.0 ถึง 0.0	-0.02 ถึง 0.04	50
		0.0 ถึง 500.0	-0.05 ถึง 0.04	
		500.0 ถึง 1372.0	-0.05 ถึง 0.06	
T	-270 ถึง 400	-200.0 ถึง 0.0	-0.02 ถึง 0.04	60
		0.0 ถึง 400.0	-0.03 ถึง 0.03	
ที่มา: NIST-ITS 90 (www.srdata.nist.gov/its90/main/)				

เทอร์โมคัปเปิลแบบ S และ R มีคุณสมบัติที่คล้ายกัน แต่แบบ R ให้ค่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตที่สูงกว่า เหมาะสำหรับการใช้งานที่อุณหภูมิสูง เช่น เตาหลอมเหล็ก อุตสาหกรรมแก้ว โดยสามารถทนอุณหภูมิได้ถึง 1400°C ใช้งานได้ดีในสภาวะที่ไม่เกิดปฏิกิริยาทางเคมี ไม่เหมาะกับงานที่มีสภาวะแบบกัดกร่อน ไม่เหมาะกับงานในสภาวะสุญญากาศ และไม่เหมาะกับงานที่มีไอของโลหะและอโลหะ

เทอร์โมคัปเปิลแบบ B ให้แรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าแบบ S และ R แต่มีความแข็งแรงทนทานกว่า เหมาะสำหรับ การใช้งานที่อุณหภูมิสูง เช่นเดียวกับแบบ S และ R ไม่เหมาะกับ งานในสภาวะสุญญากาศ และไม่เหมาะกับงานที่มีไอของโลหะ และอโลหะ

เทอร์โมคัปเปิลแบบ J ให้ค่าการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าต่ออุณหภูมิดี นิยมใช้กับงานทั่วไป ราคาไม่แพง เหมาะสำหรับใช้งานที่อุณหภูมิไม่เกิน 760°C ไม่เหมาะกับงานที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0 °C นิยมใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติก

เทอร์โมคัปเปิลแบบ K เป็นเทอร์โมคัปเปิลชนิดที่นิยมใช้แพร่หลายมากที่สุด สามารถวัดอุณหภูมิได้สูงกว่าแบบ J และมีราคาถูกกว่า ทนอุณหภูมิได้ถึง 1300 °C และที่อุณหภูมิต่ำถึง -250°C มีค่าความเป็นเชิงเส้นสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเทอร์โมคัปเปิลชนิดอื่น ให้แรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตสูง (ให้อัตราการเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้า ต่ออุณหภูมิดีกว่าแบบอื่น หรือมีค่าความชันใกล้ 1) สามารถใช้กับงานที่มีการแผ่รังสีความร้อน (thermal radiation) ได้ ไม่เหมาะกับงานในสภาวะสุญญากาศ (ยกเว้นการใช้งานในช่วงเวลาสั้น)

เทอร์โมคัปเปิลแบบ T เหมาะสำหรับการวัดอุณหภูมิในย่านต่ำ เช่น การวัดอุณหภูมิในห้องเย็น (cold storage) และตู้แช่แข็ง (freezer) มีสเถียรภาพในการวัดที่ดี สามารถทนต่อบรรยากาศที่มีการกัดกร่อนและมีความชื้นได้ดี ไม่เหมาะกับงานที่ต้องสัมผัสกับการแผ่รังสีความร้อนโดยตรง

เทอร์โมคัปเปิลแบบ E มีคุณสมบัติคล้ายเทอร์โมคัปเปิลแบบ K แต่ให้แรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตสูงกว่า มีย่านอุณหภูมิใช้งานอยู่ระหว่าง -250 °C ถึง 870 °C

หากจำเป็นต้องใช้เทอร์โมคัปเปิลในสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมแต่อยู่ในย่านอุณหภูมิใช้งาน เช่น การใช้งานในสภาวะกัดกร่อน หรือมีความชื้นสูง ควรป้องกันเทอร์โมคัปเปิลด้วยโพรบ (probe) หรือ ปลอกโลหะ (metal sheath/protective sheath) ซึ่งเรียกว่า ชีตเทอร์โมคัปเปิล (sheath thermocouple) เพื่อใช้สัมผัสกับตัวกลางใด ๆ ที่ต้องการวัดอุณหภูมิโดยไม่เกิดการเสียหาย ช่วยยืดอายุการใช้งาน

อุปกรณ์เพิ่มเติมสำหรับการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลเพื่อวัดอุณหภูมิในกระบวนการ ได้แก่ หัวเชื่อมต่อ (Connecting head/Junction box/Terminal box) (บางครั้งเรียกว่า หัวกะโหลก) ซึ่งอุปกรณ์นี้สามารถป้องกันน้ำและฝุ่นละอองได้ วัสดุที่ใช้ทำหัวเชื่อมต่อ ได้แก่ อะลูมิเนียมอัลลอยด์เหมาะสำหรับการใช้งานทั่วไป และเบคาไลท์ (Bakelite) เหมาะสำหรับการใช้งานภายใต้อุณหภูมิสูง

พิเศษ เป็นต้น ลักษณะตัวอย่างของเทอร์โมคัปเปิลที่ใช้งานในอุตสาหกรรมแสดงในรูป

ภาพที่ 2-3 แสดงเทอร์โมคัปเปิลรูปแบบต่าง ๆ

(ที่มา: นวภัทรา และ ทวีพล , 2555)

ในการใช้งานจริงบางครั้งระยะทางระหว่างจุดวัดและระบบควบคุมหรืออุปกรณ์แสดงผลอยู่ไกลกัน ไม่นิยมใช้สายเทอร์โมคัปเปิลเชื่อมต่อโดยตรงเนื่องจากมีราคาแพง โดยสายที่นำมาใช้เชื่อมต่อนี้ ต้องมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้าตามอุณหภูมิ (thermoelectric) เหมือนกับเทอร์โมคัปเปิล ในการเลือกใช้สายต่อควรเลือกสายที่มีคุณสมบัติคล้ายกับโลหะของลวดเทอร์โมคัปเปิลแต่

ละชนิด และเลือกให้เหมาะสมกับสภาวะแวดล้อมบริเวณใช้งาน จึงจะไม่ทำให้ค่าอุณหภูมิที่วัดได้คลาดเคลื่อน (error) ไปมาก ไม่ควรใช้สายไฟธรรมดาเชื่อมต่อเพราะจะทำให้อุณหภูมิที่วัดได้คลาดเคลื่อน

2.3.3 การเลือกใช้วัสดุทำเป็นฉนวนหุ้มสายเทอร์โมคัปเปิล ควรเลือกใช้ตามย่านการวัดและสภาวะแวดล้อมการใช้งาน

2.3.3.1 พีวีซี เหมาะสำหรับการใช้งานในสถานเปียกชื้นและมีอุณหภูมิต่ำ (-20°C 100°C) เช่น ห้องเย็น

2.3.3.2 ซิลิโคนและเทฟลอน เหมาะสำหรับการใช้งานที่อุณหภูมิประมาณ 200°C และมีสภาพเปียกชื้น อย่างไรก็ตาม ซิลิโคนไม่มีความทนทานต่อรอยขีดข่วน

