

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. **ชุดโครงการวิจัย** วิจัยและพัฒนาปาล์มน้ำมัน

2. **โครงการวิจัย** วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตปาล์มน้ำมัน
กิจกรรมที่ 3 วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและเครื่องจักรกลเกษตรเพื่อการแปรรูปปาล์มน้ำมัน

3. **ชื่อการทดลอง** วิจัยและพัฒนาเตาผลิตก๊าซโดยใช้กะลาปาล์มเป็นวัสดุเชื้อเพลิง
ชื่อการทดลอง 3.6 วิจัยและพัฒนาเตาผลิตก๊าซโดยใช้กะลาปาล์มเป็นวัสดุเชื้อเพลิง
Research and Development of Gasifier from Palm Shell

4. **คณะผู้ดำเนินงาน**

หัวหน้าการทดลอง	นายเวียง อากรชี่	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
ผู้ร่วมงาน		
	1.นายพุทธธินันท์ จารุวัฒน์	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	2.นายศุภวรรณ์ ภามาตย์	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	3.นางสาววิษณีย์ ออมทรัพย์สิน	สังกัด ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี

5. บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาข้อมูลกระบวนการผลิตและการออกแบบเตาผลิตแก๊สชีวภาพจากกะลาปาล์มโดยใช้หลักการแก๊สซิฟิเคชันและการสร้างเตาแบบไหลลงด้านล่าง(Downdraft Gasifier)โดยเตาที่ออกแบบมีความสูงรวม 2,500 มิลลิเมตร แยกเป็น 3 ส่วนสำคัญจากบนลงล่าง คือ 1.ถังบรรจุกะลาปาล์มดิบอยู่ด้านบนของเตาประกอบด้วยถังรับเชื้อเพลิงและมีฝาปิดพร้อมซีลน้ำเพื่อป้องกันไม่ให้อากาศเข้า-ออกจากเตาขณะหยุดเดินระบบ 2.ส่วนการอบแห้ง ไพโรไลซิส และการเผาไหม้ มีลักษณะเป็นทรงกระบอกกลมเส้นผ่าศูนย์กลางด้านนอก 530 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางใน 300 มิลลิเมตรโดยภายนอกทำจากวัสดุโลหะม้วนกลม ภายในบุด้วยฉนวนกันความร้อนทำจากปูนทนไฟที่อุณหภูมิประมาณ 1,400 องศาเซลเซียส 3.ด้านล่างของเตามีระบบลำเลียงซี้เข้า/ถ่านที่ได้จากการเผาไหม้ออกจากเตาสามารถควบคุมระยะเวลาการลำเลียงซี้เข้า/ถ่านออกได้ จากการทดสอบพบว่าปริมาณก๊าซที่ได้ยังมีอัตราการไหลออกมาไม่ค่อยคงที่ ถ่านกะลาปาล์มสุกไม่ค่อยสม่ำเสมอ จากการทดสอบเตาเบื้องต้นป้อนกะลาปาล์มที่ อัตราต่างๆ พบว่าปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปริมาณแก๊สและปริมาณถ่านนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณอัตราการป้อนกะลาปาล์มดิบและระยะเวลาของการกักเก็บไว้ในห้องเผาไหม้ซึ่งควบคุมได้โดยการดึง ถ่าน/ซี้ถ่านออกด้านล่าง

