เชื้อเพลิงแก๊สซิฟิเคชันจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เพื่อผลิตไฟฟ้า: อีกทางเลือกของพลังงานทดแทนของภาคใต้

Gasification Fuel from Agricultural Residues to Generate Electrical Power: Alternative Energy for the South of Thailand

อนุรักษ์ ตรีเพ็ชร* ปริญญา หม่อมพิบูลย์* เฉลิมขวัญ สมใจ มนตรี เรืองประดับ* เปมิกา แซ่เตียว*** และ ณปภัช จันทร์เมือง****
Anurak Tripatch*, Parinya Mompiboon*, Chalermkwan Somjai **, Montri Ruangpradap*, Paemika Saetiaw*** and Napaphach Chanmuang****

บทคัดย่อ

ปัจจุบันปัญหาด้านพลังงานเป็นปัญหาใหญ่ในการพัฒนาประเทศ โดยเฉพาะภาคใต้ของประเทศไทยที่มีโอกาสขาดแคลนพลังงานมากที่สุด ทางภาคใต้มีพืชเศรษฐกิจที่สำคัญคือ ยางพารา และปาล์มน้ำมัน ซึ่งพืชทั้งสองชนิดนี้เมื่อหมดอายุการเก็บเกี่ยวผลผลิตสามารถนำไปผลิตเป็นพลังงานทดแทนในรูปแบบของชีวมวล บทความนี้ได้ทบทวนเอกสารและเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าว สำหรับการผลิตชีวมวลเป็นพลังงานไฟฟ้าที่เหมาะกับการนำไปใช้ในธุรกิจขนาดเล็ก มีขนาดกำลังผลิตไฟฟ้าไม่เกิน 1 MW เพื่อเป็นการลดต้นทุนทางพลังงานนั้น การเปลี่ยนสภาพชีวมวลโดยกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน มีความเหมาะสมและคุ้มค่าต่อการลงทุนมากที่สุด และเตาแก๊สซิฟายเออร์ชนิดไหลลงมีความเหมาะสมสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก เมื่อแก๊สผ่านชุดปรับปรุงคุณภาพก็สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ชนิดแก๊สโซลีนและดีเซลได้ ผลที่ได้จากการศึกษานี้สามารถนำไปต่อยอดพัฒนาเพื่อแก้ปัญหาวิกฤตพลังงานของภาคใต้ต่อไป

คำสำคัญ: ชีวมวล, แก๊สซิฟิเคชัน, เตาแก๊สซิฟายเออร์

* อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช e-mail: anuraktri@gmail.com

** ผู้ช่วยนักวิจัย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

*** อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

****อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

Abstract

Nowadays, energy problem has become a major issue for country development, especially in the southern part of Thailand which has the highest risk of having energy shortage. There are two important economic crops in the south of Thailand; latex tree and oil palm. These two crops, when reaching the end of their harvesting ages, can be used to produce alternative energy in the form of biomass. Therefore, this article reviewed various studies and proposed a solution for generating electricity that suitable for small business with electricity generating capacity less than 1 MW. The proposed method would reduce the energy cost for the business. The investigation showed that gasification of the biomass was the most suitable and worthwhile. Furthermore, gasifier chamber in the form of downdraft gasifier was suited for small scale electricity generator. And, with an addition of gas reconditioning process, the resulting gas could be applied to gasoline and diesel engines. These findings could provide development guidelines for solving future energy crisis in the southern part of Thailand.

Keywords: Biomass, Gasification, Gasifier

1. บทนำ

พลังงานเป็นสิ่งสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ พลังงานที่ใช้ในปัจจุบันมาจากพลังงานฟอสซิล ซึ่งเป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป และพลังงานจากฟอสซิลยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก ประเทศไทยเป็นประเทศที่นำเข้าพลังงานในปริมาณที่สูงมากเมื่อเทียบกับอัตราการผลิตได้เองในประเทศโดยปริมาณน้ำมันดิบที่นำเข้าในปี พ.ศ.2558 เฉลี่ยอยู่ที่ 875,000 บาร์เรลต่อเดือน (กรมธุรกิจพลังงาน, 2559) และมีแนวโน้มที่สูงขึ้นทำให้ประเทศประสบปัญหาขาดดุลทางด้านพลังงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาคใต้ของประเทศไทยมีความเสี่ยงสูงที่จะขาดแคลนพลังงานจากเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ 14 จังหวัดภาคใต้เมื่อวันที่ 21 พฤษภาคมพ.ศ.2556 สาเหตุเกิดจากสายส่งหลักที่ส่งไฟฟ้าจากภาคกลางไปยังภาคใต้ถูกฟ้าผ่า ส่งผลให้เกิดการลัดวงจร ระบบป้องกันสายส่งจึงสั่งปลดสายส่งออกจากระบบ ฟ้าผ่าไม่ใช่สาเหตุเดียวที่ทำให้ไฟฟ้าดับ แต่เกิดจากเหตุการณ์ซ้ำซ้อนต่อเนื่องจนระบบส่งไฟฟ้าภาคใต้ทั้งระบบสูญเสียเสถียรภาพโรงไฟฟ้าในภาคใต้ทั้งหมดที่เดินเครื่องอยู่ประมาณ 1,692 เมกะวัตต์ ได้แก่ โรงไฟฟ้าจะนะ โรงไฟฟ้าขนอม โรงไฟฟ้ากังหันแก๊สสุราษฎร์ธานี โรงไฟฟ้าเขื่อนรัชประภา โรงไฟฟ้าเขื่อนบางลาง และโรงไฟฟ้าเอกชนขนาดเล็กจึงหยุดเดินเครื่องอัตโนมัติ กำลังผลิตไฟฟ้าในพื้นที่ไม่เพียงพอ ทำให้ต้องส่งกระแสไฟฟ้าในระยะทางไกลประกอบกับการส่งไฟฟ้าไปยังภาคใต้มีลักษณะเป็นคอขวดตามสภาพภูมิประเทศ ทำให้มีความเสี่ยงสูงกว่าพื้นที่อื่นโดยระบบไฟฟ้าในภาคใต้มีกำลังผลิตไฟฟ้าทั้งสิ้น 2,349.5 เมกะวัตต์ และมีสายส่งเชื่อมโยงรับไฟฟ้าจากประเทศ