2.3.3.3 ไฟเบอร์กล๊าส เหมาะสำหรับงานที่มีอุณหภูมิสูง (0°C ถึง 270°C) และ

2.3.3.4 สแตนเลสชีลด์ เหมาะสำหรับงานที่ต้องการการป้องกันสัญญาณรบกวน หรืองานที่ต้องเคลื่อนย้ายบ่อย ภายใต้สภาวะใช้งานที่อุณหภูมิสูง (0°C ถึง 270°C)

ที่มา: การวัดและเครื่องมือวัด ประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร (นวภัทรา และ ทวีพล , 2555)

http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/6810/standard-thermocouple

2.4 แกลบและเถ้าแกลบ (ที่มา: บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ)

ภาพที่ 2-4 แสดงแกลบ และเถ้าแกลบ

แม้ปัจจุบันข้าวจะไม่ใช่สินค้าที่ทำรายได้หลักเข้าประเทศเหมือนเช่นในอดีต แต่ประเทศไทยก็ยังเป็นประเทศผู้ส่งออกข้าว รายใหญ่ของโลก ซึ่งชี้ให้เห็นว่า ประเทศไทยมีผลผลิตข้าว มากเพียงใด ข้าวเปลือก ที่เก็บเกี่ยวได้ เมื่อนำมาผ่านกระบวนการสี จะได้เมล็ดข้าวกับเปลือกข้าว หรือแกลบ โดยแกลบจะมีน้ำหนักประมาณ 22.5-25.2% ของข้าวเปลือก และการใช้ประโยชน์จากแกลบวิธีหนึ่งคือการใช้เป็นเชื้อเพลิง เพราะแกลบมีค่าความร้อนเฉลี่ย 3880 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ขณะที่ค่าความร้อนเฉลี่ยของไม้ฟืนมีค่า 4475 กิโลแคลอรี/กิโลกรัมซึ่งไม่แตกต่างกันมากนัก อย่างไรก็ดีสิ่งที่เป็นความ

แตกต่างอย่างชัดเจน ระหว่างการเผาแกลบ กับไม้ฟืนคือ ปริมาณเถ้า โดยแกลบจะให้ขี้เถ้าออกมาประมาณ17.4%มากกว่าขี้เถ้าจากไม้ฟืนถึง7เท่า

โดยทั่วไปขี้เถ้าที่หลงเหลือจากการเผาวัสดุไม่ใช่สิ่งที่น่าสนใจนัก ยกเว้นเถ้าแกลบ เพราะนักวิทยาศาสตร์พบว่า ในเถ้าแกลบมีซิลิกา (silica, SiO_2) เป็นองค์ประกอบประมาณ 70-90% และเถ้าแกลบมีความพรุน (porosity) มาก น้ำหนักเบา มีพื้นที่ผิวมาก มีสมบัติดูดซับ (absorbent) ดีอีกทั้งมีสมบัติเป็นฉนวนด้วย

2.4.1 การใช้ประโยชน์จากเถ้าแกลบ ด้วยเถ้าแกลบมีราคาถูกและหาง่าย หลายอุตสาหกรรมจึงนำเถ้าแกลบไปใช้ประโยชน์เช่น

2.4.1.1.อุตสาหกรรมโลหะ (Steel Industry) การผลิตแผ่นเหล็กกล้าคุณภาพสูงด้วยกระบวนการหล่อโลหะแบบต่อเนื่อง (continuous casting) โรงงานบางแห่งจะนำเถ้าแกลบมาโรยลงบนผิวหน้าแอ่งรับน้ำโลหะ (tundish) เพื่อป้องกันการเย็นตัวอย่างรวดเร็วของเหล็กและเพื่อให้เหล็กแข็งตัวอย่างสม่ำเสมอ เพราะเถ้าแกลบมีสมบัติเป็นฉนวนความร้อนที่ดี และมีจุดหลอมเหลวสูง

2.4.1.2.อุตสาหกรรมซีเมนต์และคอนกรีต (Cement and Concrete) การใช้เถ้าแกลบในอุตสาหกรรมมีวัตถุประสงค์หลัก 2 อย่างคือ

ก.ใช้ทดแทนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (portland) เพื่อลดต้นทุนในการผลิตอิฐก่อสร้างราคาถูก

ข.ใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตคอนกรีตความแข็งแรงสูง (high strength concrete)

2.4.1.3.การป้องกันแมลง (Control of Insect Pests in Stored Food Stuffs) มีข้อมูลระบุว่า เกษตรกรในบางประเทศแถบเอเชีย เช่น ไทย อินโดนีเซีย เป็นต้น รู้จักนำเถ้าแกลบมาใช้ป้องกันผลิตผลทางการเกษตรจากแมลงศัตรูพืช โดยเกษตรกรจะคลุกเถ้าแกลบกับเมล็ดถั่วเหลืองเพื่อป้องกันด้วงแกรมห์บีน (Graham bean beetle) โดยใช้เถ้าแกลบประมาณ 0.5% ต่อน้ำหนักถั่ว ซึ่งปรากฏว่าได้ผลดี

2.4.1.4.วัสดุก่อสร้างน้ำหนักเบา (Lightweight Construction Materials) ด้วยเหตุที่เถ้าแกลบมีสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อน ดังนั้นประเทศที่กำลังพัฒนาหลายประเทศจึงนำเถ้าแกลบมาใช้ผลิตฝ้ากันความร้อนน้ำหนักเบา

2.4.1.5 ซิลิกอนชิป (Silicon Chips) เนื่องจากแผ่นเวเฟอร์ (wafer) ที่ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ (semi-conductor) ต้องใช้สารซิลิกอนบริสุทธิ์ ดังนั้นจึงมีความพยายามที่จะพัฒนาเถ้าแกลบ ซึ่งมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นซิลิกาให้เป็นสารซิลิกาบริสุทธิ์สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมนี้

2.4.1.6.อุตสาหกรรมการผลิตอิฐทนไฟ (Refractory Bricks) การที่เถ้าแกลบมีสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี และมีจุดหลอมเหลวสูง ดังนั้นจึงมีการนำเถ้าแกลบมาใช้ผลิตอิฐทนไฟ หรืออิฐทนความร้อนสูง

2.4.1.7.ยางวัลคาไนซ์ (Vulcanising Rubber) มีรายงานวิจัยหลายฉบับระบุถึงการใช้เถ้าแกลบในยางวัลคาไนซ์ ซึ่งปรากฏผลการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการว่า การใช้เถ้าแกลบเป็นสารช่วยการวัลคาไนซ์ (vulcanising agent) ของยางเอทิลีนโพรพิลีนไดอีนเทอร์โพลิเมอร์ (ethylene propylene diene terpolymer) หรือยางอีพีดีเอ็ม (EPDM) มีข้อดีมากกว่าการใช้ซิลิกา โดยสามารถใช้เป็นสารเสริม (filler) ในยางอีพีดีเอ็มได้ด้วย