6. คำนำ

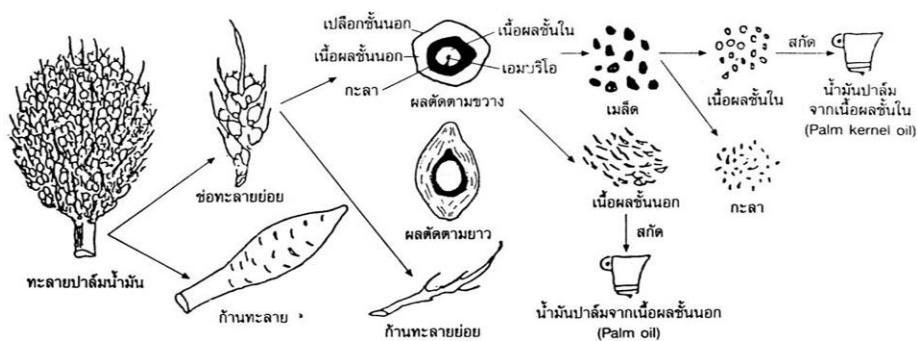
ปาล์มน้ำมันเป็นพืชน้ำมันที่มีศักยภาพสูงสุดในการให้ผลผลิตน้ำมันต่อหน่วยพื้นที่ โดยในปี 2550 ปาล์ม น้ำมันและถั่วเหลืองมีพื้นที่เก็บเกี่ยวทั่วโลก 86.46 และ 568.56 ล้านไร่ และให้ผลผลิตน้ำมัน 42.65 และ 37.48 ล้านตัน ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ผลผลิตน้ำมันปาล์มสูงกว่าถั่วเหลือง 7.7 เท่า และเมื่อคำนวณผลผลิต น้ำมันของปาล์มน้ำมันพบว่า มีค่าเฉลี่ย 0.505 ตัน/ไร่/ปี หรือคิดเป็นอัตราสกัดน้ำมัน 16.83% (จากผลผลิต ทะลายสด 3 ตันต่อไร่ต่อปี) ผลผลิตปาล์มน้ำมันของไทยระหว่างปี 2547-2551 ทั่วประเทศมีค่า 2.40-3.22 ตัน ต่อไร่ต่อปี หรือคิดเป็นผลผลิตน้ำมันเฉลี่ย 0.45 ตันต่อไร่ต่อปี ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของโลก ในขณะที่ประเทศ ปาปัวนิวกินีมีประสิทธิภาพในการผลิตน้ำมันปาล์มสูงสุด 0.69 ตันต่อไร่ต่อปี รองลงมาคือ มาเลเซีย โคลัมเบีย และอินโดนีเซีย (0.64 0.61 และ 0.48 ตันต่อไร่ต่อปี) และจากรายงานข้อมูลสถิติปาล์มน้ำมันของไทยและ มาเลเซียในปี 2551 พบว่า ผลผลิตทะลายเฉลี่ยไทยและมาเลเซียมีค่าใกล้เคียงกันมาก (3.22 และ 3.23 ตัน/ไร่/ปี) แต่ประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันของไทยต่ำกว่ามาเลเซียถึง 3.39% (16.66% และ 20.05%) ซึ่งส่วนต่างดังกล่าว ส่งผลต่อต้นทุนการผลิตน้ำมันปาล์มของไทย และจากการคำนวณรายได้จากส่วนต่างของอัตราการสกัดน้ำมันปี 2551 ที่ไทยควรจะได้รับหากมีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำมันปาล์มเป็น 20% พบว่า มีมูลค่าสูงถึง 9,093 ล้านบาท นี่คือเหตุผลสำคัญที่ควรจะมีนโยบายหรือมาตรการที่จริงจังและปฏิบัติได้ในการจัดการระบบการ เก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมัน การจัดการผลผลิตของลานเทและระบบการซื้อขายที่เป็นธรรมต่อปาล์มน้ำมันที่มีคุณภาพดี เพื่อสร้างแรงจูงใจแก่เกษตรกรที่มีการปฏิบัติที่ดี ตลอดถึงการเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดของโรงงานสกัดน้ำมัน ปาล์มและการใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุในโรงงาน ซึ่งที่กล่าวมาจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลพื้นฐานของคุณภาพทะลาย ต่อปริมาณและคุณภาพน้ำมันปาล์ม ทราบปัจจัยที่มีผลต่อความแปรปรวนของอัตราการสกัดน้ำมันปาล์มในรอบปี มีวิธีประเมินน้ำมันต่อทะลายที่มีประสิทธิภาพและรวดเร็ว มีมาตรฐานการเก็บเกี่ยวที่มีประสิทธิภาพ และมีการ จัดการระบบการสกัดน้ำมันปาล์มให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันปาล์มสามารถ เพิ่มขึ้นได้อย่างน้อย 3 เปอร์เซ็นต์ กะลาปาล์มเป็นของเสียที่ยากที่สุดในการกำจัด การนำกะลามาใช้เป็นเชื้อเพลิงต้อง มีการดัดแปลงเตาเผาและปริมาณมีไม่มากเหมือนเส้นใย โรงงานจึงไม่ค่อยนิยมที่จะใช้กะลาเป็นเชื้อเพลิงมากนัก กะลาปาล์มประกอบด้วยคาร์บอน 20%, Volatile matter 70%, เถ้า 4% และความชื้น 6% ค่าพลังงานความร้อนของกะลาปาล์ม 1 กิโลกรัม = 18,267 กิโลจูล (บุญเรือน, 2543)