มาเลเซียอีก 300 เมกะวัตต์ มีความต้องการใช้สูงสุดในปัจจุบัน 2,423.9 เมกะวัตต์ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2557)

ด้วยเหตุผลหลายประการทั้งทางด้านความเปราะบางของพลังงานในประเทศ ทางด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้ประเทศไทยต้องหันมาให้ความสำคัญกับการใช้พลังงานหมุนเวียนกันมากขึ้น พลังงานหมุนเวียนในปัจจุบันมีใช้กันหลายชนิด เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานแก๊สชีวภาพ และพลังงานชีวมวล ประเทศไทยเป็นประเทศที่ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม เช่น ข้าว อ้อย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มันสำปะหลัง ปาล์มน้ำมัน ยางพารา ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วลิสง มะพร้าว เป็นต้น ซึ่งพืชผลทางการเกษตรที่กล่าวมานี้ เมื่อนำไปแปรรูปแล้วก็จะหลงเหลือเศษวัสดุที่ไม่ต้องการ เศษวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรยังคงมีคุณค่าเกินกว่าที่จะทิ้งหรือทำลาย การนำเศษวัสดุเหลือใช้จากทางเกษตรมาผลิตเป็นพลังงานก็ถือว่าเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง หรือที่เรียกว่าเชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass) ดังตารางที่ 1 ซึ่งเป็นการรวบรวมศึกษาข้อมูลสัดส่วนการเกิดชีวมวลต่อปริมาณผลิตทั่วทุกภาคของประเทศไทย จะพบว่ายางพาราเมื่อหมดอายุการเก็บเกี่ยวจะมีสัดส่วนที่เหลือเป็นชีวมวลในอัตราที่สูงจึงเหมาะอย่างยิ่งที่จะนำมาใช้ผลิตพลังงานในภาคใต้ เนื่องจากภาคใต้มีปริมาณยางพาราจำนวนมาก ภาพที่ 1 แผนที่ตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลในประเทศไทย จะพบว่าการนำชีวมวลมาใช้ผลิตไฟฟ้าในภาคใต้มีเพียงโรงไฟฟ้า 1 โรง ซึ่งมีปริมาณที่น้อยเมื่อเทียบกับปริมาณชีวมวลที่มีในภาคใต้ภาพที่ 2 กระบวนการนำชีวมวลมาใช้เป็นพลังงานมีอยู่ 3 วิธีด้วยกัน คือ 1) การเผาไหม้ (Combustion) 2) ไพโรไลซิส (Pyrolysis) หรือกระบวนการแยกสลายด้วยความร้อนและ 3)แก๊สซิฟิเคชัน (Gasification) วิธีที่หนึ่ง สิ่งที่ได้จากการเผาไหม้ คือ พลังงานความร้อนซึ่งนำไปใช้ต้มน้ำในหม้อไอน้ำ (Boiler) ส่วนวิธีที่สอง คือไพโรไลซิสได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำมันชีวภาพ (Bio-Oil) ซึ่งสามารถใช้ได้เช่นเดียวกันกับน้ำมัน นั่นคือสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงของกังหันแก๊ส (Gas Turbine) เครื่องยนต์แก๊ส (Gas Engine) หม้อไอน้ำ (Boiler) และก็สามารถนำไปเป็นสารตั้งต้นเพื่อผลิตสารเคมี ส่วนวิธีสุดท้าย คือ แก๊สซิฟิเคชันได้ผลิตภัณฑ์เป็นเชื้อเพลิงแก๊สหรือแก๊สผลิตภัณฑ์ (Producer Gas) ซึ่งแก๊สที่ได้นี้สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงให้กับกังหันแก๊ส เครื่องยนต์แก๊ส หรือหม้อไอน้ำก็ได้(จตุพร แก้วอ่อน และคนอื่นๆ, 2548) วิธีการเผาไหม้เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากเนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวกต่อการนำไปใช้งานแต่วิธีนี้ไม่เหมาะสมมากนักเพราะการนำชีวมวลมาเผาไหม้โดยตรงจะทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ทำให้เกิดมลพิษ โรงไฟฟ้าชีวมวลทั่วไปเป็นระบบใช้ไอน้ำหมุนกังหันผลิตไฟฟ้าซึ่งต้องลงทุนในโรงไฟฟ้าขนาด 8-10 เมกะวัตต์ขึ้นไปจึงจะคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์แต่ถ้าเป็นระบบเล็กๆ จะลงทุนอย่างนั้นไม่ได้ การสร้างโรงไฟฟ้า 1-5 เมกะวัตต์จึงเหมาะจะสร้างเป็นโรงไฟฟ้าแบบแก๊สซิฟิเคชันมากกว่าเพราะการลงทุนจะถูกกว่าอีกทั้งมลพิษเกิดขึ้นน้อยกว่าเพราะมลพิษจะเกิดจากการสันดาประหว่างออกซิเจนกับสารอื่นๆ ซึ่งการเผาไหม้โดยตรงจะใช้ออกซิเจนถึง 110% แต่ในระบบแก๊สซิฟิเคชันจะใช้ออกซิเจนเพียง 25%

ประเทศไทยนำชีวมวลมาใช้ผลิตพลังงานยังมีปริมาณที่น้อยอยู่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางภาคใต้ของไทย ซึ่งมีพืชเศรษฐกิจคือ ยางพารา และปาล์มน้ำมัน แต่ละปีมีต้นยางพาราอายุเกิน 25 ปี ซึ่งครบรอบที่จะต้องทำการตัดฟัน คิดเป็นพื้นที่ยางพาราที่ถูกตัดฟัน 500,000 ไร่ต่อปี จะได้ปริมาณไม้ยางพารา 200 ล้านตัน ที่นำไปเข้ากระบวนการแปรรูปไม้เพื่อผลิตเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งจะมีชีวมวลที่ได้ภายหลังกระบวนการผลิตคิดเป็นเศษไม้ 3.6 ล้านตัน และขี้เลื่อย 8 ล้านตัน เมื่อลบด้วยปริมาณ

