บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

จากการวิตกกังวลเรื่องการหาพลังงานทดแทนพลังงานที่ได้จากเชื้อเพลิงฟอสซิล(Fossil) หากมนุษย์ได้ใช้ถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติหมดสิ้นไป ที่สำคัญเชื้อเพลิงฟอสซิลเหล่านี้ก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ทำให้มีความสนใจในการศึกษาและความพยายามในการนำพลังงานจากชีวมวล (Biomass) มาใช้กันอย่างจริงจังมากขึ้น เนื่องจากชีวมวลมีราคาไม่แพงเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงฟอสซิล และการใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงมีส่วนช่วยรักษาสภาพแวดล้อมเพราะไม่ก่อให้เกิดมลพิษนอกจากนี้การที่จะนำชีวมวลมาใช้ก็ต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่นประกอบด้วย ซึ่งได้แก่ แหล่งชีวมวล ปริมาณรวมของชีวมวล และเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากชีวมวล เป็นต้น เนื่องจากชีวมวลบางชนิดมีการผลิตตามฤดูกาลหรือมีเฉพาะบางภูมิภาค ดังนั้นในการพิจารณาถึงความเหมาะสมของการนำชีวมวลมาใช้ผลิตพลังงานจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยเหล่านี้ด้วย ในประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศแถบยุโรป มีการนำเศษวัสดุจากการเกษตรมาใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตพลังงานความร้อนโดยไม่พึ่งพาน้ำมัน ถ้ากลับมาพิจารณาประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศที่มีการทำการเกษตรกรรมเป็นหลักก็สามารถนำแนวความคิดนี้มาดัดแปลงใช้ได้เช่นกัน

ในงานวิจัยชิ้นนี้ มีความสนใจที่จะนำเหง้ามันสำปะหลัง (Cassava-Rhizome) มาใช้เป็นเชื้อเพลิง ในระดับอุตสาหกรรมขนาดเล็กในชนบทและอุตสาหกรรมขนาดกลาง เนื่องจากประเทศไทยปลูกมันสำปะหลังโรงงาน (ยกเว้นภาคใต้) ผลิตหัวมันสดได้ปีละ 20 ล้านตัน จากพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 9 ล้านไร่ และเฉพาะในภาคอีสานมีพื้นที่ปลูกประมาณ 6 ล้านไร่ ผลิตหัวมันสดได้ปีละ 12 ล้านตัน ตามรายงานของสถาบันวิจัยพลังงานร่วมกับภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล [1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในเรื่องการศึกษาทดลองมันสำปะหลังตากแห้ง (มันเส้น) เป็นเชื้อเพลิงด้วยระบบเผาไหม้สมบูรณ์ โดยได้ส่งตัวอย่างมันสำปะหลังบดละเอียดไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางด้านการเป็นเชื้อเพลิงของมันสำปะหลังบดละเอียด พอสรุปได้ว่า มันสำปะหลังมี High Calorific Value ประมาณ 3500 kcal/kg ที่ความชื้น 12 % มีปริมาณกำมะถัน (ขั้นสูง) 0.16 % และมีสารระเหยขั้นสูงประมาณ 72 % เมื่อเปรียบเทียบกับถ่านหิน

ลิกไนต์ของเหมืองแม่เมาะซึ่งมีค่า High Calorific Value เฉลี่ยประมาณ 2,500 kcal/kg มีปริมาณกำมะถันสูงถึง 2.1 % ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเผาไหม้ของมันสำปะหลังจะปลดปล่อย SO_x ซึ่งเป็นก๊าซพิษออกมาน้อยกว่าถ่านหินลิกไนต์มาก โดยปกติเหง้ามันสำปะหลัง จะถูกเกษตรกรเผาทิ้งหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตหัวมัน ซึ่งการเผาเหง้ามันสำปะหลังทิ้งเทียบเท่ากับเผาน้ำมันเตาชนิดดี (กำมะถันต่ำกว่า 0.1%) ทิ้งไปปีละ 3 ล้านตันคิดเป็นมูลค่าประมาณหนึ่งหมื่นห้าพันล้านบาท (คิดที่น้ำมันเตาราคาลิตรละ 5 บาท) [2]