จุไรรัตน์และคณะ (2545) ได้ศึกษาการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเหง้ามันสำปะหลังด้วยเตาผลิตแก๊สชนิด แก๊สและอากาศไหลลงโดยใช้อากาศเผาไหม้ และการนำแก๊สเชื้อเพลิงที่ได้ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเผาขยะเปียก ในการทดลองได้จัดสร้างเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงขนาดจุเหง้ามันสำปะหลังได้ ประมาณ 70 kg. แต่พบว่าไม่สามารถ ใช้ในการผลิตแก๊สจากเหง้ามันสำปะหลังได้เนื่องจากปัญหาการอุดตันของแอสล (slag) ที่เกิดจากสารซิลิกาของ ส่วนเปลือกเหง้ามันสำปะหลัง จึงได้แก้ไขปัญหาโดยการจัดสร้างเตาผลิตแก๊สใหม่ เป็นชนิดลักษณะตรงไม่มีคอคอด พร้อมเพิ่มชุดกวาดแอสลซึ่งจะทำงานกวาดแอสลอัตโนมัติทุก ๆ 30 นาที โดยมีอัตราการใช้เหง้ามันสำปะหลัง 37-38 kg/h สามารถผลิตแก๊สเชื้อเพลิงได้ 84 m³/h ค่าความร้อนของแก๊ส 990 kcal/SCM (องค์ประกอบของแก๊ส CO 19.25% H₂ 15.32% CH₄ 0.13% O₂ 1.11% CO₂ 14.59% N₂ 49.61%) ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของ

เตา 56 % แก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ถูกนำไปใช้ในการเผาขยะเปียก ด้วยเตาเผาขยะแบบห้องเดี่ยวที่ถูกจัดสร้างพร้อมระบบกำจัดควันและแก๊สพิษแบบเปียก ปรับปรุงคุณภาพขยะเปียกด้วยการผสมกับเหง้ามันสำปะหลังตากแห้งในอัตราส่วน 2:1 โดยน้ำหนัก ทำการเผาไหม้แบบอากาศมากเกินพอ ผลการทดลองพบว่าปริมาณแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ สามารถใช้ในการเผาขยะได้ด้วยอัตราการเผาไหม้ 80 kg/h อุณหภูมิเผาไหม้เฉลี่ย 600-640°C ปริมาณเถ้า 12.6-15.8% ตรวจวัดคุณภาพไอเสียที่ออกจากระบบกำจัดควันและมลพิษก่อนปล่อยสู่บรรยากาศ พบว่า ปริมาณแก๊ส CO, NO₂, SO₂ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศที่ปล่อยออกจากปล่องระบายของเตามูลฝอย

ภัทรา (2540) ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของกะลาปาล์มพบว่า มีความชื้น 11.87 เปอร์เซ็นต์, เถ้า 2.2 เปอร์เซ็นต์, ปริมาณสารระเหย 69.87 เปอร์เซ็นต์, ปริมาณคาร์บอนคงตัว 16.06 เปอร์เซ็นต์ และพื้นที่ผิวรูพรุนทั้งหมด (S_{bet}) 12.20 ตารางเมตร/กรัม เมื่อนำมาผ่านกระบวนการคาร์โบไนซ์เพื่อเพิ่มปริมาณคาร์บอนที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และกระตุ้นถ่านกะลาปาล์มน้ำมันให้เป็นถ่านกัมมันต์ที่ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ถ่านกัมมันต์ที่ได้จะมีค่าการดูดซับไอโอดีน และเมทธิลีนบลูเท่ากับ 362.24 และ 10.54 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ และพื้นที่ผิวรูพรุนทั้งหมด 378.1 ตารางเมตร/กรัม โดยขนาดของถ่านที่เหมาะสมในการกระตุ้นด้วยไอน้ำอิมพัลส์ด้วยตัวยวดยิ่งคือ ถ่านขนาด 0.355-0.85 มิลลิเมตร โดยการกระตุ้นที่เวลานานกว่า 1 ชั่วโมง ไม่ทำให้พื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์มีค่าสูงขึ้น ยกเว้นกรณีของการกระตุ้นด้วยไอน้ำนานเกิน 3 ชั่วโมง พื้นที่ผิวจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดหนึ่งแล้วเกิดการยุบตัวของโครงสร้าง ทำให้พื้นที่ผิวและค่าการดูดซับลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น (บุญเรือน, 2543)