2.4.1.8.สารดูดซับสารประกอบเชิงซ้อนทอง-ไทโอยูเรีย (Adsorbent for a Gold-thiourea Complex) ขั้นตอนหนึ่งของกระบวนการสกัดทองคำออกจากก้อนแร่คือ การใช้ถ่านกัมมันต์ (activated carbon) ดูดซับสารประกอบเชิงซ้อนทอง ที่อยู่ในรูปทอง-ไทโอยูเรีย แต่การทดลองใช้เถ้าแกลบ เป็นตัวดูดซับ แทนถ่านกัมมันต์ ได้ผลว่า เถ้าแกลบที่ได้จากการเผาที่อุณหภูมิประมาณ 400-500 องศาเซลเซียสสามารถดูดซับสารประกอบทองได้ดีกว่าถ่านกัมมันต์

2.4.1.9.สารปรับปรุงดิน (Soil Ameliorant) ปัจจุบันมีการใช้เถ้าแกลบในการปรับปรุงดินโดยมีข้อมูลระบุว่า เถ้าแกลบสามารถนำมาใช้ปรับปรุงดินได้ เพราะมันมีความพรุนตัวจึงช่วยการกระจายน้ำในดินได้ นอกจากนี้ยังพบว่า เถ้าแกลบสามารถปรับสภาพดินให้มีความเป็นกรดลดลง หรือใช้แก้น้ำที่มีสภาพเป็นกรดได้นอกจากนี้ยังมีความพยายามทดลองประยุกต์ใช้เถ้าแกลบอีกหลายอย่างนอกจากที่กล่าวไปแล้วซึ่งยังอยู่ในขั้นทดลอง เช่น

-ใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตกระเบื้องมุงหลังคา
-ใช้เป็นส่วนผสมในผงดับไฟ (fire extinguishing powder)
-ใช้เป็นผงขัดผสมในยาสีฟัน
-ใช้เป็นส่วนผสมในวัสดุทนไฟและฉนวนกันไฟ
-ใช้เป็นสารกรองเบียร์ (beer)
-ใช้เป็นสารเติมในการผลิตสี
-ใช้ในการผลิตฟิล์มโซเดียมซิลิเกต (sodium silicate)

ถึงตรงนี้จะเห็นได้ว่า ของเหลือทิ้งอย่างเถ้าแกลบสามารถนำไปใช้ทำประโยชน์ต่อได้อีกหลากหลาย ซึ่งประเทศไทยมีแกลบจำนวนมากที่ถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า แต่น่าเสียดายว่า เถ้าแกลบจำนวนมากที่เกิดขึ้นหลังการเผาไม่ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ต่อ แต่ถูกกองทิ้งในบ่อเถ้าแกลบเพื่อรอส่งไปจำหน่ายให้แก่โรงหล่อโลหะในต่างประเทศ

2.5นวัตกรรมใหม่จากเถ้าแกลบ

ด้วยเหตุที่ ดร.ผกามาศ แซ่หว่องและทีมวิจัยของศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติเคยประสบความสำเร็จจากการพัฒนามัลไลต์ วัสดุเซรามิกทนความร้อนสูงด้วยการใช้ตะกอนน้ำทิ้งจากโรงงานผสมกับเถ้าแกลบมาแล้ว ทีมวิจัยจึงดำเนินการวิจัยต่อเพื่อแปรสภาพเถ้าแกลบให้เป็นวัสดุที่สามารถใช้ประโยชน์ได้อีกอันเป็นการช่วยลดขยะและรักษาสภาพแวดล้อม

ทีมวิจัยทดลองนำเถ้าแกลบมาผ่านขั้นตอนการขึ้นรูปเป็นเม็ดขนาดต่างๆ (เส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2 เซนติเมตร) โดยใช้น้ำ ไม่ใช้สารเคมี กรด หรือตัวเชื่อมประสานใดๆ แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิสูง 1100 องศาเซลเซียสได้เม็ดวัสดุที่มีลักษณะพรุน ขนาดรูพรุนอยู่ในระดับมิลลิเมตรถึงไมโครเมตร และเม็ดวัสดุหนัก 1 กรัมมีพื้นที่ผิวประมาณ 9-11 ตารางเมตร ขณะที่ปริมาตรของรูพรุนมีประมาณ

ร้อยละ 20-70 ทีมวิจัยจึงนำวัสดุพรุนไปทดลองใช้งาน 2 ลักษณะคือ วัสดุสำหรับปลูกพืช (Hortimedia) และวัสดุรูพรุนสำหรับบำบัดน้ำทางชีวภาพหรือไบโอฟิลเตอร์ (Biofilter)

2.5.1วัสดุปลูก

ปัจจุบันการปลูกผักสลัด และพืชพันธุ์ต่างประเทศหลายชนิดที่อยู่ในกลุ่มการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินหรือไฮโดรโพนิกส์ (hydroponics) จะใช้วัสดุเพาะปลูกบางชนิดเพื่อให้พืชยึดเกาะแทนดิน เช่น ขุยมะพร้าว ขี้เลื่อย แกลบสด เพอร์ไลท์ (Perlite) เวอร์มิคูไลท์ (Vermiculite) ฯลฯ ซึ่งวัสดุเพาะปลูกที่ดีควรมีสมบัติดังนี้ วัสดุไม่ยุบตัวเร็วเมื่อนำมาใช้งาน ไม่เกิดการสลายตัวทั้งทางเคมี และชีวภาพ ไม่มีสารเป็นพิษต่อพืชเจือปนอยู่ ไม่เกิดปฏิกิริยา กับสารละลายธาตุอาหาร เพื่อไม่ให้มีผลกระทบต่อ ประจุไฟฟ้าของธาตุอาหาร ไม่เป็นแหล่งสะสมโรค และแมลง รากพืชสามารถแพร่กระจายได้สะดวก และนำกลับมาใช้ได้ง่าย

2.5.2 ไบโอฟิลเตอร์

การเลี้ยงปลาทั่วไปจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำเป็นระยะเพื่อเจือจางความสกปรกในน้ำที่เกิดจากขี้ปลาและอาหารปลาที่เติมลงไป แต่การเปลี่ยนถ่ายน้ำบ่อยนอกจากจะเพิ่มต้นทุนในการเลี้ยงแล้ว ยังทำให้สูญเสียเวลาในกิจกรรมดังกล่าวด้วย ดังนั้นฟาร์มปลาบางแห่งจึงนำวัสดุธรรมชาติ เช่น ปะการัง หินพัมมิส มาใช้เป็นตัวกรอง ซึ่งแม้จะใช้งานได้ดี แต่การนำวัสดุเหล่านี้มาใช้งานโดยเฉพาะปะการัง เป็นการบุกรุกธรรมชาติและเป็นเรื่องผิดกฎหมายด้วย