ที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์จะมีเศษไม้คงเหลือ 3.55 ล้านตัน คิดเป็นพลังงานความร้อน 1,862 ktoe และพลังงานไฟฟ้า 707 MW ในส่วนของขี้เลื่อยจะมีปริมาณคงเหลือ 1,037 ktoe และพลังงานไฟฟ้า 394 MW (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2550) บทความนี้เน้นเทคโนโลยีการเปลี่ยนรูปพลังงานจากชีวมวล โดยกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน การผลิตแก๊สในเตาแก๊สซิฟายเออร์ชนิดต่างๆ รวมถึงการนำแก๊สผลิตภัณฑ์ไปใช้งาน

2. แก๊สซิฟิเคชัน

แก๊สซิฟิเคชันเป็นกระบวนการเปลี่ยนรูปเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีสถานะเป็นของแข็งให้อยู่ในรูปของแก๊ส (วิบูลย์ ศรีเจริญชัยกุล, 2555) ความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในสภาวะจำกัดปริมาณอากาศเมื่อให้ความร้อนแก่ชีวมวลร่วมกับเทคนิคการจำกัดปริมาณอากาศหรือออกซิเจนหรือไอน้ำเพื่อให้เกิดสภาวะที่มีการควบคุมปริมาณออกซิเจนในสัดส่วนที่ต่ำกว่าปริมาณที่ทำให้เกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงอย่างสมบูรณ์ (Devi, Ptasinsli & Janssen, 2005) ซึ่งจะใช้อากาศในการทำปฏิกิริยาในช่วง 25-50% ของอากาศทั้งหมดของการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ทำให้ชีวมวลเกิดการแตกตัวเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ในรูปของแข็งและแก๊สโดยแก๊สที่ได้จากกระบวนการนี้มีลักษณะเป็นแก๊สเชื้อเพลิงหลายชนิดปะปนอยู่จากตารางที่ 2 องค์ประกอบของแก๊สซิฟิเคชันประกอบไปด้วย แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide, CO) แก๊สไฮโดรเจน (Hydrogen, H_2) แก๊สมีเทน (Methane, CH_4) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide, CO_2) แก๊สไนโตรเจน (Nitrogen, N_2) และแก๊สอื่นๆ เรียกว่าแก๊สผลิตภัณฑ์ (Producer gas) และหากแก๊สมีความบริสุทธิ์สูงจะประกอบไปด้วยแก๊สหลักๆ ได้แก่ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และแก๊สไฮโดรเจนจะเรียกว่าแก๊สสังเคราะห์ (Synthesis gas, Syngas) ตามภาพที่ 3 ทำการเผาไหม้ในเตาแก๊สซิฟายเออร์ (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2550) ปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นจะมีความซับซ้อนและสามารถเกิดผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 1 สัดส่วนการเกิดชีวมวลต่อปริมาณผลผลิตที่ใช้ประเมินปริมาณการเกิดชีวมวลแต่ละชนิด

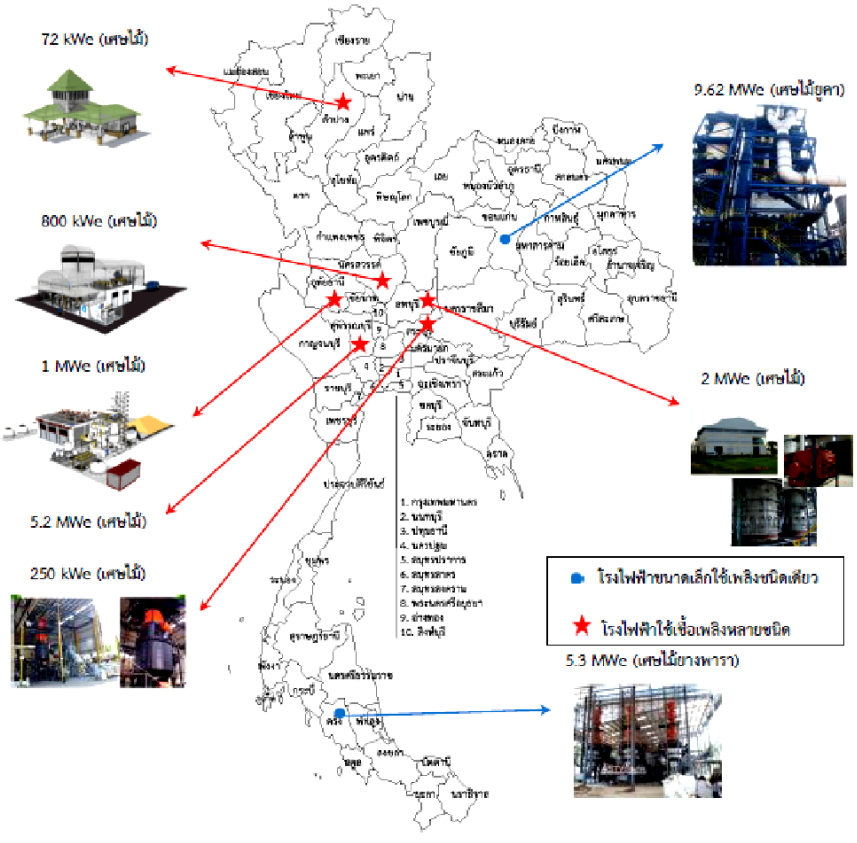
ชนิดพืช	ชนิดชีวมวล	สัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิต	
		ปริมาณ	หน่วย
1. ข้าว	1.1 ฟางข้าว	0.49	ตัน/ตันผลผลิต
	1.2 แกลบ	0.21	ตัน/ตันผลผลิต
2. อ้อย	2.1 ใบและยอดอ้อย	0.17	ตัน/ตันผลผลิต
	2.2 ชานอ้อย	0.28	ตัน/ตันผลผลิต
3. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	3.1 ยอด ใบและลำต้นข้าวโพด	1.84	ตัน/ตันผลผลิต
	3.2 ซังข้าวโพด	0.24	ตัน/ตันผลผลิต
4. มันสำปะหลัง	4.1 เหง้า	0.20	ตัน/ตันผลผลิต
	4.2 กาก	0.06	ตัน/ตันผลผลิต
	4.3 เปลือก	0.28	ตัน/ตันผลผลิต