รุ่งทิพย์ (2541) ได้ทำการผลิตถ่านกัมมันต์คุณภาพสูงจากกะลาปาล์ม ในระดับห้องปฏิบัติการด้วยวิธีทางเคมี โดยใช้ ZnCl₂, H₃PO₄ และ KOH-pellets เป็นสารกระตุ้น พบว่าเมื่อใช้ KOH-pellets เป็นสารกระตุ้น ได้ถ่านกัมมันต์ที่มีปริมาณและคุณภาพการดูดซับสูงกว่าการกระตุ้นโดยใช้ ZnCl₂ และ H₃PO₄ โดยสภาวะที่เหมาะสมในการกระตุ้นถ่านกะลาปาล์มด้วย KOH คือ ใช้อัตราส่วนของถ่านกะลาปาล์มต่อ KOH เท่ากับ 1:5, อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 80 นาที ได้ถ่านที่มีพื้นที่ผิวภายใน 3,422 ตารางเมตร/กรัม ในขณะที่การใช้ ZnCl₂ และ H₃PO₄ ได้ถ่านที่มีพื้นที่ผิวภายใน 1,844 และ 1,684 ตารางเมตร/กรัม ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับถ่าน กัมมันต์เกรดการค้าจากต่างประเทศ พบว่าถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้ในการทดลองนี้มีคุณภาพดีกว่า



ภาพที่ 1 แสดงที่มาและสัดส่วนของกะลาปาล์มน้ำมัน

7. วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เครื่องมือวัดอุณหภูมิ หัววัดเทอร์โมคัปเปิ้ลที่ทนความร้อนได้สูง 500-1500 องศาเซลเซียส
2. เครื่องบันทึกค่าอุณหภูมิ
3. นาฬิกาจับเวลา
4. เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า
5. เครื่องวัดปริมาณและความเร็วลม
6. เครื่องวัดและจำแนกปริมาณแก๊ส
7. วัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องต้นแบบ เช่น เหล็กชนิดและขนาดต่างๆ ลูกปืนตุ๊กตา พู่เล่ย์ สายพานมอเตอร์ต้นกำลัง ฯลฯ
8. วัสดุทดลอง กะลาปาล์ม

วิธีการ

1. ศึกษาข้อมูลเตาผลิตก๊าซจากเชื้อเพลิงชีวมวลแบบต่างๆ
2. สร้างต้นแบบเตาผลิตก๊าซจากกะลาปาล์มขนาดเล็ก เพื่อใช้ศึกษาและทดสอบปัจจัยต่างๆ
3. ศึกษาทดสอบปัจจัยและเก็บข้อมูลต่างๆ ได้แก่ อัตราการป้อนกะลาปาล์ม และอากาศเข้าสู่ห้องเผาไหม้ ปริมาณพลังงานความร้อนและก๊าซที่ผลิตได้ คุณภาพของก๊าซ ประสิทธิภาพของเตาเผา และอุณหภูมิ เป็นต้น
4. ออกแบบสร้างต้นแบบเตาผลิตก๊าซจากกะลาปาล์มและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง โดยขยายขนาดต้นแบบเพื่อการใช้งานจริง
5. ทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผา เก็บข้อมูลต่างๆ รวมทั้งต้นทุนค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการดำเนินงาน
6. ปรับปรุงแก้ไขต้นแบบขั้นสุดท้าย
7. รวบรวมและวิเคราะห์ผลการทดลอง สรุปและรายงานผล
8. เผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมายโดยเอกสารและสาธิตการใช้งานจริง