2.5.3การทดลองใช้บำบัดน้ำในบ่อเลี้ยงปลา

เนื่องจากไบโอฟิลเตอร์ที่พัฒนามาจากเถ้าแกลบนี้มีพื้นที่ผิวมากกว่าปะการัง และหินพัมมิส ดังนั้นผลิตภัณฑ์จึงน่าจะมีประสิทธิภาพในการบำบัดไม่ด้อยกว่าวัสดุธรรมชาติ รวมทั้งสามารถใช้แทนวัสดุจากธรรมชาติได้ ทีมวิจัยจากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติได้ร่วมมือกับนักวิชาการของกรมประมง นำไบโอฟิลเตอร์ไปทดลองบำบัดน้ำที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดปทุมธานี และศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดจันทบุรี และพบว่าจุลินทรีย์สามารถเข้าไปอาศัย และเพิ่มจำนวนในเม็ดไบโอฟิลเตอร์จนมีปริมาณมากพอจะย่อยสลายของเสียที่สัตว์น้ำปล่อยออกมาได้ เป็นการช่วยรักษาคุณภาพน้ำ ลดจำนวนครั้งในการเปลี่ยนถ่ายน้ำลง ช่วยให้ปลากินอาหารได้มาก เจริญเติบโตดี อีกทั้งช่วยประหยัดเวลา และค่าใช้จ่าย

ล่าสุดบริษัทเอกชนผู้ดำเนินงานโรงผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงมีความสนใจขออนุญาตใช้สิทธิ์ในผลงานวิจัยนี้ไปต่อยอดในเชิงพาณิชย์ และมีแผนที่จะผลิตเป็นเม็ดบำบัดน้ำเสียออกจำหน่ายในอนาคตอันใกล้นี้

แหล่งข้อมูลอ้างอิง

http://www.mtec.or.th/special/ecocera/
http://www.berr.gov.uk/files/file15138.pdf
http://charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/husk.php

2.6 ทฤษฎีโบเวอร์ (ที่มา: www.venz.co.th ผู้จำหน่ายพัดลมโบเวอร์)

ข้อมูลทั่วไปของพัดลมเป่าเตารุ่น เหมาะสำหรับการใช้งาน ในงานเป่าเตา, เป่าถุงพลาสติก งานเป่าแห้งต่างๆ งานระบายความร้อนเครื่องจักรอุตสาหกรรมสิ่งพิมพ์,งานในครัว และอื่นๆ โดยพัดลมเป่าเตา และใบพัดทำจากอลูมิเนียม ด้วยการออกแบบที่ถูกต้องตาม หลักพลศาสตร์และน้ำหนักเบา ใบพัดผ่านการถ่วงสมดุลด้วยเครื่องจักรทันสมัย ทำให้หมุนโดยไม่สั่นหรือแกว่งลูกปืนคุณภาพอย่างดี พร้อมสารหล่อลื่นแบบถาวรคงทน

2.6.1 ประโยชน์ และการใช้งาน เป่าลมที่ใช้กับเตาถ่าน เตาพืชและเตาหุงต้มทั่วไป หรือเป่าผสมแก๊ส แรงดันต่ำ ต่อเข้ากับเครื่องจักรเฉพาะจุด เช่น เป่าถุงพลาสติก งานในครัวระบายความร้อนเครื่องจักร

ภาพที่ 2-5 แสดงขนาดของโบเวอร์ที่ใช้กับเตาแกลบ

2.7 สถิติและความน่าจะเป็น (ที่มา: อัจฉรีย์ จันทลักขณา 2542)

2.7.1ประชากร (Population) เป็นหน่วยที่ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษา ฉะนั้นประชากรจึงหมายถึงบุคคล องค์กร สัตว์สิ่งของต่างๆ ที่นำมาเป็นหน่วยศึกษาหรือปัญหาการวิจัย

2.7.2 ตัวอย่าง (Simple) เป็นส่วนหนึ่งของประชากร ซึ่งอาจเป็น 5,10 หรือ 50 เปอร์เซนต์ของจำนวนประชากรทั้งหมด โดยทั่วไปการทำวิจัยมักจะใช้ตัวอย่างหรือข้อมูลบางส่วน เพราะถ้าเก็บข้อมูลจากทุกหน่วยในประชากร จะทำให้เสียทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายสูง ทำให้ไม่ทันเวลาที่กำหนดไว้

2.7.3การสุ่มตัวอย่าง (Random Sample) เป็นวิธีการเลือกตัวอย่างหรือการกระทำเพื่อให้ได้ตัวแทนประชากรให้มากที่สุดเท่าที่กระทำได้ โดยการสุ่มตัวอย่างมีหลักใหญ่ๆ คือ

2.7.3.1 การสุ่มแบบไม่เป็นไปตามความน่าจะเป็น (Non Probability Sampling) เช่น การสุ่มแบบสะดวก (Convenience), การสุ่มแบบบังเอิญ (Accidental Sampling), การสุ่มแบบโควตา (Quota Sampling), และการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Random Sampling)

2.7.3.2 สุ่มแบบเป็นไปตามโอกาสสถิติ (Probability Sampling) เช่น การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling), การสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบ (Systematic Random)การสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

สัญลักษณ์ของตัวแปร

$\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง

n = ขนาดของตัวอย่าง

μ = ค่าเฉลี่ย

$S.D.^2$ = ความแปรปรวน

$S.D.$ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

α = ค่าความน่าจะเป็น

Z = ตัวสถิติ

E = ค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่สามารถยอมรับได้

N = แทนจำนวนข้อมูลทั้งหมด

2.7.4 การหาขนาดตัวอย่าง (n) การหาขนาดของตัวอย่างเมื่อประมาณค่าเฉลี่ยของประชากรเดียว (μ) จากการประมาณค่าแบบช่วงของค่าเฉลี่ย จะได้ว่าช่วงความเชื่อมั่น (1-α)100% ของ μ คือ

$$\overline{X} + Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\alpha}{\sqrt{n}} \lim_{x\to\infty} < \mu < \overline{X} + Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\alpha}{\sqrt{n}}$$

หรือ $\left|\overline{X} - \mu\right| < Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\alpha}{\sqrt{n}}$

ค่า $\left|\overline{X} - \mu\right|$ คือ ค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมินค่า μ ด้วย $\overline{X}$ หรือค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่สามารถยอมรับได้ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย E จะมีค่ามากที่สุดเท่ากับ $Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\alpha}{\sqrt{n}}$

$$E = \frac{Z_{\frac{\alpha}{2}}\alpha}{\sqrt{n}} \quad (2\text{-}1)$$

$$\sqrt{n} = \frac{Z_{\frac{\alpha}{2}}}{E}$$

ดังนั้น $$n = \left[\frac{Z_{\frac{\alpha}{2}}(\sigma)}{E}\right]^2 \quad (2\text{-}2)$$

2.7.5 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตกรณีที่ไม่ได้จัดข้อมูลเป็นหมวดหมู่

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n} \quad (2\text{-}3)$$

หรือ $$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{N} \quad (2\text{-}4)$$

ดังนั้นจะพบว่าค่าเฉลี่ยของประชากรแต่ละค่าเฉลี่ยของตัวอย่างจะคำนวณเหมือนกันการใช้สัญลักษณ์ต่างกัน เพื่อแยกความแตกต่างให้ทราบว่าเป็นค่าที่คำนวณจากข้อมูลทั้งหมดหรือจากข้อมูลบางส่วน