ตารางที่ 1 (ต่อ)

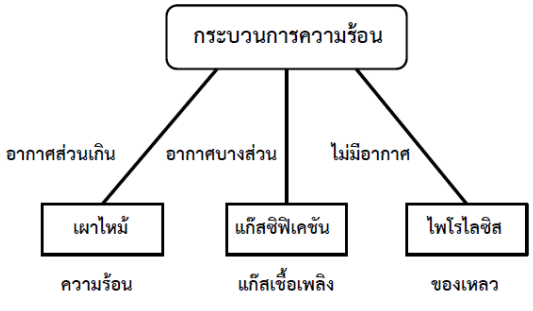
ชนิดพืช	ชนิดชีวมวล	สัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิต	
		ปริมาณ	หน่วย
5. ปาล์มน้ำมัน	5.1ลำต้น	1.00	ตัน/ตันผลผลิต
	5.2ใบและทางปาล์ม	1.41	ตัน/ตันผลผลิต
	5.3ทะลายปาล์มเปล่า	0.32	ตัน/ตันผลผลิต
	5.4เส้นใยปาล์ม	0.19	ตัน/ตันผลผลิต
	5.5กะลาปาล์ม	0.04	ตัน/ตันผลผลิต
6. ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วลิสง	6.1ยอด ใบและลำต้น	1.18	ตัน/ตันผลผลิต
7. ยางพารา	7.1ตอ รากและกิ่งก้าน	5.00	ตันต่อไร่
	7.2ปลายไม้	12.00	ตันต่อไร่
	7.3ปีกไม้	12.00	ตันต่อไร่
	7.4ขี้เลื่อยและเศษไม้	3.00	ตันต่อไร่
8. มะพร้าว	7.5จั่นและทะลาย	0.29	ตัน/ตันผลผลิต
	7.6เปลือกและกาบ	0.33	ตัน/ตันผลผลิต
	7.7กะลา	0.25	ตัน/ตันผลผลิต
9. มะม่วงหิมพานต์	9.1เปลือก	0.74	ตัน/ตันผลผลิต

ที่มา: กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2557.

หรือแก๊สหลายชนิดขึ้นอยู่กับลักษณะของชีวมวลและเทคนิคในการจำกัดปัจจัยต่างๆ เช่นกรณีการใช้อากาศเป็นตัวทำปฏิกิริยาจะได้แก๊สที่มีค่าความร้อนต่ำ หากมีการเติมไอน้ำจะทำให้ได้แก๊สที่มีค่าความร้อนเพิ่มสูงขึ้น ส่วนกรณีการใช้ออกซิเจนบริสุทธิ์แทนอากาศจะทำให้ได้แก๊สที่มีค่าความร้อนสูง อย่างไรก็ดี ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการดังกล่าวไม่ได้มีเพียงแต่แก๊สเชื้อเพลิงเท่านั้น ยังมีของแข็งและสิ่งเจือปนที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้หมด ได้แก่ ถ่านชาร์ (Char) เถ้า (Ash) น้ำมันดิน (Tar) และไอน้ำ (Knoef, 2000; Allesina, Pedrazzi & Tartarini, 2013; Dutta, *et al*., 2014; Li, Zhang & Hu, 2015)



ภาพที่ 1 แผนที่ตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลในประเทศไทย
ที่มา: Hunpinyo, *et al*., 2014.



ภาพที่ 2 กระบวนการนำชีวมวลมาใช้เป็นพลังงาน

โดยสรุปกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน เป็นกระบวนการเกี่ยวกับการใช้ความร้อนเปลี่ยนชีวมวลเป็นแก๊สที่เผาไหม้ โดยวิธีการจำกัดอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ ซึ่งใช้ได้ในการเผาไหม้โดยตรง หรือใช้ในการเผาไหม้กับเครื่องยนต์สันดาปภายในและภายนอก ซึ่งมีแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน เป็นส่วนประกอบหลัก แก๊สผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีการปนเปื้อนด้วยขี้เถ้า น้ำมันดิน จึงจำเป็นต้อง

มีการปรับปรุงคุณภาพแก๊สก่อนนำไปใช้งาน นอกจากนั้นยังสามารถใช้ได้กับชีวมวลหลายๆ แบบ ซึ่งเหมาะกับการใช้งานในภาคใต้ซึ่งเป็นพื้นที่ปลูกยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจหลัก

3. เตาแก๊สซิฟายเออร์

3.1 เตาแก๊สซิฟายเออร์ชนิดเบดอยู่กับที่ (Fixed bed gasifier)

เตาแก๊สซิฟายเออร์ชนิดนี้มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย อุณหภูมิการทำงานอยู่ที่ประมาณ 1,000 °C สามารถแบ่งย่อยได้ 3 แบบ ได้แก่

3.1.1 เตาแก๊สซิฟายเออร์ชนิดไหลขึ้น (Updraft gasifier)

เตาแก๊สซิฟายเออร์ชนิดนี้เป็นแบบที่ง่ายที่สุด จากภาพ 4 ก เชื้อเพลิงชีวมวลจะถูกป้อนเข้าทางส่วนบนและอากาศเข้าทางด้านล่างผ่านเข้าไปในโซนเผาไหม้ได้แก๊ส CO_2 และ H_2O แก๊สที่ผ่านออกจากโซนเผาไหม้จะมีอุณหภูมิสูงและเมื่อเข้าไปในโซนรีดักชัน CO_2 และไอน้ำทำปฏิกิริยากับคาร์บอนที่อยู่ในบริเวณนี้ ได้แก๊ส CO และ H_2 หลังจากนั้นแก๊สที่ได้ไหลเข้าสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าในชั้นชีวมวลและเกิดการกลั่นสลายในช่วงอุณหภูมิ 200-500 °C แก๊สที่ยังคงมีอุณหภูมิสูงไหลเข้าสู่ชั้นชีวมวลชั้นไประเหยน้ำที่อยู่ในชีวมวลทำให้แก๊สผลิตภัณฑ์ที่ออกจากเตาแก๊สซิฟายเออร์มีอุณหภูมิต่ำลง (ธนกฤต แก้วมณี, 2556; Buragohain, Mahanta & Moholkar, 2010) ข้อดีของเตาแก๊สซิฟายเออร์ชนิดนี้คือการทำงานไม่สลับซับซ้อนเชื้อเพลิงเผาไหม้ได้มากและแก๊สผลิตภัณฑ์ที่ออกมามีอุณหภูมิไม่สูงมาก ข้อเสียที่สำคัญของเตาแก๊สซิฟายเออร์ชนิดนี้คือแก๊สที่ผลิตได้จะมีคุณภาพต่ำเนื่องจากมีน้ำมันดินและเขม่าปะปนออกมาเป็นจำนวนมาก