เวลาและสถานที่

ระยะเวลา 1 ตุลาคม 2553 - 30 กันยายน 2555 รวม 2 ปี

สถานที่ทำการทดลอง

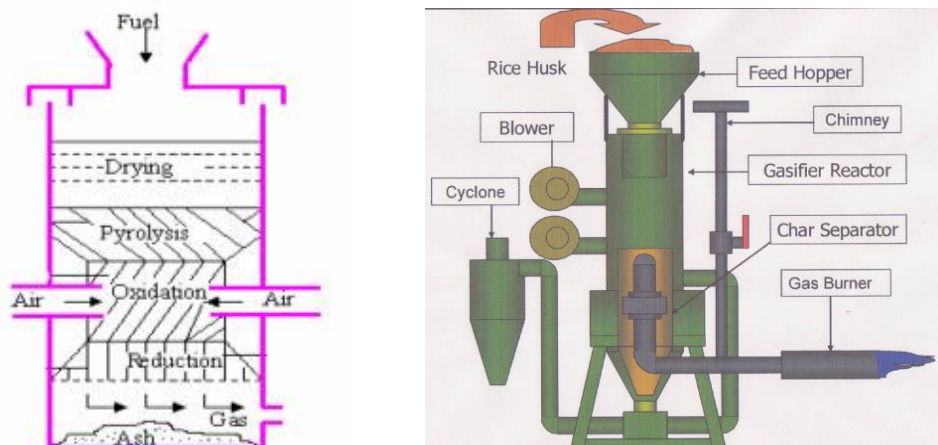
- ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
- สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
- กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว
- ศูนย์ความเป็นเลิศทางชีวมวล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาข้อมูลเรื่องกระบวนการเกิดแก๊สจากเชื้อเพลิงชีวมวลและการออกแบบสร้างเตาผลิตก๊าซจากเชื้อเพลิงชีวมวลแบบต่างๆ พบว่า การผลิตก๊าซเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนที่ใช้เปลี่ยนรูปเชื้อเพลิงแข็งให้อยู่ในรูปของก๊าซที่เผาไหม้ได้ โดยใช้เตาผลิตก๊าซ (Gasifier) โดยมีการป้อน ออกซิเจน อากาศ หรือไอน้ำ ซึ่งใช้เป็น สาร Oxidizing Agent ในปริมาณที่จำกัดเข้าสู่เตาผลิตก๊าซ ก๊าซที่ผลิตได้จากกระบวนการผลิตก๊าซนั้นจะเรียกว่า “ก๊าซเชื้อเพลิง” (Producer Gas) ซึ่งประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) 20-30% ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) 5-15% ก๊าซมีเทน (CH_4) 2-4% ก๊าซไนโตรเจน (N_2) 50-60% นอกจากนี้ยังได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 5-15 % ไอน้ำ 6-8 % การผลิตก๊าซโดยใช้อากาศเป็นสาร Oxidizing Agent (Oxidant) นั้น จะทำให้ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้ มีปริมาณของ N_2 ในปริมาณที่สูง ทำให้ค่าความร้อนของก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าต่ำประมาณ 4-6 MJ/m³ แต่ถ้าใช้ไอน้ำหรือออกซิเจน เป็นสาร Oxidizing Agent จะทำให้ได้ก๊าซเชื้อเพลิงที่มีปริมาณของ H_2 และ CO สูง ซึ่งทำให้ค่าความร้อนของก๊าซเชื้อเพลิงมีค่าความร้อนสูงกว่าการใช้อากาศเป็นสาร Oxidizing Agent โดยมีค่าความร้อนประมาณ 10-20 MJ/m³ การผลิตก๊าซจากเชื้อเพลิงชีวมวลโดยใช้กระบวนการผลิตก๊าซนั้น จะเกี่ยวข้องกับกระบวนการที่สำคัญ 2 กระบวนการ ซึ่งได้แก่ กระบวนการไพโรไลซิส และกระบวนการการเกิดก๊าซ (Gasification) โดยการเกิดการไพโรไลซิสจะเป็นการทำให้องค์ประกอบของเชื้อเพลิงชีวมวล เกิดการสลายตัวกลายเป็นสารระเหยได้ การเกิดการไพโรไลซิสนี้จะรู้จักกันในอีกชื่อหนึ่งว่า “Devolatilization” ซึ่งเป็นปฏิกิริยาคูดความร้อน โดยในขั้นนี้สารระเหยได้ 75 - 90 % จะอยู่ในรูปของก๊าซและของเหลว ไฮโดรคาร์บอน ส่วนที่เหลือซึ่งเป็นสารที่ไม่สามารถระเหยได้นั้นจะอยู่ในรูปของถ่าน บริเวณเผาไหม้ (Combustion Zone หรือ Hearth Zone) บริเวณนี้จะเป็บบริเวณที่เชื้อเพลิงชีวมวล มีการสัมผัสกับสาร Oxidant ที่ถูกป้อนเข้าไปในเตา ซึ่งสาร Oxidant นี้ อาจจะเป็นอากาศออกซิเจน หรือออกซิเจนผสมกับไอน้ำ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในบริเวณนี้จะเป็บบริเวณคายความร้อน (Exothermic Reaction) โดยอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 900-1200°C ความร้อนที่เกิดขึ้นถูกนำไปใช้ในปฏิกิริยาคูดความร้อนในบริเวณที่เกิดการรีดักชันและไพโรไลซิส ผลผลิตหลักที่ได้จากปฏิกิริยาในบริเวณนี้คือ ความร้อนและถ่าน บริเวณที่เกิดการรีดักชัน (Reduction Zone) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากบริเวณที่เกิดการเผาไหม้ จะไหลผ่านเข้าบริเวณที่เกิดการรีดักชัน ซึ่งจะเป็นบริเวณที่มีการเปลี่ยน ก๊าซ CO_2 ซึ่งเป็นก๊าซที่เผาไหม้ไม่ได้ ให้เป็นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ซึ่งเป็นก๊าซที่เผาไหม้ได้ โดย CO_2 จะไหลผ่านคาร์บอนที่ร้อนและเกิด CO มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 600-700°C ถ้าต้องการเพิ่มปริมาณของ CO ทำได้โดยการฉีดไอน้ำเข้าไปทำปฏิกิริยากับคาร์บอน ได้ก๊าซ CO และ ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) เพิ่มขึ้น ซึ่งเรียกปฏิกิริยานี้ว่า Water-gas Reaction ซึ่งเป็นปฏิกิริยาคูดความร้อน และเกิดขึ้นได้ดีที่อุณหภูมิสูงกว่า 800°C บริเวณที่เกิดการไพโรไลซิส (Pyrolysis Zone) ในบริเวณนี้จะเป็บบริเวณที่มีการสลายสารอินทรีย์ในเชื้อเพลิงชีวมวล โดยความร้อนที่ใช้ในบริเวณนี้เกิดจากการเผาไหม้ มีอุณหภูมิระหว่าง 450-600°C สารระเหยได้ที่ได้จากการสลายสารอินทรีย์นั้นจะประกอบไปด้วยเมธานอล กรดอะซิติก น้ำมันดิน และก๊าซต่างๆ เช่น CO , CO_2 , H_2 , CH_4 นอกจากนี้เป็นของแข็งในรูปถ่าน บริเวณลดความชื้นหรือบริเวณอบแห้ง (Drying Zone) ในบริเวณนี้ อุณหภูมิจะไม่สูงพอที่จะทำให้เกิดการสลายตัวของสารระเหยต่าง ๆ โดยความร้อนที่ได้จากบริเวณที่เกิดไพโรไลซิสจะระเหย

ความชื้นที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงชีวมวลให้ออกมาในรูปของไอน้ำ โดยอุณหภูมิในบริเวณนี้จะอยู่ที่ประมาณ 100-135 °C เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification) เป็นระบบการเผาไหม้ในเตาผลิตก๊าซ (Gasifier) โดยควบคุมอากาศไหลเข้าในปริมาณจำกัด ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ จะได้ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), ไฮโดรเจน (H₂) เป็นหลัก และเกิดมีเทน (CH₄) เล็กน้อย แก๊สที่เกิดขึ้นสามารถนำไปให้ความร้อนโดยตรง หรือนำไปเป็น เชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายใน เพื่อผลิตไฟฟ้า ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของระบบนี้ มีความหลากหลายอยู่ระหว่าง 20-30% ขึ้นกับเทคโนโลยี การออกแบบ และ ประสิทธิภาพ ของอุปกรณ์ที่นำมาใช้ ข้อเด่น ข้อด้อย ของระบบข้อด้อย มีประการเดียว คือ มีน้ำมันดิน (Tar) ผสมในก๊าซ เป็นสาเหตุที่เทคโนโลยี แก๊สซิฟิเคชันไม่เป็นที่แพร่หลาย เนื่องจากประสบปัญหาเกี่ยวกับ การทำความสะอาดน้ำมันดินในก๊าซที่ผลิตได้ ทำให้ไม่เป็นที่นิยมมาใช้ผลิตไฟฟ้า และ หยุดการพัฒนาไป

เตาผลิตก๊าซชีวมวล (Downdraft Gasifier) ภายนอกทำจากวัสดุโลหะม้วนกลม ภายในบุด้วยฉนวนกันความร้อนทำจากวัสดุทนความร้อนทำหน้าที่เก็บรักษาอุณหภูมิที่ได้จากการเผาไหม้และลดการสูญเสียความร้อน ด้านบนของเตาประกอบด้วย Hopper Feeder เพื่อรับเชื้อเพลิง และมีฝาปิดพร้อมซีล (Seal) น้ำ เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศเข้า-ออกจากเตาขณะหยุดเดินระบบ ด้านข้างของเตาจะมีทางเข้าของอากาศหลายส่วนเพื่อป้อนอากาศและควบคุมอากาศเข้าสู่เตาสำหรับใช้ในการเผาไหม้ ด้านล่างของเตามีระบบลำเลียงขี้เถ้า/ถ่านที่ได้จากการเผาไหม้ออกจากเตาสามารถควบคุมระยะเวลาการลำเลียงขี้เถ้า/ถ่านออกได้ แสดงไว้ใน ภาพที่ 2



ภาพที่ 2 หลักการทำงานของเตาแบบ Downdraft Gasifier

การออกแบบและสร้างเตาก๊าซชีวมวลจากกะลาปาล์มน้ำมัน

เตาก๊าซกะลาปาล์มที่ออกแบบสร้างขึ้นมีความสูงรวม 2,500 มิลลิเมตร แยกเป็น 3 ส่วนสำคัญจากบนลงล่าง คือ 1. ถังบรรจุกะลาปาล์มดิบ ด้านบนของเตาประกอบด้วย Hopper Feeder เพื่อรับเชื้อเพลิง และมีฝาปิดพร้อมซีล (Seal) น้ำ เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศเข้า-ออกจากเตาขณะหยุดเดินระบบ (ภาพที่ 3) 2. ส่วนการอบแห้ง ช่วงไฟโรไลซิส และช่วงเผาไหม้ มีลักษณะเป็นทรงกระบอกกลมเส้นผ่าศูนย์กลางด้านนอก 530 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางใน 300 มิลลิเมตรโดยภายนอกทำจากวัสดุโลหะม้วนกลม ภายในบุด้วยฉนวนกันความร้อนทำจาก

วัสดุทนความร้อน(ปูนทนไฟที่อุณหภูมิประมาณ 1,400 องศาเซลเซียส) ทำหน้าที่เก็บรักษาอุณหภูมิที่ได้จากการเผาไหม้และลดการสูญเสียความร้อนซึ่งการเทหล่อปูนทนไฟนี้จะต้องใช้ช่างผู้มีความชำนาญและประสบการณ์สูงพอสมควรเพื่อให้ได้ผลงานที่ดีแข็งแรง ด้านข้างของเตาจะมีทางเข้าของอากาศหลายส่วนเพื่อป้อนอากาศและควบคุมอากาศเข้าสู่เตาสำหรับใช้ในการเผาไหม้ และได้แก๊สนำไปเป็นเชื้อเพลิงต่อไป(ภาพที่ 4) 3. ด้านล่างของเตามีระบบสกรูลำเลียงซีเมนต์/ถ่านที่ได้จากการเผาไหม้ออกจากเตาสามารถควบคุมระยะเวลาการลำเลียงซีเมนต์/ถ่านออกได้(ภาพที่ 5)



ภาพที่ 3 ถังบรรจุกะลาปาล์มดิบพร้อมซีลน้ำ



ภาพที่ 4 ส่วนการอบแห้ง ไพโรไลซิส และช่วงเผาไหม้



ภาพที่ 5 ระบบลำเลียงซีเมนต์/ถ่าน



ภาพที่ 6 ปูนทนไฟ 1,400 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 7 เตาแก๊สที่ติดตั้งสมบูรณ์

ทดสอบ เก็บข้อมูล วิเคราะห์ผลการทดสอบ

พบว่าปริมาณก๊าซที่ได้ยังมีอัตราการไหลออกมาไม่ค่อยคงที่ที่ต้องปรับปรุงแก้ไข และส่วนของถ่านกะลาปาล์มก็ยังคงไม่ค่อยสม่ำเสมอซึ่งเป็นผลพลอยได้ที่ต้องให้ความสำคัญเพราะมีมูลค่าจำหน่ายราคาดี และจะเป็นส่วนสำคัญในการตัดสินใจใช้เตาที่วิจัยอยู่ในการใช้งานจริง จากการทดสอบเตาเบื้องต้น ป้อนกะลาปาล์มที่ อัตราต่างพบว่าปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปริมาณแก๊สและปริมาณถ่านนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณอัตราการป้อนกะลาปาล์มดิบและระยะเวลาของการกักเก็บไว้ในห้องเผาไหม้ซึ่งควบคุมได้โดยการดึงถ่านหรือซีเมนต์ออกด้านล่างนั่นเองซึ่งแสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 1

ตารางที่ ๑ แสดงการทดสอบเตาก๊าซชีวภาพจากกะลาปาล์มน้ำมัน

อัตราการป้อนกะลาปาล์ม (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	ปริมาณถ่านกะลาปาล์ม (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	ปริมาณถ่านกะลาปาล์ม (%)	ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้ (ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง)
๒๕.๖๘	๒.๔๗	๙.๖๒	๕๗.๕
๓๐.๒๕	๖.๓๐	๒๐.๘๓	๔๐.๗๒
๕๒.๗๐	๑๖.๘๖	๓๑.๙๙	๗๑.๕๐
๖๐.๔๗	๒๔.๗๙	๔๑.๐๐	๘๑.๙๕