2.7.6 ค่าความแปรปรวน (Variance) เป็นการวัดค่ากระจายของข้อมูลด้วย ค่าเฉลี่ยของผลต่างกำลังสองของข้อมูลแต่ละค่ากับค่าเฉลี่ยของข้อมูลชุดนั้น ค่าความแปรปรวนคำนวณได้ดังนี้

ค่าความแปรปรวน $$S.D.^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i - \mu)^2}{N} \quad (2\text{-}5)$$

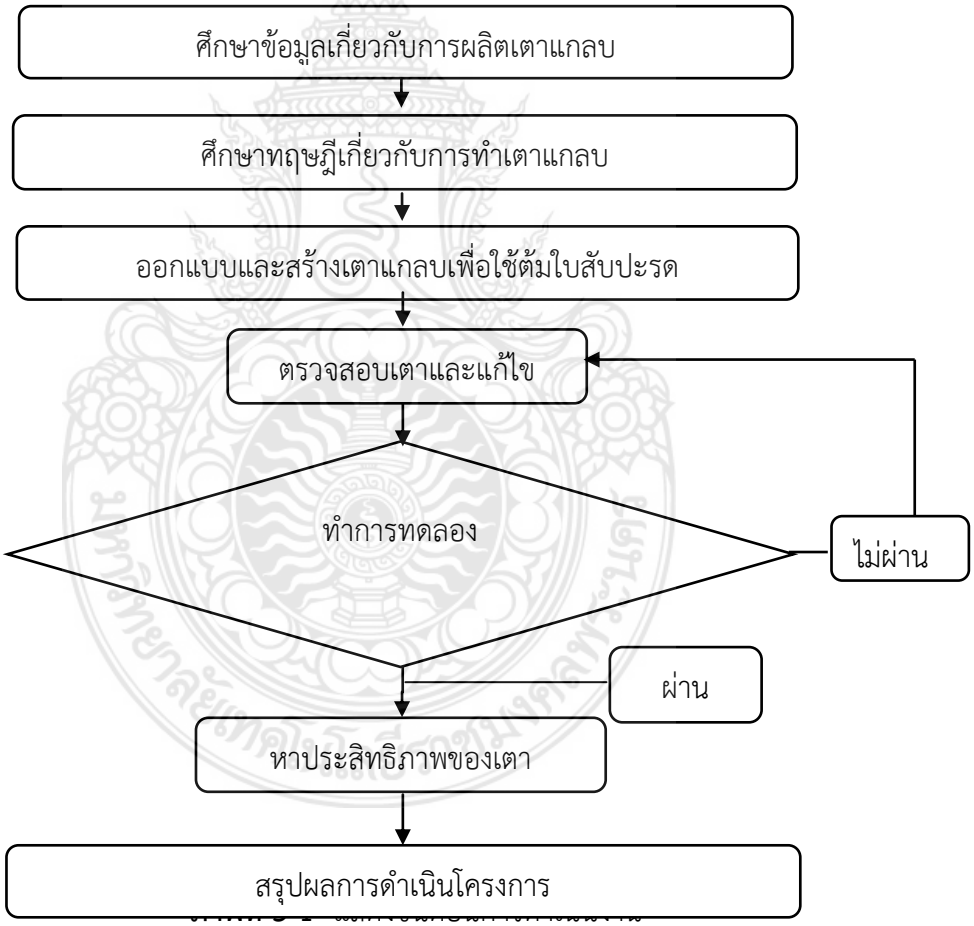
2.7.7 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) คือ รากที่สองของความแปรปรวนโดยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นค่าวัดการกระจายของข้อมูลที่นิยมใช้มากที่สุด เนื่องจากเป็นการคำนวณโดยใช้ทุกค่าของข้อมูลชุดนั้น ดังนั้นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคำนวณได้ดังนี้

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร $S.D. = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X-\mu)^2}{n}}$ (2-6)

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

การสร้างเตาแกลบผู้วิจัยได้ออกแบบให้ห้องบรรจุแกลบมีขนาดที่พอดีกับการเติมแกลบเพียงครั้งเดียวสำหรับการต้มใบสับปะรดแต่ละครั้ง และยังออกแบบเตาให้ควบคุมอุณหภูมิได้โดยมีอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิภายในหม้อต้ม เมื่ออุณหภูมิถึงจุดที่ตั้งเอาไว้ เซ็นเซอร์ที่กล่องควบคุมก็จะตัดพัดลมเป่าเติมอากาศเพื่อเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงและรักษาอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่กำหนด คือ อุณหภูมิสูงสุดที่ตั้งไว้ 98℃ และเมื่ออุณหภูมิลดต่ำลงมาถึง 96℃ ระบบก็จะทำงานเปิดพัดลมเติมอากาศวนเวียนอยู่แบบนี้จนกว่าแกลบจะหมด

3.1 แผนการสร้างเตาแกลบและทดลอง



3.2 ออกแบบและสร้างเตาแกลบเพื่อใช้ต้มใบสับปะรด

เตาแกลบที่ออกแบบจะมีห้องบรรจุแกลบเป็นรูปทรงกรวยคว่ำเพื่อให้ด้านล่างมีขนาดที่ใหญ่ซึ่งสามารถที่จะบรรจุแกลบได้ถึง 21 กิโลกรัมโดยด้านบนจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ด้านล่างจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร และยังมีฐาน

สี่เหลี่ยมที่ต่อจากฐานกรวยลึกลงไปอีก 5 เซนติเมตร รวมพื้นที่บรรจุแกลบทั้งหมด 80,783 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร ซึ่งแสดงวิธีการหาพื้นที่ดังต่อไปนี้

ปริมาตรที่บรรจุแกลบทั้งหมด = ปริมาตรทรงกรวย + ปริมาตรสี่เหลี่ยม

สูตรการหาปริมาตรทรงกรวย

$$V = ((\pi.\mathrm{h}) / 12) \times (D^2 + d^2 + D \times d)$$

แทนค่า

$$V = ((\pi.40) / 12) \times (80^2 + 30^2 + 80 \times 30)$$

$$V = 77{,}583$$

สูตรการหาปริมาตรสี่เหลี่ยม

$$V = \mathrm{l} \times \mathrm{b} \times \mathrm{h}$$

แทนค่า

$$V = 80 \times 80 \times 5$$

$$V = 32{,}000$$

ปริมาตรที่บรรจุแกลบทั้งหมด $= 77583 + 32{,}000$

$= 80{,}783$ ลูกบาศก์เซ็นติเมตร

3.3 สร้างเตาแกลบ

เตาแกลบ ภายในประกอบด้วย ห้องบรรจุแกลบ มีสองส่วนคือ ส่วนบนเป็นรูปทรงกรวยคว่ำ และ ส่วนล่างเป็นสี่เหลี่ยม เพื่อเป็นช่องว่างสำหรับติดตั้งระบบปิดเปิดซึ่ง ออกแบบให้เหมือนกับบานเกล็ดหน้าต่าง ที่เปิดปิดได้ง่ายและมีช่องว่างระหว่างบานเกล็ดเพื่อให้อากาศไหลเข้ามาเติมในระบบได้ในขณะที่ปิดโบล์เวอร์เป่าเติมอากาศ การเติมอากาศในระบบโดยโบล์เวอร์ ที่ทำเป็นช่องลมอยู่ภายในห้องบรรจุแกลบ และเมื่อแกลบไหม้จนหมดก็เปิดบานเกล็ดให้เถ้าแกลบร่วงลงไปที่ถาดเก็บเถ้าแกลบ ถาดเก็บเถ้าแกลบสามารถดึงออกเพื่อเทเถ้าแกลบได้ง่าย ดังแสดงในภาพต่อไป