3.1.2 เตาแก๊สซิฟายเออร์ชนิดไหลลง (Downdraft gasifier)

เตาแก๊สซิฟายเออร์ชนิดนี้ถูกออกแบบมาเพื่อขจัดปัญหาน้ำมันดินในแก๊สผลิตภัณฑ์ซึ่งพบมากในเตาแก๊สซิฟายเออร์ชนิดไหลขึ้นจากภาพ 4 ข ลักษณะของเตาแก๊สซิฟายเออร์ชนิดไหลลงอากาศจะถูกดูดผ่านจากด้านบนลงสู่ด้านล่าง ผ่านบริเวณโซนเผาไหม้แก๊สที่ได้จากโซนเผาไหม้จะถูกรีดิวซ์ในขณะที่ไหลลงสู่ด้านล่างผ่านชั้นของคาร์บอนที่ร้อนขณะเดียวกันชั้นของชีวมวลที่อยู่ทางด้านบนของโซนเผาไหม้จะเกิดการกลั่นสลายและจะไหลผ่านชั้นของคาร์บอนที่ร้อน ทำให้น้ำมันดินเกิดการแตกตัวเป็นแก๊ส แก๊สที่ผ่านโซนเผาไหม้ในเตาแก๊สซิฟายเออร์ชนิดไหลลงจะมีส่วนประกอบของน้ำมันดินและน้ำมันลดลงน้อยกว่า 10% ของน้ำมันดินและน้ำมันที่ได้จากเตาแก๊สซิไฟเออร์แบบไหลขึ้นดังนั้นแก๊สผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงสะอาดกว่าแก๊สผลิตภัณฑ์จากเตาแก๊สซิฟายเออร์ชนิดไหลขึ้น (ธนกฤต แก้วมณี, 2556; Buragohain, Mahanta & Moholkar, 2010) และเป็นแก๊สที่สะอาดกว่าเมื่อผ่านชุดปรับปรุงคุณภาพแก๊สให้เหมาะสมแล้วก็สามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์ชนิดแก๊สโซลีนและดีเซลได้ (ภัทชนก แก้วพงศธร, 2555)

3.1.3 เตาแก๊สซิฟายเออร์ชนิดไหลขวาง (Crossdraft gasifier)

เตาแก๊สซิฟายเออร์ชนิดนี้จากภาพ 4 ค อากาศจะถูกดูดผ่านหัวฉีดซึ่งอยู่ในแนวราบ โซนเผาไหม้จะอยู่ถัดจากหัวฉีดออกไปและถัดออกไปเป็นโซนรีดักชัน โซนเผาไหม้และโซนรีดักชันเป็นบริเวณโซนการกลั่นสลาย น้ำมันและน้ำมันดินที่ได้จากโซนการกลั่นสลายนี้จะผ่านโซนรีดักชันก่อนที่จะออกสู่ภายนอก ทำให้น้ำมันและน้ำมันดินเกิดการแตกตัวเป็นแก๊สก่อนที่จะออกสู่

ภายนอกส่งผลให้แก๊สผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณน้ำมันและน้ำมันดินต่ำ (Buragohain, Mahanta & Moholkar, 2010)

3.2 เตาแก๊สซิฟายเออร์ชนิดเบดไหลวน (Circulating fluidized bed)

เตาแก๊สซิฟายเออร์ชนิดนี้ จากภาพ5ก สามารถทำงานโดยรองรับชีวมวลปริมาณมากๆได้ดีเช่นในอุตสาหกรรมกระดาษโดยเบดจะถูกหมุนอยู่ในห้องเผาไหม้ (Reaction Vessel) และอุปกรณ์แยกตัวแบบไซโคลน (Cyclone Separator) ซึ่งในไซโคลนนี้จะเป็นส่วนที่ใช้ในการแยกขี้เถ้าออกทางด้านล่างส่วนถ่านจะถูกแยกเข้าไปในห้องเผาไหม้อีกครั้งหนึ่ง เตาแก๊สซิฟายเออร์ชนิดนี้สามารถทำงานได้ภายใต้ความดันสูงๆ (ภัทชนก แก้วพงศธร, 2555)

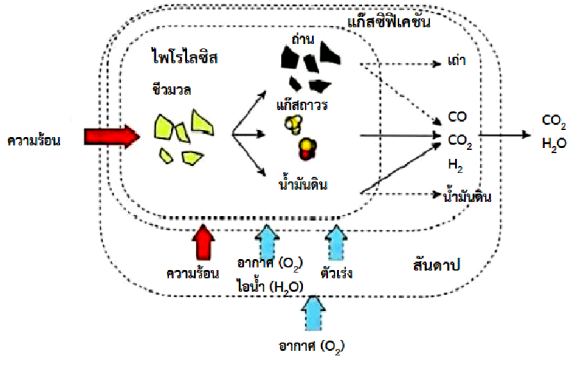
3.3 เตาแก๊สซิฟายเออร์ชนิดเบดฟองอากาศ (Entrainedbed)

เตาแก๊สซิฟายเออร์ชนิดเบดฟองอากาศจากภาพ5ข ประกอบด้วยภาชนะซึ่งมีประตูทางส่วนล่าง ซึ่งส่วนนี้เป็นบริเวณที่อากาศถูกป้อนเข้ามาส่วนบนของประตูก็คือเบดหมุนมีไว้เพื่อให้เชื้อเพลิงชีวมวลที่มีขนาดเล็กเข้ามาเก็บรอ และเข้าไปทำปฏิกิริยาต่อไปการควบคุมอุณหภูมิจะอยู่ที่ 700-900 °C ซึ่งจะควบคุมได้โดยอัตราส่วนระหว่างเชื้อเพลิงชีวมวลและอากาศ เชื้อเพลิงชีวมวลจะถูกแยกสลายในเบดร้อน (Hot Bed) ให้กลายเป็นถ่านในลักษณะส่วนประกอบของแก๊ส ส่วนประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงจะเริ่มแตกตัวเมื่อมาสัมผัสกับความร้อน ทำให้แก๊สชีวมวลมีปริมาณของน้ำมันดินต่ำ โดยปกติน้ำมันดินจะน้อยกว่า 1-3 g/m ^{3} (ภัทชนก แก้วพงศธร, 2555)

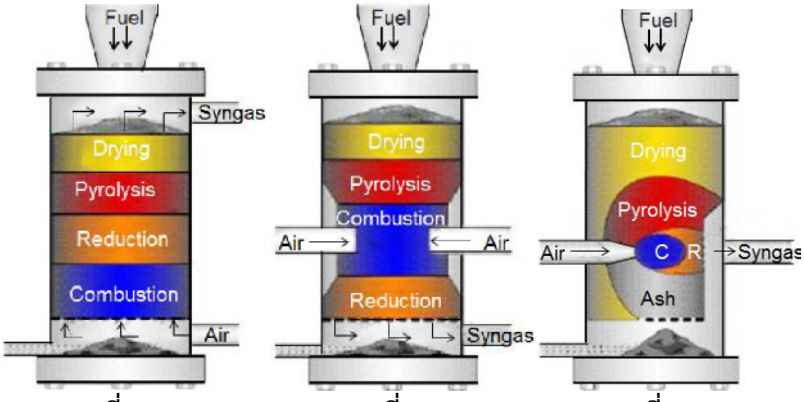
ตารางที่ 2 องค์ประกอบของแก๊สที่ได้จากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันของไม้

ชนิดแก๊ส	ปริมาณแก๊ส (%)
คาร์บอนมอนอกไซด์(CO)	24
ไฮโดรเจน(H_2)	14
คาร์บอนไดออกไซด์(CO_2)	11
ไนโตรเจน(N_2)	3

ที่มา: Watcharee & Panee, 2006.

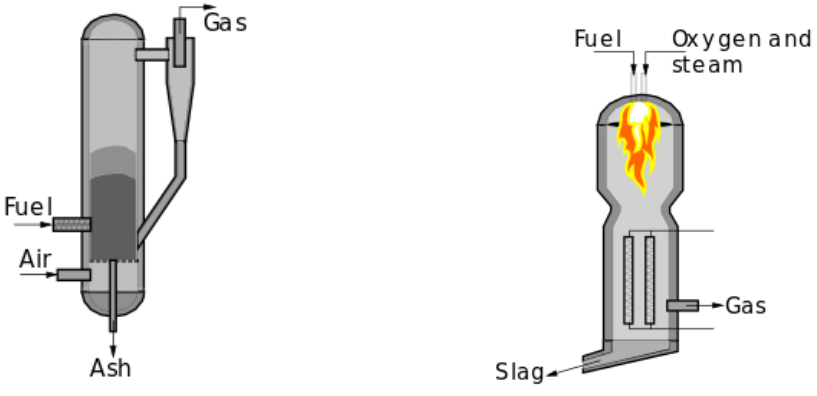


ภาพที่ 3 กระบวนการแก๊สซิฟิเคชันของชีวมวล
ที่มา: กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2550.



ภาพที่ 4 ก **ภาพที่ 4 ข** **ภาพที่ 4 ค**

ภาพที่ 4 เตาแก๊สซิฟายเออร์ชนิดเบดอยู่กับที่ (Fixed Bed Gasifier)
ที่มา: Chenxi, Ruthut & Sukanya, 2011.



ภาพที่ 5 ก **ภาพที่ 5 ข**

ภาพที่ 5 เตาแก๊สซิฟายเออร์ชนิดเบดไหลวน (Circulating Fluidized Bed) และเตาแก๊สซิฟายเออร์ชนิดเบดฟองอากาศ (Entrained Bed)
ที่มา: wikipedia, 2016.

4. การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงแก๊สซิฟิเคชัน

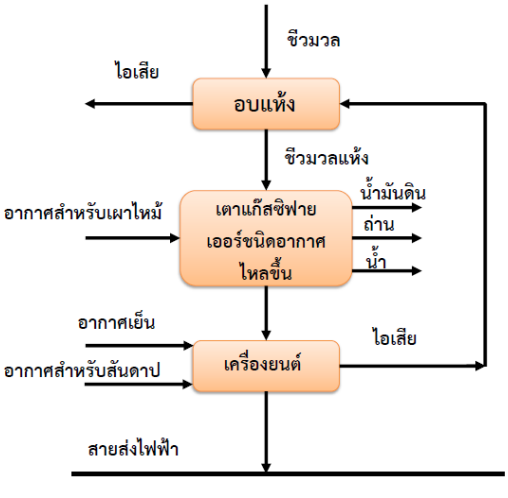
จากการศึกษาต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน ต้นทุนรวมในการผลิตไฟฟ้ามีค่า 2.63 บาทต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ และมีรายได้จากการจำหน่ายกระแสไฟฟ้าจากการขายถ่าน และได้รับเงินสนับสนุนจากรัฐบาล (adder = 0.294 บาทต่อหน่วย) รวมเป็นรายได้ 4.98 บาทต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ (วีรชัย อาจหาญ และคนอื่นๆ, 2551) ส่วนใหญ่การผลิตไฟฟ้าโดยใช้ชีวมวลเป็นระบบใช้ไอน้ำหมุนกังหันผลิตไฟฟ้า ซึ่งต้องมีขนาดผลิตไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 10 MW จึงจะคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ แต่ถ้าระบบขนาดเล็กที่มีขนาดไม่เกิน 1 MW การใช้แก๊สซิฟิเคชันจะมีความเหมาะสมมากกว่า (Watcharee & Panee, 2006) การนำแก๊สซิฟิเคชันไปเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน แสดงดังภาพที่ 5 ชีวมวลก่อนที่จะส่งไปยังเตาแก๊สซิฟายเออร์จะต้องมี

การไล่ความชื้นออกโดยนำไอเสียจากเครื่องยนต์ที่เกิดจากการเผาไหม้ไปไล่ความชื้นบางส่วน เมื่อชีวมวลถูกส่งเข้ามายังเตาแก๊สซิฟายเออร์ชนิดไหลลง ซึ่งเป็นแบบที่เหมาะสมกับเครื่องยนต์สันดาปภายในมากที่สุด ภายในเตาแก๊สซิฟายเออร์ชีวมวลเกิดการเผาไหม้โดยจำกัดปริมาณอากาศให้อยู่ในช่วง 25-50% ของอากาศทั้งหมดของการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ และทำการควบคุมปริมาณความร้อนของแก๊สที่ได้ให้อยู่ที่อุณหภูมิ 800 °C สามารถลดปริมาณน้ำมันดินไปได้ร้อยละ 60–95 (Barea & Leckner, 2010) ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสองส่วนส่วนที่หนึ่งคือแก๊สที่มีองค์ประกอบของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สไฮโดรเจน แก๊สมีเทน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อแก๊สที่ได้ผ่านกระบวนการทำให้สะอาดก็สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในใช้งานในการขับเคลื่อนเจนเนอเรเตอร์ผลิตไฟฟ้าต่อไป ส่วนที่สองที่ได้จากเตาแก๊สซิฟายเออร์คือน้ำมันดินถ่านและน้ำ (Allesina, Pedrazzi & Tartarini, 2013)

ข้อดีของการใช้เครื่องยนต์แก๊สคือเทคโนโลยีของเครื่องยนต์ได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องสามารถดัดแปลงใช้กับแก๊สผลิตภัณฑ์ได้โดยตรงกลไกของเครื่องยนต์ไม่ยุ่งยากและสามารถนำมาใช้สำหรับการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก (ธนกฤต แก้วมณี, 2556) โดยปกติแล้วประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์เมื่อนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าขนาด 600 kW จะอยู่ที่ 38% ซึ่งสูงกว่าการใช้กังหันไอน้ำที่มีค่าอยู่ที่ 20% ในกำลังการผลิตไฟฟ้าเท่ากัน

5. วิธีการปรับปรุงคุณภาพแก๊สจากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันไปใช้เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์

ปัญหาในการใช้เครื่องยนต์แก๊ส คือ มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาที่สูงกว่าการใช้กังหันไอน้ำและกังหันแก๊ส เนื่องจากอุณหภูมิการเผาไหม้สูงทำให้เกิดออกไซด์ของไนโตรเจน NO_X (ธนกฤต แก้วมณี, 2556) ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดมะเร็ง การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์เนื่องมาจากลักษณะของเครื่องยนต์ทำให้ปล่อยไอเสียออกมาระหว่างผนังกระบอกสูบและผิวด้านข้าง



ภาพที่ 6 ขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์แก๊สซิฟิเคชัน
ที่มา: Allesina, Pedrazzi & Tartarini, 2013.

ของลูกสูบทำให้จำเป็นต้องมีการหล่อลื่นในระหว่างการเผาไหม้น้ำมันหล่อลื่นนี้จะระเหยและเผาไหม้ออกมาพร้อมกับไอเสียด้วย ปัญหาซึ่งเกิดมาจากปริมาณของน้ำมันดินที่ผสมอยู่ในแก๊สผลิตภัณฑ์ โดยน้ำมันดินจะไม่เผาไหม้แต่จะรวมตัวกันเป็นยางเหนียวทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ลดลง

จากงานวิจัยของ ภัทชนก แก้วพงศธร (2555) ที่ได้ศึกษาการกำจัดน้ำมันดินที่ปนเปื้อนในแก๊สผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นสลายไม้ด้วยกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน โดยใช้เตาแก๊สซิฟายเออร์ชนิดไหลลงพบว่าการควบคุมอัตราการป้อนอากาศที่ 150 ลิตรต่อนาที ที่อุณหภูมิเตาแก๊สซิฟายเออร์ 1,000 ˚C และใช้เหล็กอะซิเตทเป็นสารเติมแต่งเพื่อเป็นตัวแตกสลายน้ำมันดินโดยกระบวนการทางเคมี องค์ประกอบของแก๊สผลิตภัณฑ์ที่ได้ คือ คาร์บอนมอนอกไซด์ไฮโดรเจนและมีเทน ร้อยละ 16.59 12.46 และ 2.12 ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้ำมันดินน้อยสุด เท่ากับ 4.74 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร

6. สรุป

ภาคใต้มีชีวมวลที่เหลือภายหลังกระบวนการผลิตคิดเป็นเศษไม้ 3.6 ล้านตัน และขี้เลื่อย 8 ล้านตัน เมื่อลบด้วยปริมาณที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์จะมีเศษไม้คงเหลือ 3.55 ล้านตันคิดเป็นพลังงานความร้อน 1,862 ktoe และพลังงานไฟฟ้า 707 MW ในส่วนของขี้เลื่อยจะมีปริมาณคงเหลือ 1,037 ktoe และพลังงานไฟฟ้า 394 MW ส่วนใหญ่การผลิตไฟฟ้าโดยใช้ชีวมวลเป็นระบบใช้ไอน้ำหมุนกังหันผลิตไฟฟ้า ซึ่งต้องมีขนาดของผลิตไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 10 MW จึงจะคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์แต่ถ้าระบบขนาดเล็กที่มีขนาดไม่เกิน 1 MW การใช้แก๊สซิฟิเคชันจะมีความเหมาะสมมากกว่าผู้ประกอบธุรกิจขนาดเล็กเกี่ยวกับการแปรรูปผลิตผลจากทางเกษตรเช่นโรงงานแปรรูปไม้ยางพาราโรงงานบีบน้ำมันปาล์มควรหันมาใช้เศษเหลือทิ้งในรูปแบบชีวมวลผลิตเป็นพลังงานทดแทนเพื่อเป็นการลดต้นทุนจากพลังงาน การนำแก๊สที่ได้จากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันไปเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สันดาปภายใน เพื่อใช้ผลิตไฟฟ้ามีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากกว่าการนำไปเผาไหม้โดยตรง

เตาแก๊สซิฟายเออร์ชนิดไหลลง (Downdraft Gasifier) มีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับใช้ร่วมกับเครื่องยนต์สันดาปภายใน เนื่องจากเตาแก๊สซิฟายเออร์ชนิดนี้จะมีการสลายส่วนประกอบของน้ำมันดินและน้ำมันลดลงน้อยกว่า 10% เมื่อแก๊สผ่านชุดปรับปรุงคุณภาพแก๊ส ทำให้สามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์ชนิดแก๊สโซลีนและดีเซลได้

การปรับปรุงคุณภาพแก๊สจากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันเพื่อกำจัดน้ำมันดินที่ปนเปื้อนในแก๊สผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นสลายไม้ สำหรับเตาแก๊สซิฟายเออร์ชนิดไหลลงทำได้โดยการควบคุมอัตราการป้อนอากาศที่ 150 ลิตรต่อนาที ที่อุณหภูมิเตาแก๊สซิฟายเออร์ 1,000 °C และใช้เหล็กอะซิเตทเป็นสารเติมแต่งเพื่อเป็นตัวแตกสลายน้ำมันดินโดยกระบวนการทางเคมี

7. เอกสารอ้างอิง

กรมธุรกิจพลังงาน. (2559). **ปริมาณการนำเข้าน้ำมันดิบ**. ค้นเมื่อ พฤษภาคม 2, 2559, จาก http://www.doeb.go.th/info/value_oil.php

กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2557). **ศักยภาพพลังงานชีวมวลในประเทศไทย**. ค้นเมื่อพฤษภาคม 2, 2559, จาก http://biomass.dede.go.th/biomassweb/index.html

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. (2550). **เทคโนโลยีการผลิตพลังงาน/เชื้อเพลิงจากเศษไม้โครงการส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีการนำวัสดุเหลือใช้และกากของเสียมาใช้ประโยชน์**. กรุงเทพมหานคร: กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2557). **เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ 14 จังหวัดภาคใต้.** ค้นเมื่อ พฤษภาคม 2, 2559, จากhttp://www.egat.co.th/index.php?option=comcontent&view=article&id=227:qanda&catid=31&Itemid=208

จตุพร แก้วอ่อน และคนอื่นๆ. (2548). การเปลี่ยนรูปพลังงานจากชีวมวล : แก๊สซิฟิเคชั่น. **วารสารวิทยาศาสตร์ทักษิณ,** 2(2), 56-67.

ธนกฤต แก้วมณี. (2556). **การออกแบบและพัฒนาเตาเผาชีวมวลเพื่อผลิตแก๊สสังเคราะห์น้ำมันดินต่ำ.** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ภัทชนก แก้วพงศธร. (2555). **การกำจัดน้ำมันดินของไม้ยูคาลิปตัสในกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันแบบไหลลง.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิบูลย์ ศรีเจริญชัยกุล. (2555). **ชีวมวลเป็นพลังงานทางเลือกอีกทางที่เป็นพลังงานยั่งยืนประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วีรชัย อาจหาญ และคนอื่นๆ. (2551). **การศึกษาต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน.** รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

Allesina, G.; Pedrazzi, S. & Tartarini, P. (2013). Modeling and investigation of the channeling phenomenon in downdraft stratified gasifier. **Bioresource Technology,** 146, 704–712.

Barea, A.G. & Leckner, B. (2010). Modeling of biomass gasification in fluidized bed. **Progress in Energy and Combustion Science**, 36, 444-509.

Buragohain, B.;Mahanta, P. & Moholkar., V.S. (2010). Biomass gasification for decentralized power generation: The Indian perspective. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 14, 73–92.

Chenxi, S.; Ruthut, L. & Sukanya, T.(2011). **Coal Conversion and utilization for reducing CO2 emissions from a power plant.** Retrieved Aug 15, 2016, from http://www.ems.psu.edu/elsworth/courses/egee580/2011/Final%20Reports/coal_igcc_report.pdf

Devi, L.; Ptasinsli. K.J. & Janssen. F.J.J.G. (2005). Pretreated olivine as tar removal catalyst for biomass gasifiers: investigation using naphthalene as model biomass tar. **Fuel Process Technol.**, 86, 707–730.

Dutta, P.P.; Pandeya, V.; Dasa, A.R.; Sena, S. & Baruahb, D.C. (2014). Down Draft Gasification Modelling and Experimentation of Some Indigenous Biomass for Thermal Applications. **Energy Procedia**, 54, 21–34.

Hunpinyo, P.; Cheali, P.; Narataruksa, P.; Tungkamani, S. & Chollacoop, N. (2014). Alternative route of process modification for biofuel production by embedding the Fischer–Tropsch plant in existing stand-alone power plant (10 MW) based on biomass gasification – Part I: A conceptual modeling and simulation approach (a case study in Thailand). **Energy Conversion and Management,** 88, 1179–1192.

Knoef, H.A.M. (2000). The UNDP/World Bank monitoring program on small scale biomass gasifier (BTG's experience on tar measurements). **Biomass and Bioenergy,** 18, 39 – 54.

Li, Q.; Zhang, Y. & Hu, G. (2015). Techno-economic analysis of advanced biofuel production based on bio-oil gasification. **Bioresource Technology**, 191, 88–96.

Rajvanshi, A.K. (1986). Alternative Energy in Agriculture. **CRC Press**. United States: Boca Raton.

Watcharee, K.& Panee, C. (2006). **Biomass ชีวมวล**. Bangkok: Energy for Environment Foundation.