นอกจากนี้รายงานฉบับนี้ยังกล่าวถึงการทดสอบว่าจะสามารถใช้มันเส้น (หัวมันสำปะหลังสดหั่นเป็นแว่นแล้วตากแห้ง) เป็นเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ โดยได้เน้นในด้านการติดไฟได้และอันตรายจากการเกิด Detonation จากการทดลองได้ข้อสรุปว่า สามารถใช้มันเส้นเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้เพื่อให้ความร้อนแก่หม้อไอน้ำได้ ไม่พบว่ามีการเกิด Detonation หรือ Explosion ที่เป็นอันตรายร้ายแรงต่อเครื่องจักรในการทดลอง และไม่พบว่ามีการหลอมละลายของเชื้อเพลิงจนเกิดกากเชื้อเพลิงติดแน่นกับตะกรับเตา รวมทั้งไม่พบกลิ่นหรือควันที่เกิดจากการเผาไหม้ที่อาจเกิดอันตราย

ในการจะใช้เหง้ามันสำปะหลังเป็นเชื้อเพลิง เนื่องจากไม่เคยมีการค้นคว้าวิจัยในด้านการใช้เหง้ามันสำปะหลังเป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้โดยตรง [2,3,4] ซึ่งเหง้ามันสำปะหลังมีคุณลักษณะการติดไฟลุกไหม้ต่างจากไม้ฟืน ถ่านหินหรือแกลบที่มี Volatile gas ต่ำ แต่เหง้ามันสำปะหลังมี Volatile gas ค่อนข้างสูง จึงต้องทำการออกแบบห้องเผาไหม้ให้เหมาะสมกับการนำเหง้ามันสำปะหลังมาใช้เป็นเชื้อเพลิง

หลักการที่ใช้ในการออกแบบห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ จะนำทฤษฎีในการออกแบบห้องเผาไหม้มูลฝอยในเตาเผามูลฝอยชนิดห้องเผาไหม้เดี่ยวมาประยุกต์ใช้กับห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ จากงานวิจัยเรื่องการศึกษาและออกแบบเตาเผามูลฝอยชนิดห้องเผาไหม้เดี่ยว ของวีระยุทธ ทอวส่งแสง[5] พบว่าข้อเสียที่เกิดขึ้นของเตาเผาที่มีห้องเผาไหม้ประเภทนี้คือ เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ หากปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ที่ไม่เพียงพอ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นเช่น เวลาต้องนานเพียงพอเพื่อให้เชื้อเพลิงเผาไหม้หมด รวมถึงอุณหภูมิในการเผาไหม้ต้องสูงพอที่จะให้เกิดการเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง

ดังนั้นถ้าเรานำเอาเหง้ามันสำปะหลังมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานความร้อนสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลางในชนบท [2] ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้อย อุตสาหกรรมขนาดเล็กที่ทำอยู่เช่น การเพาะเห็ดฟางอัดกระป๋อง การทำขนมจีน เส้นหมี่ วุ้นเส้น

และอุตสาหกรรมแปรรูปการเกษตรขนาดกลาง เช่น มะเขือเทศกระป๋อง ข้าวโพดฝักอ่อนกระป๋อง สับปะรดและน้ำผลไม้กระป๋อง ซึ่งมีกระบวนการถนอมอาหารแบบ pasteurization ที่ต้องใช้ความร้อนสูงสุดที่อุณหภูมิในช่วง 76.7-93.3°C เป็นเวลานาน 3 นาทีในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย หรือการถนอมอาหารแบบ sterilization ที่ต้องใช้ความร้อนสูงประมาณ 115°C เป็นเวลานาน 12 นาที ในการฆ่าเชื้อ [6] หรือการทำผลไม้บรรจุกระป๋องในน้ำเชื่อม ที่ต้องใช้ไอน้ำอุณหภูมิ 100°C เป็นเวลานาน 20-25 นาที [7] เมื่อเราใช้เหง้ามันสำปะหลังเป็นเชื้อเพลิงผลิตพลังงานความร้อน จึงไม่ต้องพึ่งพาพลังงานจากน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ ซึ่งต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ เงินตราก็ไม่รั่วไหลออกนอกประเทศ