3.3.1 ห้องบรรจุแกลบส่วนบนเป็นรูปทรงกรวยคว่ำ

ห้องบรรจุแกลบถูกออกแบบให้เป็นทรงกรวยเพื่อลดความสูงของเตาลง และบรรจุแกลบได้มากขึ้น เมื่อแกลบถูกเผาไหม้จากด้านบนลงไปเรื่อยๆเปลวไฟจะยังคงที่ทำให้รักษาความร้อนได้เมื่อแกลบลดต่ำลงไป

ภาพที่ 3-2 แสดงห้องบรรจุแกลบส่วนบน

3. 3.2 ห้องบรรจุแกลบส่วนล่างเป็นสี่เหลี่ยม

ส่วนล่างเป็นสี่เหลี่ยม เพื่อเป็นช่องว่างสำหรับติดตั้งระบบปิดเปิดซึ่ง ออกแบบให้เหมือนกับบานเกล็ดหน้าต่าง ที่เปิดปิดได้ง่ายและมีช่องว่างระหว่างบานเกล็ดเพื่อให้อากาศไหลเข้ามาเติมในระบบได้

ภาพที่ 3-3 แสดงห้องบรรจุแกลบส่วนล่าง

3. 3.3 ช่องเติมอากาศในระบบ

ช่องเติมอากาศในระบบโดยใช้โบล์เวอร์เป่า ซึ่งถูกติดตั้งอยู่ภายในห้องบรรจุแกลบ เพื่อเติมอากาศช่วยให้แกลบถูกเผาไหม้ได้เป็นอย่างดี

ภาพที่ 3-4 แสดงช่องเติมอากาศในระบบ

3.3.4 ฝาครอบฉนวนกันความร้อน

ฝาครอบที่มีฉนวนกันความร้อนบุภายในเพื่อป้องกันความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้

ภาพที่ 3-5 แสดงฝาครอบฉนวนกันความร้อน

3.3.5 บานเกล็ดปิดเปิด

บานเกล็ดที่เปิดปิดได้ง่ายและมีช่องว่างระหว่างบานเกล็ดเพื่อให้อากาศไหลเข้ามาเติมในระบบได้ในขณะที่ปิดโบล์เวอร์เป่าเติมอากาศ

ภาพที่ 3-6 แสดงบานเกล็ดปิดเปิด

3.3.7 เตาแกลบที่สร้างเสร็จ

เตาแกลบที่สร้างเสร็จ ถูกออกแบบให้มีความแข็งแรง และที่วางหม้อต้มได้หลายขนาด

ภาพที่ 3-7 แสดงเตาแกลบที่สร้างเสร็จ

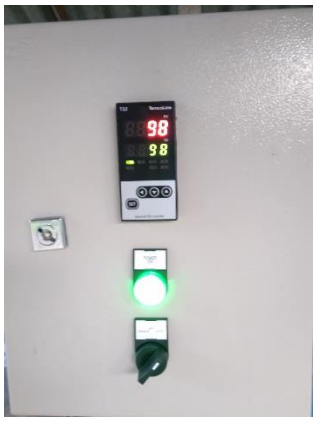
3.4 หม้อต้มและหัววัดอุณหภูมิ

หม้อต้ม จะถูกออกแบบให้มีขนาดใหญ่ สามารถต้มใบสับปะรดได้ถึง 50 กิโลกรัมรวมกับน้ำ 20 กิโลกรัม และโซดาไฟ 1 กิโลกรัมละลายกับน้ำ 1 ลิตร นอกจากนี้ยังติดตั้งหัววัดอุณหภูมิไว้ที่ฝาปิดเพื่อวัดอุณหภูมิภายในหม้อต้ม

ภาพที่ 3-8 แสดงหม้อต้มและหัววัดอุณหภูมิ

3.5 กล่องควบคุมอุณหภูมิ

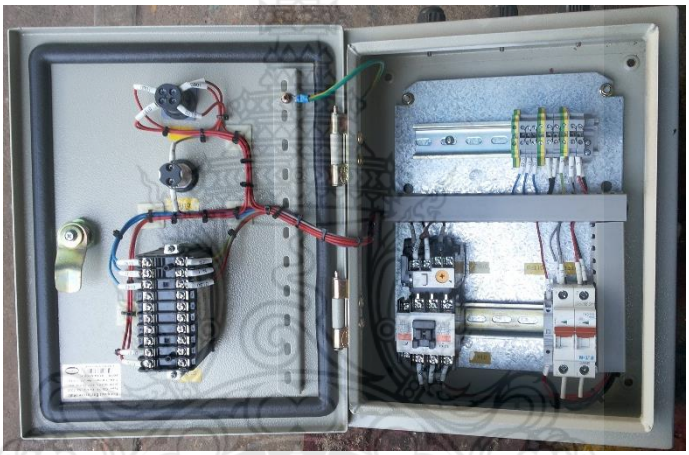
กล่องควบคุมอุณหภูมิ มีหน้าที่ในการควบคุมความร้อนในหม้อต้มให้คงที่ ที่ระดับความร้อนที่ตั้งไว้สูงสุดคือ 98°C และต่ำสุดคือ 96°C เมื่อความร้อนถึง 98°C ระบบก็จะตัดไฟไม่ให้โบรเวอร์ทำงาน และเมื่อความร้อนลดลงมาถึง 96°C ระบบก็จะทำงานอีกครั้ง



ภาพที่ 3-9 แสดงกล่องควบคุมอุณหภูมิ

3.5.1 วงจรภายในกล่องควบคุม

วงจรที่ออกแบบสำหรับควบคุมอุณหภูมิภายในหม้อต้ม



ภาพที่ 3-10 แสดงวงจรภายในกล่องควบคุม

3.6 ทำการทดลองต้มใบสับปะรด

การทดลองต้มใบสับปะรดเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดเตาแกลบโดยเปรียบเทียบกับการต้มของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ใบสับปะรด ป่าซางวิวัฒน์ จึงใช้สัดส่วนในการต้มที่ทางกลุ่มใช้ในการต้ม คือ ใบสับปะรด 50 กิโลกรัม น้ำ 20 กิโลกรัม และโซดาไฟ 1 กิโลกรัมละลายกับน้ำ 1 ลิตร โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.6.1 หั่นใบสับปะรดเตรียมไว้