จากตารางที่ 1 พบว่า การป้อนกะลาปาล์มดิบน้อย 25.68 กิโลกรัมต่อชั่วโมง แต่กักเก็บไว้ในห้องเผาไหม้นาน ก็สามารถสร้างแก๊สได้ปริมาณมากถึง 57.5 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ซึ่งถ้าเทียบเป็นสัดส่วนก็มากกว่า การป้อนกะลาปาล์มดิบที่ 60.47 กิโลกรัม/ชั่วโมง เสียอีก แต่สัดส่วนของการได้ถ่านก็น้อยกว่า จึงเป็นข้อมูลสำคัญในการหาสัดส่วนของการผลิตแก๊สและผลิตถ่านจากกะลาปาล์มทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้และมูลค่าราคาตอบแทนเป็นสำคัญ



ภาพที่ 8 ทดสอบเตา Downdraft Gasifier



ภาพที่ 9 ทดสอบจุดไฟจากแก๊สที่ได้



กะลาปาล์มดิบ



41%



31.99%



20.83%



9.62%

ภาพที่ 10 กะลาปาล์มดิบและถ่านกะลาปาล์มเปอร์เซ็นต์ต่างๆที่เหลือ

9.สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการออกแบบทดลองเตาผลิตก๊าซจากกะลาปาล์มน้ำมันเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตความร้อนเพื่อใช้ในการอบแห้งผลปาล์มและได้ถ่านกะลาปาล์มเป็นผลพลอยได้นั้นนับว่ามีความเป็นไปได้สูง ซึ่งปัจจัยสำคัญคืออัตราการป้อนกะลาปาล์มดิบและระยะเวลาของการกักเก็บไว้ในห้องเผาไหม้มีผลต่อปริมาณแก๊สและปริมาณถ่านกะลาปาล์มโดยตรงผู้ใช้ต้องศึกษาและเก็บข้อมูลในการเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสม

ข้อเสนอแนะ

การวัดปริมาณก๊าซและค่าความร้อนต้องใช้เครื่องมือวัดเฉพาะที่มีประสิทธิภาพ และควรต้องมีการทดลองเพิ่มเติมเพื่อเก็บข้อมูลในเรื่องของ คุณภาพก๊าซ คุณภาพถ่านที่ความสูงในการเผาไหม้ระดับต่างๆ และความคุ้มค่าในการลงทุน

10.การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ได้ข้อมูลความรู้เพื่อนำไปประเมินความเป็นไปได้ในการลงทุนสร้างเตาเผาชีวมวลจากกะลาปาล์มน้ำมันให้แก่ เกษตรกร ภาคธุรกิจ ภาคเอกชน ผู้ผลิตเครื่องลดความชื้น นำเทคโนโลยีที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงประสิทธิภาพเตาหม้อนึ่งที่ผลิตจำหน่าย

11.คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี ที่สนับสนุนการสร้างและทดสอบเครื่องอบ และเจ้าหน้าที่ ศูนย์ความเป็นเลิศทางชีวมวล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่เอื้อเฟื้อสนับสนุนเครื่องมือและสถานที่ในการทดลองเก็บข้อมูลต่างๆ

12.เอกสารอ้างอิง

จู่ไรรัตน์ ดวงเดือน, ดวงฤดี ศุภดิษฐ์โร และทวีป พลเสน. 2545. โครงการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากเหง้ามันสำปะหลัง เพื่อนำไปใช้ทดแทนเชื้อเพลิงปิโตรเลียมสำหรับการเผาขยะเปียก. เอกสารประกอบการสัมมนาเผยแพร่ผลการดำเนินงาน แผนงานภาคความร่วมมือ ครั้งที่ 2 กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน หน้า 12-15.

บุญเรือน สรรเพชร. 2543. ถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์ม. วิทยานิพนธ์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จังหวัดขอนแก่น 117 หน้า

ภัทรา ปัญญาวัฒนกิจ. 2540. การผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มน้ำมันกระตุ้นด้วยเอนไซม์ตัวย่อยยวด.

วิทยานิพนธ์. มหาวิทยาลัยมหิดล. จังหวัดนครปฐม.

รุ่งทิพย์ ชัยวัฒนานนท์. 2541. การผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์ม. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร. 39 หน้า