ในหัวข้อวิทยานิพนธ์นี้ หม้อไอน้ำแรงดันต่ำที่ผู้วิจัยจะนำเสนอจะเป็นหม้อไอน้ำแบบท่อไฟห้องเผาไหม้อยู่ภายนอกเปลือกหม้อไอน้ำ ลักษณะของหม้อไอน้ำแรงดันต่ำนี้มีเปลือกหม้อไอน้ำเป็นทรงกระบอกวางในแนวนอน ด้านใดเป็นส่วนของห้องเผาไหม้และช่องทางไหลของก๊าซร้อน โดยห้องเผาไหม้นี้วางอยู่ในตำแหน่งด้านหน้า ส่วนช่องทางไหลของก๊าซร้อนเชื่อมต่อระหว่างห้องเผาไหม้กับช่องท่อไฟด้านหลังของเปลือกหม้อไอน้ำ

เมื่อเกิดการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ความร้อนจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ถ่ายเทความร้อนโดยการพาให้กับเปลือกหม้อไอน้ำ สำหรับการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีให้กับเปลือกหม้อไอน้ำเกิดขึ้นน้อย เพราะว่าเชื้อเพลิงที่ได้จากชีวมวล (Biomass) จะให้ควันออกมามากในขณะเกิดการเผาไหม้ ซึ่งจะดูดเอารังสีความร้อนไว้ จากนั้นก๊าซร้อนจะไหลจากส่วนห้องเผาไหม้ผ่านทางช่องใต้เปลือกหม้อไอน้ำเข้าไปยังท่อไฟด้านหลังไหลเข้าไปในกลุ่มท่อไฟเพื่อไหลวกกลับมาด้านหน้าของหม้อไอน้ำและปล่อยทิ้งออกสู่บรรยากาศ ท่อไฟที่เดินภายในเปลือกหม้อไอน้ำเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวถ่ายเทความร้อน การถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นในท่อไฟเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการพาอย่างเดียว

ถึงแม้ว่าหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับหม้อไอน้ำแบบท่อไฟแล้ว แบบท่อน้ำจะมีประสิทธิภาพดีกว่า แต่จุดประสงค์ในการสร้างหม้อไอน้ำแรงดันต่ำโดยใช้เหง้ามันสำปะหลังเป็นเชื้อเพลิง เพื่อที่จะใช้ในระดับอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลางในชนบท ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีประสิทธิภาพสูงมากเกินความจำเป็น นอกจากนี้ข้อดีของหม้อไอน้ำแบบท่อไฟซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำแล้วก็คือสร้างได้ง่าย ราคาถูก และมีขนาดเล็กกว่า

สำหรับการป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้จะใช้hopperบรรจุเหง้ามันสำปะหลังเพื่อลำเลียงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ ให้เชื้อเพลิงไหลตกไปบนตะกรับ ที่ hopper มีช่องเปิดปิดควบคุมการไหลของ

เชื้อเพลิงที่จะป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ ทั้งนี้เนื่องจากเหง้ามันสำปะหลังมีปริมาณ volatile gas สูง ถ้าหากให้ผู้ปฏิบัติการป้อนเชื้อเพลิงเข้าไปโดยตรง อาจเกิดอันตรายจากเปลวเพลิงที่ลุกไหม้ย้อนกลับออกมาภายนอกได้ ดังนั้นจึงต้องอาศัย hopper ในการป้อนเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลัง

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุวิทย์ บุณยวานิชกุล [26] ได้ทดลองใช้เหง้ามันสำปะหลัง (มันเส้น) เป็นเชื้อเพลิงในเตาเผาแบบตะกรับเตาเคลื่อนที่สำหรับเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็ง เพื่อให้ความร้อนแก่หม้อไอน้ำของหม้อไอน้ำของโรงงานไทยแอลกอฮอล์ จำกัด อ.บางเลน จ.นครปฐม ซึ่งหม้อไอน้ำมีขีดความสามารถผลิตไอน้ำได้สูงสุด 90 ตันต่อชั่วโมง ที่ความดัน 20 กิโลกรัมต่อตารางเซ็นติเมตร อุณหภูมิ 360°C ไอน้ำที่ผลิตได้ส่วนหนึ่งถูกจ่ายเข้า steam turbine เพื่อผลิตไฟฟ้า ส่วนที่สองส่งเข้าหอกลั่นแอลกอฮอล์ และส่วนที่สามถูกนำไปใช้ในการฆ่าเชื้อ ในการศึกษามีวัตถุประสงค์หลักเพื่อต้องการยืนยันความเป็นไปได้ในการใช้มันสำปะหลัง (มันเส้น) เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตไฟฟ้า

จากผลการทดลองพบว่า

1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของมันสำปะหลังโดยวิธี proximate analysis ได้ดังนี้

Calorific Value	3,500-4,000 kcal/kg
Moisture Content	11.5-12.8%
Volatile Matter	69-72%
Fixed Carbon	10-13%
Sulphur@	0.16%

2 ในการทดลอง มีการใช้มันสำปะหลัง (มันเส้น) ร่วมกับแกลบและใช้ bio-gas ช่วยในการเผาไหม้การทดลองได้เพิ่มสัดส่วนของปริมาณมันสำปะหลังมากขึ้นจนใช้มันสำปะหลังอย่างเดียว ทั้งลดระดับการใช้ bio-gas ที่ช่วยในการเผาไหม้ แต่การเผาไหม้กลับดียิ่งขึ้น

3 ไม่พบว่ามีการเกิด explosion หรือ detonation ที่เป็นอันตรายร้ายแรงต่อเครื่องจักรในการทดลอง

4 ไม่เกิดการหลอมละลายขี้เถ้า (molten ash) ของเชื้อเพลิง ในทุกกรณีที่ทำการทดลอง

5 ไม่พบกลิ่นหรือควันที่เกิดจากการเผาไหม้มันสำปะหลัง (มันเส้น) ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงที่อาจเกิดอันตราย

6 การกระจายของมันสำปะหลัง (มันเส้น) บนตะกรับเตากระจายตัวเป็นชั้นบางๆ สม่ำเสมอตลอดหน้าตัดซึ่งแตกต่างจากแกลบที่มีการกองรวมตัวเป็นจุดๆ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7 จากการคำนวณประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำที่ใช้มันสำปะหลัง (มันเส้น) เป็นเชื้อเพลิง พบว่าได้ประสิทธิภาพ 46-49% โดยมีความร้อนสูญเสียมากที่สุดไปกับแก๊สไอเสีย ประมาณ 26% จากเปอร์เซ็นต์การสูญเสียทั้งหมด 50%

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้มันสำปะหลังเป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้ซึ่งมันสำปะหลังที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงนี้อยู่ในรูปผงแป้งมันสำปะหลัง

เศรษฐการ เศรษฐการุณย์ [8] ได้ศึกษาเกี่ยวกับหัวเผาที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งหัวเผาที่ใช้ในการทดลองมี 2 แบบ แบบที่หนึ่งคือ premixed burner โดยอากาศส่วนที่หนึ่งถูกส่งมาพร้อมกับผงแป้งมันสำปะหลังในแนวแกนท่อ และอากาศส่วนที่สองถูกส่งมาในแนวรัศมีเพื่อช่วยในการเผาไหม้ หัวเผาแบบที่สองคือ แบบ diffusion burner โดยอากาศส่วนที่หนึ่งถูกส่งมาพร้อมกับผงแป้งมันสำปะหลังโดยอาศัยท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 มิลลิเมตร สอดอยู่ในแนวแกนของหัวเผา และอากาศส่วนที่สองถูกส่งมาในแนวรัศมี

ในการทดลองทำการวัดค่าอุณหภูมิของเปลวไฟ วัดระยะความยาวของเปลวไฟ และวัดปริมาณก๊าซเสียและขี้เถ้าจากการเผาไหม้ จากการศึกษาพบว่า