ภาพที่ 3-11 แสดงใบสับปะรดที่เตรียมไว้

3.6.2 ชั่งใบสับปะรดให้ได้ 50 กิโลกรัม

ภาพที่ 3-12 แสดงการชั่งใบสับปะรด

3.6.3 ล้างใบสับปะรดให้สะอาด

ภาพที่ 3-13 แสดงการล้างใบสับปะรดที่เตรียมไว้

3.6.4 นำแกลบมาชั่งให้มีน้ำหนักรวม 21 กิโลกรัม

ภาพที่ 3-14 แสดงการชั่งแกลบ

3.6.5 เทแกลบลงในห้องเชื้อเพลิง

ภาพที่ 3-15 แสดงการเทแกลบลงในห้องเชื้อเพลิง

3.6.6 นำหม้อต้มขึ้นตั้งบนเตาและเติมส่วนผสม

ภาพที่ 3-16 แสดงการนำหม้อต้มขึ้นตั้งบนเตาและเติมส่วนผสม

3.6.7 เริ่มทำการต้มตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้และจับเวลา

ภาพที่ 3-17 แสดงการต้ม ตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้และจับเวลา

3.6.8 เปลวไฟตอนกลางวันจะไส มองไม่เห็น แต่ ตอนกลางคืนจะเห็นชัดเจน

ภาพที่ 3-18 แสดงเปลวไฟที่ได้จากเตาแกลบ

3.6.9 ตรวจสอบการเปื่อยของใบสับปะรด

ภาพที่ 3-19 แสดงการตรวจสอบการเปื่อยของใบสับปะรด

3.6.10 ตักใบสับปะรดที่เปื่อยออกจากหม้อต้ม

ภาพที่ 3-20 แสดงการตักใบสับปะรดที่เปื่อยออกจากหม้อต้ม

3.6.10 เมื่อเตาเย็นลงก็ทำการดึงถาดรองเถ้าแกลบออก

ภาพที่ 3-21 แสดงการดึงถาดรองเถ้าแกลบออก

3.6.11 ตักเถ้าแกลบใส่กระสอบเพื่อไว้ใช้งานต่อไป

ภาพที่ 3-22 แสดงการตักเถ้าแกลบใส่กระสอบ

3.6.12 เถ้าแกลบที่ได้แต่ละครั้งประมาณ 3-4 กิโลกรัม หลังการต้ม

ภาพที่ 3-23 แสดงการตักเถ้าแกลบใส่กระสอบ

3.7 ตารางการทดลองและเก็บข้อมูล

ตารางสำหรับบันทึกผลการทดลองต้มใบสับปะรดด้วยเตาแกลบดังแสดงในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 แสดงตารางเพื่อทดลองหาประสิทธิภาพของเตาที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง

การทดสอบ (ครั้งที่)	น้ำหนักแกลบ (kg)	อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น (^oC)	อุณหภูมิน้ำที่ตั้งไว้ (^oC)	เวลาในการต้มจนเดือด (min)	เวลาในการต้มใบสับปะรด (min)	ผลในการต้มใบสับปะรด
1	21		98			
2	21		98			
3	21		98			
4	21		98			
5	21		98			
6	21		98			
7	21		98			
8	21		98			
9	21		98			
10	21		98			
11	21		98			
12	21		98			
13	21		98			
14	21		98			
15	21		98			

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

การต้มใบสับปะรดด้วยเตาแกลบโดยใช้แกลบในการต้มครั้งละ 21 กิโลกรัม ใบสับปะรด 50 กิโลกรัม น้ำ 20 ลิตร โซดาไฟ 1 กิโลกรัมละลายในน้ำ 1 ลิตร เพื่อเปรียบเทียบกับการต้มแบบเดิมของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ซึ่งต้มใบสับปะรดครั้งละประมาณ 40 ถึง 50 กิโลกรัม ใช้เวลาในการต้มประมาณ 4 ชั่วโมง โดยใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งกว่าจะต้มเสร็จก็สูญเสียไม้ในการต้มประมาณ 50 กิโลกรัม

4.1 บันทึกผลการทดลอง

ทำการทดลองต้มใบสับปะรดด้วยเตาแกลบและบันทึกผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 แสดงข้อมูลผลการทดลองหาประสิทธิภาพของเตาที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง

การทดสอบ (ครั้งที่)	น้ำหนักแกลบ (kg)	อุณหภูมิน้ำ เริ่มต้น (^oC)	อุณหภูมิน้ำ ที่ตั้งไว้ (^oC)	เวลาในการต้ม จนเดือด (min)	เวลาในการต้ม ใบสับปะรด (min)	ผลในการต้ม ใบสับปะรด
1	21	29	98	51	90	เหมาะสม
2	21	28	98	53	90	เหมาะสม
3	21	28	98	55	90	เหมาะสม
4	21	29	98	52	90	เหมาะสม
5	21	28	98	53	90	เหมาะสม
6	21	29	98	52	85	ไม่เหมาะสม
7	21	29	98	55	85	ไม่เหมาะสม
8	21	28	98	53	85	ไม่เหมาะสม
9	21	29	98	51	85	เหมาะสม
10	21	27	98	54	85	ไม่เหมาะสม

ตารางที่ 4-1 แสดงข้อมูลผลการทดลองหาประสิทธิภาพของเตาที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง(ต่อ)

การทดสอบ	น้ำหนักแกลบ	อุณหภูมิน้ำ	อุณหภูมิน้ำ	เวลาในการต้ม	เวลาในการต้ม	ผลในการต้ม

(ครั้งที่)	(kg)	เริ่มต้น (^oC)	ที่ตั้งไว้ (^oC)	จนเดือด (min)	ใบสับปะรด (min)	ใบสับปะรด
11	21	28	98	51	80	ไม่เหมาะสม
12	21	29	98	53	80	ไม่เหมาะสม
13	21	27	98	55	80	ไม่เหมาะสม
14	21	29	98	52	80	ไม่เหมาะสม
15	21	29	98	53	80	ไม่เหมาะสม

4.2 นำผลการทดลองที่ใบสับปะรดเหมาะกับการใช้งานมาหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ทำการทดลองและบันทึกผลดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 นำผลการทดลองที่ใช้เวลา 90 นาที ในการต้มที่เหมาะสม มาหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การทดลอง (ครั้งที่)	น้ำหนักแกลบ (kg)	อุณหภูมิน้ำ เริ่มต้น (^oC)	อุณหภูมิน้ำ ที่ตั้งไว้ (^oC)	เวลาในการต้ม จนเดือด (min)	เวลาในการต้ม ใบสับปะรด (min)	ผลในการต้ม ใบสับปะรด
1	21	29	98	51	90	เหมาะสม
2	21	28	98	53	90	เหมาะสม
3	21	28	98	55	90	เหมาะสม
4	21	29	98	52	90	เหมาะสม
5	21	28	98	53	90	เหมาะสม

หาค่าเฉลี่ยเวลาการทำงานของเตาแกลบต้มใบสับปะรดจากเริ่มต้มจนถึงน้ำเริ่มเดือด จากตัวอย่างขนาดเล็กที่ทำการทดลองเนื่องจากมีเตาที่ใช้ในการทดลองเพียง 1 เตาเท่านั้น และแต่ละครั้งใช้เวลาทดลองนาน จึงใช้ผลการทดลองมาคำนวนค่าต่างๆจากตัวอย่างขนาดเล็ก

จากสูตร $$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \cdots + x_n}{N} \quad (2\text{-}11)$$

ค่าเฉลี่ยเวล $$\bar{x} = \frac{(51+53+55+52+53)}{5}.$$

$$= \frac{264}{5}.$$

$$= 52.80 \text{ นาที}$$

หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากสูตร. $$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X-\mu)^2}{n-1}} \quad (2\text{-}12)$$

จะได้ $$S = \sqrt{\frac{(51-52.8)^2+(53-52.8)^2+(55-52.8)^2+(52-52.8)^2+(53-52.8)^2}{5-1}}$$

$$= 1.327$$

คำนวนหาช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากสูตร

$$\bar{x} \pm t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (2\text{-}13)$$

จะได้ $$52.80 \pm 2.776 \left(\frac{1.327}{\sqrt{5}} \right)$$

$$= 52.80 \pm 1.65$$

หรือเวลาการทำงานของเตาแกลบต้มใบสับปะรดจนเดือดอยู่ในช่วง

= 51.15 ถึง 54.42 นาที

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเวลาการทำงานของเตาแกลบต้มใบสับปะรดจนเริ่มเดือด จากการทดลองจำนวน 5 ครั้ง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% อยู่ในช่วง 51.15 ถึง 54.42 นาที

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองต้มใบสับปะรดด้วยเตาแกลบหลายครั้งด้วยวิธีการต่างๆเพื่อหาค่าที่เหมาะสมในการต้มที่ดีที่สุด เช่น การทดลองโดยการลดปริมาณแกลบลงครั้งละ 3 กิโลกรัม จาก 21 กิโลกรัม จนเหลือ 15 กิโลกรัม และการปรับปริมาณอากาศที่เป่าเติมเข้าไปในเตาแกลบจากปริมาณ 100%เต็มของโบเวอร์ คือ 4 CMM และลดลงครั้งละ 1 CMM จนเหลือ 1 CMM จึงได้ผลการทดลองที่ดีที่สุดในการใช้เตาแกลบต้มใบสับปะรด ซึ่งสามารถสรุปผลเป็นข้อๆได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

การต้มใบสับปะรด 50 กิโลกรัม น้ำ 20 ลิตร โซดาไฟ 1 กิโลกรัมละลายในน้ำ 1 ลิตร ด้วยเตาแกลบ ผลการทดลองที่ดีที่สุดคือ

5.1.1 ใช้แกลบ 21 กิโลกรัมในการต้มแต่ละครั้ง

5.1.2 ใช้ VOLUMP 3 CMM ของโบเวอร์ที่ติดตั้งกับเตา

ภาพที่ 5-1 ขนาดของโบเวอร์ที่ใช้กับเตาแกลบ

5.1.3 เวลาการทำงานของเตาแกลบต้มใบสับปะรดจนเริ่มเดือด จากการทดลองจำนวน 5 ครั้ง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% อยู่ในช่วง 51.15 ถึง 54.42 นาที

5.1.4 เวลาในการต้มที่ดีที่สุดคือ 90 นาที ลดลงจากเดิม 150 นาที จากที่กลุ่มวิสาหกิจใช้ในการต้ม 240 นาที

5.1.5 อุณหภูมิที่ตั้งไว้สูงสุดคือ 98°C

5.1.6 เถ้าแกลบที่ได้จากการต้มแต่ละครั้งโดยใช้แกลบ 21 กิโลกรัมคือ 3 ถึง 4 กิโลกรัม

5.1.7 เมื่ออุณหภูมิในหม้อต้มสูงถึง 98°C ระบบจะตัดไฟโบเวอร์ เพื่อหยุดการเติมอากาศ แต่จากการออกแบบเตาที่ทำให้เตาสามารถดูดอากาศมาเติมเองได้ที่ช่องบานเกล็ด จึงทำให้เตายังรักษาความร้อนของหม้อต้มเอาไว้ที่อุณหภูมิ 98°C อีกประมาณ 40 นาที ซึ่งมีผลทำให้ใบสับปะรดเปื่อยได้โดยระบบไม่ต้องเติมลมด้วยโบเวอร์อีก

5.2 ปัญหา และอุปสรรค

5.2.1 การทดลองต้องใช้เวลานานในการเก็บข้อมูล

5.2.2 การตั้งพารามิเตอร์ในการตั้งช่วงอุณหภูมิมีความยุ่งยากมาก

5.3 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับโครงงาน

5.3.1 ควรเปลี่ยนวัสดุในการทำเตาจากสแตนเลสเป็นเหล็กหรือวัสดุอื่น

5.3.2 ควรลดขนาดและน้ำหนักเตาลงอีกเพื่อสะดวกในการเคลื่อนย้าย

บรรณานุกรม

กิตติกร และคณะ.**การประเมินสมรรถนะเตาแก๊สชีวมวลสำหรับครัวเรือนโดยใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง** [ออนไลน์] [สืบค้นวันที่ 16 สิงหาคม 2559]. จาก
https://www.google.co.th/webhp?sourceid=chrome-instant&ion

นวภัทรา และ ทวีพล .**การวัดและเครื่องมือวัด ประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร** 2555[ออนไลน์] [สืบค้นวันที่ 10 มีนาคม 2558]. จาก
http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/6810/standard-thermocouple

บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์ **แกลบและเถ้าแกลบ.** ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ จาก
https://www.mtec.or.th/academic-services/mtec-knowledge/865-

ปนิธาน สงหลำ **เตาชีวมวล.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 2556

พิทักษ์ พลอยปลื้ม **เตาต้มใบสับปะรดระบบปิด**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ราชมงคลพระนคร 2557

วันชนะ มาลีรัตน์ **พลังงานชีวมวล.** [ออนไลน์] [สืบค้นวันที่ 10 มีนาคม 2558]. จาก
http://www.siamtownus.com/

สุปรีดา ทองแจ่ม **ราคาแกลบและไม้.** [ออนไลน์] [สืบค้นวันที่ 9 มีนาคม 2558]. จาก
http://www.108wood.com/

อัจฉรีย์ จันทลักขณา(2542). **หลักสถิติเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป**. พิมพ์ครั้งที่ 2.
กรุงเทพฯ : เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น.

ประวัติผู้จัดทำ

1.ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายรัชดาศักดิ์ สุเพ็งคำ

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Rachadasak Supengcum

2.เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3400100895159

3.ตำแหน่งปัจจุบัน หัวหน้างานติดตามและประเมินผล

4.หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ที่อยู่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวง บางซื่อ เขต บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

e-mail rachadasak@yahoo.com

5. ประวัติการศึกษา

-พ.ศ 2537 ปริญญาตรี ครุศาสตรอุตสาหกรรมบัณฑิต (อุตสาหการ-เครื่องมือกล) จากสถาบันเทคโนโลยี ราชมงคล วิทยาเขตขอนแก่น

-พ.ศ 2544 ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ) จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

- พ.ศ 2550 ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม) จาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

สาขา วิศวกรรมและเทคโนโลยี