1 ค่าของอุณหภูมิค่าความเร็วในการเผาไหม้ (burning velocity) จะมีจุดที่สูงที่สุดใกล้เคียงกันในช่วงอัตราส่วนสมมูล (ϕ) 1.6-1.75 อุณหภูมิเปลวไฟที่เกิดจากการเผาไหม้สูงสุดคือประมาณ 850 ^{o}C

2 ที่ค่าอัตราส่วนสมมูล (ϕ) 1.6-1.75 ปริมาณก๊าซออกซิเจน (O_2) จะมีค่าต่ำที่สุดและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จะมีค่าสูงสุด ซึ่งแสดงถึงช่วงอัตราส่วนสมมูลนี้จะเกิดการเผาไหม้ดีที่สุดและสมบูรณ์ที่สุด เช่นเดียวกัน ก๊าซไนโตรเจนมอนอกไซด์ (NO) และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จะมีปริมาณน้อยที่สุด

3 จากการทดลองเก็บปริมาณขี้เถ้าหลังการเผาไหม้ที่ค่าอัตราส่วนสมมูล ต่างๆพบว่า ที่ค่าอัตราส่วนสมมูลในช่วง 1.65-1.75 ซึ่งเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิและค่าความเร็วในการเผาไหม้สูงสุด จะมีปริมาณขี้เถ้าหลังการเผาไหม้น้อยที่สุด

4 สีของเปลวไฟที่ได้จะมีสีม่วงที่แกนกลางของเปลวไฟขณะเกิดการลุกไหม้ภายในหัวเผาทั้งสองแบบ

5 จากการทำการทดลองพบว่าไม่มีการระเบิด (explosion) หรือการลุกไหม้แบบย้อนกลับของเปลวไฟของเชื้อเพลิงผงแป้งมันสำปะหลังเลย

6 ขณะที่ใช้ส่วนผสมหนา (rich mixture) จะเกิดเปลวไฟที่ระยะห่างจากท่อทางออกของเปลวไฟ (burner nozzle) ของหัวเผามากกว่าขณะที่ใช้ส่วนผสมบาง (lean mixture) เนื่องจากส่วนผสมหนาต้องการอากาศจากภายนอกมาช่วยในการเผาไหม้มากขึ้น ซึ่งทำให้ส่วนผสมเบาบางลงให้เหมาะกับการเผาไหม้

1.3 วัตถุประสงค์

1 ศึกษาคุณสมบัติทางด้านการเป็นเชื้อเพลิงของเหง้ามันสำปะหลัง

2 ศึกษาเกี่ยวกับห้องเผาไหม้ให้ใช้ได้กับเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลัง รวมทั้งศึกษาเกี่ยวกับตัวหม้อไอน้ำ

3 ทำการออกแบบ จัดสร้างหม้อไอน้ำแรงดันต่ำ

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1 ศึกษาทฤษฎีการเผาไหม้ ทฤษฎีการออกแบบห้องเผาไหม้และทฤษฎีเกี่ยวกับหม้อไอน้ำ

2 ศึกษาคุณสมบัติทางด้านการเป็นเชื้อเพลิงของเหง้ามันสำปะหลัง

3 ทำการออกแบบส่วนของห้องเผาไหม้ และเปลือกหม้อไอน้ำ โดยมีข้อกำหนดในการออกแบบคือ หม้อไอน้ำมีความดัน 2 บาร์ (ความดันสัมบูรณ์) มีอัตราการผลิตไอน้ำ 95 kg/h

4 จัดสร้างห้องเผาไหม้และตัวเปลือกหม้อไอน้ำ จากนั้นจึงทดสอบการทำงานเพื่อหาประสิทธิภาพกำลังการผลิตไอน้ำ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

5 วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

หากหม้อไอน้ำแรงดันต่ำได้สร้างเสร็จสมบูรณ์ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับคือ

1 เป็นอุปกรณ์ต้นแบบเพื่อพัฒนาให้สามารถนำไปใช้สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็กในชนบทและอุตสาหกรรมขนาดกลาง ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงาน

2 เพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรในการขายเหง้ามันสำปะหลังเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง