

คาร์บอนเครดิตอีกหนึ่งบทบาทของพลังงานชีวมวล

ธิรดา รอดเสียงลิ่ง^{1,2*} และ จิตเรขา ปากสมุทร¹

บทคัดย่อ

จากมาตรการการเก็บภาษีคาร์บอน ส่งผลให้ทั่วโลกหันมาสนใจมองหาแหล่งเชื้อเพลิงสะอาด ที่ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และที่ได้รับความนิยมก็คือเชื้อเพลิงสะอาดจากชีวมวล สืบเนื่องมาจากชีวมวล มีองค์ประกอบทางเคมีที่สามารถนำมาเปลี่ยนรูปให้ได้เชื้อเพลิงเทียบเคียงเชื้อเพลิงฟอสซิล และไม่ส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ (Carbon Zero) สำหรับในประเทศไทยชีวมวลเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพในการผลิตได้ภายในประเทศ การเปลี่ยนรูปชีวมวลเพื่อให้ได้พลังงานใช้ภายในประเทศจะช่วยลดการนำเข้าและทำให้เกิดความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศอย่างยั่งยืน ดังนั้นบทความฉบับนี้จึงมุ่งเน้นให้ข้อมูลและความรู้ในด้านมาตรการการเก็บภาษีคาร์บอน เทคโนโลยีการเปลี่ยนรูปชีวมวลเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพ และศักยภาพการพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพในประเทศไทย

คำสำคัญ : พลังงานชีวมวล, เชื้อเพลิงชีวภาพ, ชีวมวล, พลังงานสะอาด, พลังงานทางเลือก, คาร์บอนเครดิต

¹ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์และสังคม, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

² ศูนย์วิจัยและพัฒนาหน่วยปฏิบัติการทางวิศวกรรมเคมีและตัวเร่งปฏิกิริยา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

* ผู้ติดต่อ, อีเมล: thirada.r@cit.kmutnb.ac.th รับเมื่อ 27 ตุลาคม 2560 ตอบรับเมื่อ 26 ธันวาคม 2560

Carbon Credits Another Role of Biomass Energy

Thirada Rodseanglung^{1,2*} and Jitrakha Paksamut¹

Abstract

A tax on greenhouse gases, often called a carbon tax, is a market-based policy instrument that can be used to accomplish a cost-effective reduction in emissions. As a result, the world is looking for green fuels source for reducing greenhouse gas emissions. The green fuels from biomass are attractive due to biomass is a chemical elements that can be converted into fuels comparable to petroleum fuels. Moreover it has shown no effect on the amount of carbon dioxide in the atmosphere (Carbon Zero). In Thailand, biomass is a potential raw material for domestic production. Conversion of biomass to obtain domestic energy will reduce imports and sustain the country's energy security. Therefore, in this paper, we focus on providing the information and knowledge of carbon taxes and biomass conversion technologies used as biofuels, in addition, the potential for the development of biofuels in Thailand.

Keywords: Biomass energy, Biofuels, Biomass, Green Fuels, Alternative Energy, Carbon Credit

¹ Department of Applied Science and Social, College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok.

² Research and Development Center for Chemical Engineering Unit Operation and Catalyst Design (RCC), King Mongkut's University of Technology North Bangkok.

* Corresponding author, E-mail: thirada.r@cit.kmutnb.ac.th Received 27 October 2017, Accepted 26 December 2017

1. บทนำ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases: GHGs) ที่เพิ่มขึ้นอย่างมาก ส่งผลให้โลกมีสภาวะระดับความเข้มข้นสะสมของก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้นเข้าใกล้ระดับ 2°C [1] ซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกอย่างรุนแรง จากพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) และการประชุมสมัชชาประเทศภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติ (Conference of Parties: COP) ครั้งที่ 21 ณ กรุงปารีส มีข้อผูกมัดทางกฎหมายบางส่วน เช่น การส่งเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Nationally Determined Contributions: NDCs) และการทบทวนเป้าหมายดังกล่าวเป็นประจำทุก 5 ปี ส่งผลให้เกือบทุกประเทศจะต้องมีส่วนในการลดก๊าซเรือนกระจกร่วมกัน และจะต้องมีความก้าวหน้าในการดำเนินการ โดยประเทศกำลังพัฒนาทั้งหลาย รวมทั้งประเทศไทย จะต้องมีการเพิ่มเติมนอกเหนือจากการใช้พลังงานทางเลือก การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานมากขึ้น ส่งผลให้รัฐบาลของประเทศเหล่านี้ไม่สามารถหลีกเลี่ยงการใช้มาตรการเก็บภาษีคาร์บอนได้อีกแล้ว [1] ซึ่งประเทศไทยเข้าร่วมมาตรการนี้ด้วยความสมัครใจ โดยผ่านโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด หรือ Clean Development Mechanism (CDM) เพื่อให้มี Certified Emission ไปขายเป็นรายได้และเป็นแรงจูงใจให้ผู้ประกอบการเข้ามาลงทุนมากขึ้น ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโครงการด้านพลังงานทดแทน

โดยทั่วไปมาตรการการเก็บภาษีคาร์บอนสามารถแบ่งได้ 2 ชนิด ได้แก่ การกำหนดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการซื้อขายแลกเปลี่ยนสิทธิในการ

ปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อควบคุมปริมาณก๊าซเรือนกระจกในตลาดคาร์บอน

ก๊าซเรือนกระจก สามารถแบ่งตามแหล่งที่พบได้แก่ ก๊าซเรือนกระจกที่มีอยู่ตามธรรมชาติ พบประมาณร้อยละ 1 และที่เหลือเป็นก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) โอโซน (O_3) สารคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFC) เป็นต้น ส่วนใหญ่เป็นก๊าซที่เป็นผลผลิตร่วมจากภาคอุตสาหกรรมและภาคการขนส่ง ซึ่งในประเทศไทย ภาษีคาร์บอน โดยอ้างอิงจากโครงการ T-VER (โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย) ซึ่งพิจารณาครอบคลุมก๊าซเรือนกระจกเพียง 3 ชนิด ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และไนตรัสออกไซด์ [2] และระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจก ประกอบด้วย การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน การพัฒนาพลังงานทางเลือก การจัดการขยะมูลฝอย สิ่งปฏิกูลและวัสดุเหลือใช้ การจัดการในภาคขนส่ง ป่าไม้และพื้นที่สีเขียว การเกษตร และอื่นๆ [3]

ดังนั้นบทความวิชาการนี้ จึงเลือกนำเสนอระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจก ด้วยการพัฒนาแหล่งพลังงานทดแทน โดยแบ่งการนำเสนอออกเป็น 3 ส่วน คือ คาร์บอนเครดิตชีวมวลในด้านต่าง ๆ เพื่อให้เข้าใจและมีความรู้ในด้านเทคโนโลยีเพื่อนำไปศึกษาการเปลี่ยนรูปชีวมวลให้เหมาะสมสำหรับผลิตเป็นเชื้อเพลิงสะอาด และบทบาทของคาร์บอนเครดิตต่อพลังงานชีวมวล ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงใหม่ที่ตอบโจทย์การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พร้อมทั้งประเทศไทยต้องมีศักยภาพเพียงพอในการที่จะผลิตเป็นพลังงานได้ เพื่อใช้เป็นพลังงานทางเลือกในอนาคต

2. คาร์บอนเครดิต (Carbon Credit)

2.1 นิยามของคาร์บอนเครดิต

คาร์บอนเครดิตหมายถึง การซื้อขายก๊าซที่เป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาเรือนกระจกต่าง ๆ โดยที่โรงงานสามารถลดได้จะถูกตีราคาเป็นเงิน แล้วนำขายเป็นเครดิตไปยังประเทศที่พัฒนาแล้ว เพื่อทดแทนการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ประเทศที่พัฒนาแล้วปล่อยออกจากกิจกรรมแปรรูปสินค้าอุตสาหกรรม หรือขับเคลื่อนยานยนต์ ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการเผาผลาญน้ำมันดิบให้เป็นพลังงาน [3] ตามข้อตกลงในพิธีสารเกียวโต ซึ่งมีผลบังคับใช้ไปแล้วเมื่อ 16 ก.พ.2549 โดยกำหนดให้ประเทศที่พัฒนาแล้วที่ลงนามไว้ อาทิ สหภาพยุโรป แคนาดา และญี่ปุ่น ต้องลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ต่ำกว่าระดับก๊าซที่เป็นมลพิษในปี 2533 โดยเฉลี่ย 5.2 % ระหว่างปี 2551-2555 หากผู้ที่ร่วมโครงการไม่สามารถดำเนินการได้ตามข้อกำหนดจะต้องเสียค่าปรับถึงต้นละ 40 ยูโร ตามแผนการลดมลพิษในระยะที่ 1 (2548-2550) และเพิ่มค่าปรับเป็นต้นละ 100 ยูโร ตามแผนในระยะที่ 2 (2551-2555) [2]

2.2 ประเภทของคาร์บอนเครดิต

คาร์บอนเครดิตที่ทำการซื้อขายกันได้ภายใต้พิธีสารเกียวโต สามารถแบ่งได้ 3 ประเภท [3]

1) คาร์บอนเครดิตที่มีหน่วยเป็น AAUs (Assigned Amount Units) เกิดจากการซื้อขายสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือ Emission Trading: ET ซึ่งคาร์บอนเครดิตประเภทนี้ มีเฉพาะในประเทศในกลุ่มภาคผนวก B (Annex B) โดยแต่ละประเทศจะได้รับการจัดสรรปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สามารถปล่อยได้ในแต่ละปี

ให้ไม่เกิน AAUs ที่ได้รับ หรือหมายถึง ปริมาณคาร์บอนที่มีสิทธิ์ในการปล่อย

2) คาร์บอนเครดิต ที่มีหน่วยเป็น ERUs (Emission Reduction Units) เกิดจากการดำเนินการร่วมกันเพื่อลดก๊าซเรือนกระจก หรือ Joint Implementation: JI ของประเทศในกลุ่มภาคผนวก B (Annex B) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศในกลุ่มเศรษฐกิจเปลี่ยนผ่าน (Economic in Transition: EIT) ซึ่งใช้เงินลงทุนค่อนข้างต่ำกว่าการดำเนินการ 4 ลักษณะเดียวกันในประเทศที่พัฒนาแล้ว โดยประเทศที่พัฒนาแล้วสามารถนำ ERUs ไปชดเชยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมทั้งหมดของประเทศได้

3) คาร์บอนเครดิตที่มีหน่วยเป็น CERs (Certified Emission Reductions) เกิดจากการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด หรือ Clean Development Mechanism: CDM ซึ่งคาร์บอนเครดิตประเภทนี้เกิดจากความร่วมมือกันระหว่างประเทศในกลุ่มภาคผนวก B กับประเทศนอกกลุ่มภาคผนวก B โดยให้ประเทศในกลุ่มภาคผนวก B ลงทุนพัฒนาโครงการให้ประเทศนอกกลุ่มภาคผนวก B ลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง และปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้นั้นจะถูกโอนย้ายเป็นของประเทศที่ลงทุนใหม่

2.3 ข้อดีของการซื้อขายคาร์บอนเครดิต [4]

1) บริษัทเอกชนที่ดำเนิน โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดจะมีรายได้จากการขายคาร์บอนเครดิตที่มีหน่วยเป็น CERs ซึ่งจะช่วยให้การคืนทุนในการดำเนินการเร็วขึ้น

- 2) สิ่งแวดล้อมของประเทศนอกกลุ่มภาคผนวก B ที่มีการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดจะมีคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้น มีการเพิ่มการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และมีการพัฒนาเทคโนโลยีที่สะอาดมากขึ้น
- 3) รัฐบาลของประเทศนอกกลุ่มภาคผนวก B ที่มีการดำเนินโครงการ กลไกการพัฒนาที่สะอาดจะมีรายได้เข้ารัฐในเชิงภาษีหรือค่าธรรมเนียมอื่น ๆ เพิ่มขึ้น
- 4) ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยในประเทศนอกกลุ่มภาคผนวก B ที่จะต้องปรากฏในรายงานแห่งชาติ (National Inventory) เพื่อเสนอต่อภาคีสมาชิกอื่น ๆ ของพิธีสารเกียวโตจะลดลงเรื่อย ๆ ทุกปี
- 5) หากประเทศนอกกลุ่มภาคผนวก B จะต้องถูกบังคับให้มีการพัฒนาเทคโนโลยีในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกในอนาคตก็สามารถดำเนินการได้ทันที เพราะได้มีการเตรียมตัว ปรับตัว และพัฒนาเทคโนโลยีมาในระดับหนึ่งแล้ว

2.4 ข้อเสียของการซื้อขายคาร์บอนเครดิต [4]

- 1) การที่พิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) กำหนดกลไกให้ประเทศในกลุ่มภาคผนวก B สามารถซื้อคาร์บอนเครดิตจากประเทศนอกกลุ่มภาคผนวก B มาชดเชยการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของตนได้ ทำให้สามารถนำเงินที่ได้จากการดำเนินอุตสาหกรรมที่ก่อโลกร้อน เช่น อุตสาหกรรมพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลมาซื้อคาร์บอนเครดิตราคาถูกจากประเทศกำลังพัฒนาเพื่อชดเชยได้
- 2) โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดจำนวนมากในประเทศนอกกลุ่มภาคผนวก B ซึ่งสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและทำการขายคาร์บอน

เครดิตให้กับประเทศ ในกลุ่มภาคผนวก B อาจก่อมลพิษอื่นและสร้างความเดือดร้อนต่อชุมชนท้องถิ่น

3. แหล่งและองค์ประกอบของสารชีวมวล

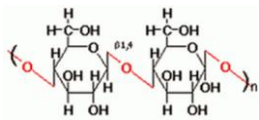
ชีวมวล คือ สารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติและสามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ เนื่องจากองค์ประกอบส่วนใหญ่ของชีวมวลประกอบด้วยธาตุ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ซึ่งใกล้เคียงกับองค์ประกอบของเชื้อเพลิงฟอสซิล วงจรการผลิตชีวมวลเป็นวงจรระยะสั้นและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม คือการใช้พลังงานจากชีวมวลจะมีการปล่อยคาร์บอนเป็นศูนย์ สืบเนื่องมาจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกหมุนเวียนมาใช้ในกระบวนการหายใจเพื่อการเจริญเติบโตของชีวมวลที่ผลิตใหม่ เท่ากับปริมาณก๊าซที่ถูกผลิตจากการเผาไหม้ชีวมวลนั้น ๆ อีกทั้งชีวมวลยังมีปริมาณกำมะถันและไนโตรเจนที่ต่ำกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิลมาก จึงถือว่าการใช้ชีวมวลจะลดโอกาสในการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก [5]

แหล่งผลิตชีวมวล โดยทั่วไปสามารถแบ่งได้ 3 ประเภทหลัก ๆ คือ ชีวมวลแบบไม้ แบบไม้ใช้ไม้และของเสียจากสัตว์ สำหรับบทความนี้เน้นแหล่งของพลังงานชีวมวลที่มาจากไม้และเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งจากภาคอุตสาหกรรมและภาคเกษตรกรรม แหล่งสำคัญของประเทศไทย มีดังนี้ [5]

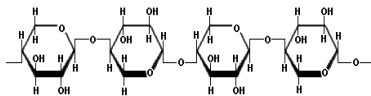
1. แกลบจากโรงสีข้าว
2. กากฮ่อยจากโรงงานน้ำตาล
3. กากปาล์มจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

4. เศษไม้จากโรงเลื่อยไม้ยางพารา สวนยางพาราและโรงผลิตไม้อัด
5. ชังข้าวโพด
6. กาบมะพร้าวจากสวนมะพร้าว ร้านขายส่งมะพร้าวและโรงงานแปรรูปเนื้อมะพร้าว
7. กากมันสำปะหลังจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง

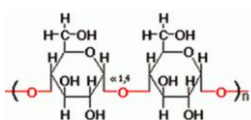
สารชีวมวลมีหลากหลายชนิด ดังนั้นองค์ประกอบแต่ละชนิดจะขึ้นกับแหล่งที่มาและชนิดของชีวมวล ซึ่งองค์ประกอบหลัก ๆ ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส แป้ง และลิกนิน แสดงดังรูปที่ 1 [5]



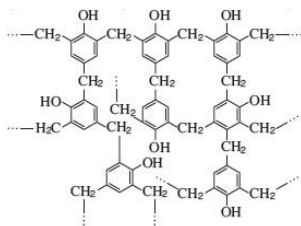
(ก) เซลลูโลส



(ข) เฮมิเซลลูโลส



(ค) แป้ง



(ง) ลิกนิน

รูปที่ 1 โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบหลักชีวมวล

ซึ่งเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร จะประกอบด้วยเซลลูโลสเป็นส่วนใหญ่ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบลิกโนเซลลูโลสของพืชพลังงาน [6]

Sources biomass	Cellulose (%)	Hemicellulose (%)	Lignin (%)	Other (%)
ฟางข้าว	38	36	16	10
ต้นข้าวโพด	53	15	16	16
ชังข้าวโพด	32	44	13	11
ชานอ้อย	36	25	20	20
ไม้โตเร็ว	50	23	22	5
กระดาด	76	13	11	0
ไม้ไผ่	41	26	27	7

3.1. ศักยภาพชีวมวลและการใช้ประโยชน์ด้านพลังงาน

พลังงานชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญมากในอนาคต จากการศึกษาศักยภาพชีวมวล บ่งชี้ว่าการเพาะปลูกพืชพลังงานในพื้นที่การเกษตรในปัจจุบันทั่วโลกให้พลังงานได้ถึง 800 x 10¹² MJ โดยไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตทางอาหารของโลก ซึ่งสูงกว่าการใช้พลังงานทั้งหมดของโลกในปัจจุบันที่ 400 x 10¹² MJ [7] จากการศึกษาวิจัยศักยภาพของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรของพืชหลัก ๆ ภายในประเทศ ซึ่งประเมินศักยภาพของการผลิตชีวมวลในประเทศไทย จากผลคูณของปริมาณผลผลิตทางการเกษตรที่ก่อให้เกิดชีวมวลนั้น ๆ กับสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงปริมาณผลผลิตเป็นปริมาณชีวมวล ตัวอย่างแสดงในตารางที่ 2

3.2 เทคโนโลยีการเปลี่ยนรูปชีวมวล

พลังงานชีวมวล หรือ พลังงานชีวภาพ (Biomass energy or Bioenergy) หมายถึง พลังงานที่สะสมอยู่ใน

ชีวมวลที่ถูกเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานขั้นสุดท้ายเพื่อใช้ประโยชน์ เช่น พลังงานไฟฟ้า ความร้อน ก๊าซชีวภาพ และเชื้อเพลิงชีวภาพ อย่างไรก็ตามก็ชีวมวลมีข้อจำกัดบางประการ เช่น มีปริมาณความชื้นสูง มีความหนาแน่นต่ำ ให้ค่าความร้อนที่น้อยกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิล ดังนั้น

ในการเปลี่ยนรูปชีวมวลเพื่อผลิตเป็นพลังงานจำเป็นต้องลดปริมาณความชื้น ซึ่งส่งผลต่อการเพิ่มค่าความร้อน สามารถจำแนกเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนรูปชีวมวลแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

ตารางที่ 2 ศักยภาพชีวมวลเชิงพื้นที่ของประเทศไทย [8]

Biomass	Quantity produced (tons)	Quantity used (tons)	Remaining (tons)	Heat value (TJ)	Crude oil equivalent (ktoe)	Equivalent electricity (GW-h)
1. ฟางข้าว	19,005,628.14	8,112,801.26	10,892,826.89	134,308.56	3,188.71	7,461.59
2. แกลบ	8,145,269.20	8,006,283.36	138,985.84	1,879.09	44.61	104.39
3. ใบและยอดอ้อย	17,016,248.08	1,845,487.74	15,170,760.34	234,843.37	5,575.58	13,046.85
4. ยอด ใบและลำต้นข้าวโพด	9,315,603.52	465,780.18	8,849,823.34	86,993.76	2,065.38	4,832.99
5. ชังข้าวโพด	1,215,078.72	1,094,081.58	120,997.14	1,163.99	27.64	64.67
6. เหง้ามันสำปะหลัง	6,045,508.40	164,196.52	5,881,311.88	32,288.40	766.58	1,793.80
7. ลำต้นปาล์มน้ำมัน	1,957,280.00	-	1,957,280.00	14,757.89	350.38	819.88
8. ใบและทางปาล์ม	18,065,006.01	1,707,454.87	16,357,551.14	28,789.29	683.51	1,599.41
9. ทะลายปาล์มเปล่า	4,099,859.52	1,891,985.90	2,207,873.62	15,985.00	379.51	888.06
10. ใบและลำต้นถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วลิสง	65,017.48	3,250.87	61,766.61	1,002.47	23.80	55.69
11. ดอก รากและกิ่งก้านไม้ยางพารา	1,094,365.00	218,873.00	875,492.00	5,751.98	136.56	319.55
12. จั่นและทะลายมะพร้าว	292,909.57	56,824.46	236,085.11	3,635.71	86.32	201.98
13. เปลือกและกาบมะพร้าว	333,310.89	329,976.78	3,334.11	54.11	1.28	3.01
14. กะลามะพร้าว	252,508.25	230,540.03	21,968.22	393.89	9.35	21.88

หมายเหตุ: ข้อมูลของปีการเพาะปลูก พ.ศ. 2556

3.2.1 เทคโนโลยีการเผาไหม้ (Combustion Technology)

เป็นการสันดาป หรือการเผาไหม้โดยตรง เป็นปฏิกิริยาการรวมตัวของเชื้อเพลิงกับออกซิเจนอย่างรวดเร็ว พร้อมเกิดการลุกไหม้และคายความร้อนในการเผาไหม้ส่วนใหญ่จะไม่ใช้ออกซิเจนส่วน ๆ แต่จะใช้อากาศแทน เนื่องจากในอากาศประกอบด้วย

ออกซิเจนร้อยละ 21-23 โดยน้ำหนัก เมื่อนำชีวมวลมาเผาจะได้ออกซิเจน ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการผลิตไอน้ำที่มีอุณหภูมิและความดันสูง ไอน้ำนี้จะถูกนำไปขับเคลื่อนกังหันไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้า ใช้ไอน้ำอบอาหารหรือให้ความอบอุ่นต่อร่างกายเมื่ออยู่ในสภาพที่หนาวเย็น ตัวอย่างชีวมวลประเภทนี้คือ เศษทางเกษตร

และเศษไม้ [8] สำหรับระบบการเผาไหม้เชื้อเพลิงของแข็ง [9] แบ่งออกได้ดังนี้

- ระบบการป้อนเชื้อเพลิงแบบสโตกเกอร์ (Stoker) เป็นระบบที่ใช้เครื่องจักรป้อนเชื้อเพลิงแทนแรงงานคน โดยมีกลไกที่ไม่ซับซ้อนมากนักมีราคาถูก และสามารถออกแบบให้ใช้ได้กับเชื้อเพลิงแข็งหลาย ๆ ชนิด หลายขนาด แต่มีข้อเสียคือระบบสโตกเกอร์มีขีดความสามารถในการผลิตไอน้ำต่ำ ระบบสโตกเกอร์แบ่งออกได้ตามลักษณะการป้อนเชื้อเพลิง คือระบบสโตกเกอร์ที่มีการป้อนเชื้อเพลิงทางด้านบน (Overfeed Stoker) ซึ่งเป็นแบบตะกรับเลื่อน (Traveling Grate Stoker) และระบบสโตกเกอร์ที่มีการป้อนเชื้อเพลิงทางด้านล่าง (Underfeed Stoker)

- ระบบฟัลเวอร์ไรซ์ (Pulverized) การเผาไหม้เชื้อเพลิงของระบบฟัลเวอร์ไรซ์จะเกิดขึ้นในลักษณะเชื้อเพลิงที่ถูกแขวนลอย ดังนั้นขนาดของเชื้อเพลิงที่ถูกป้อนเข้าสู่เตาจะต้องมีขนาดเล็กสามารถแขวนลอยอยู่ได้ในอากาศ อากาศส่วนแรกที่ถูกป้อนเข้าสู่เตาจะถูกอุ่นก่อนเพื่อช่วยในการอบแห้งเชื้อเพลิง อากาศส่วนที่สองจะถูกส่งเข้าสู่เตาโดยตรงเพื่อช่วยทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ขี้เถ้าที่เกิดขึ้นจะถูกปล่อยออกมากับไอเสีย

- ระบบไซโคลน (Cyclone) ระบบนี้ได้พัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของการเผาไหม้เชื้อเพลิงของระบบฟัลเวอร์ไรซ์ เชื้อเพลิงที่ถูกป้อนเข้าสู่เตาอาศัยแรงโน้มถ่วงเช่นเดียวกับระบบฟัลเวอร์ไรซ์ แต่ไม่จำเป็นต้องบดเชื้อเพลิงให้มีขนาดเล็ก สามารถลดค่าใช้จ่ายของการบดเชื้อเพลิงลงได้ การเผาไหม้ระบบไซโคลน (Cyclone) จะใช้หัวเผาแบบ Horizontal

water-cooled ขนาดเล็กทำให้เตาเผาระบบไซโคลนมีขนาดเล็กกว่าเตาเผาแบบฟัลเวอร์ไรซ์ เมื่อคิดต่อหน่วยปริมาตร อากาศที่เข้าสู่เตาจะอยู่ในแนวสัมผัสกับผนังของห้องเผาไหม้ ซึ่งจะทำให้เชื้อเพลิงเคลื่อนที่แบบปั่นป่วน (Turbulence) ในห้องเผาไหม้ทำให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างทั่วถึงและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น อุณหภูมิของการเผาไหม้จะสูงถึง 1,650 °C ทำให้ร้อยละ 30-50 ของเถ้าหลอมเป็นซีโลทะเลว (Liquid Slag) ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 70-50 จะเป็นเถ้าลอยปนมากับไอเสีย

- ระบบฟลูอิดไคซ์เบด (Fluidized Bed) ระบบฟลูอิดไคซ์เบดนั้น อากาศจะไหลผ่านชั้นของเชื้อเพลิง เมื่อเพิ่มอัตราการเร็วของอากาศถึงจุดหนึ่งเชื้อเพลิงจะลอยตัวขึ้นมีลักษณะคล้ายของไหล โดยจะมีสารเฉื่อย (Inert Material) เช่นทราย หรือสารทำปฏิกิริยา (Reaction Material) เช่น หินปูนเป็นเบด เมื่อเริ่มติดเตาเบดจะได้รับความร้อนจากภายนอกจนอุณหภูมิถึงจุดติดไฟของเชื้อเพลิง เชื้อเพลิงจะถูกป้อนเข้าสู่เตาอย่างสม่ำเสมอ โดยมีเบดช่วยในการถ่ายเทความร้อนและทำความสะอาดภายในเตา

นอกจากนี้ยังมีเทคโนโลยีนำชีวมวลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรง โดยนำมาทำเชื้อเพลิงเปียกอัดแห้งแห้งเชื้อเพลิงที่ได้จากการอัดแห้งโดยไม่ใช้ความร้อนจากวัสดุชีวมวลต่าง ๆ เช่น ชานอ้อยเน่าเปื่อย ผักตบชวา หรือเศษไม้ เป็นต้น นำมาอัดเป็นแท่ง โดยอาศัยความเหนียวของยางในวัสดุเหล่านั้นเป็นตัวเชื่อมประสาน และมีความชื้นพอดี เมื่ออัดออกมาเป็นแท่งแล้ว จากนั้นจึงนำไปตากแดดหรือเข้าสู่อบให้แห้งแท่งอัดชีวมวลที่ได้จะมีรูปทรงมาก จึงมีพื้นที่ผิวสำหรับให้เผาไหม้มากทำให้จุดติดไฟได้ง่าย อีกทั้งยังให้ความร้อน

สูงก็จะได้แก๊สเชื้อเพลิงที่ใช้ประโยชน์แทนฟืน ถ่าน หรือก๊าซหุงต้ม ได้เป็นอย่างดี ในการอัดแก๊สเชื้อเพลิง เชื้อขี้เถ้า จะใช้วัสดุที่ไม่มีความชื้นสูง ดังนั้นก่อน นำไปใช้จำเป็นต้องทำให้แห้ง วิธีการที่สะดวกและ ประหยัด สำหรับชาวบ้านก็คือการตากแดด เมื่อทำ สำเร็จแล้วจะได้เป็นแก๊สเชื้อเพลิงเชื้อ [8]

3.3 การผลิตก๊าซชีวภาพโดยการหมัก (Anaerobic Digestion Technology)

ก๊าซชีวภาพ (Biogas) เป็นพลังงานสะอาดที่เกิดจาก การนำเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาผ่านระบวน การหมักเพื่อให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะ ไร้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) โดยแบคทีเรีย หลายชนิด เมื่อสภาวะแวดล้อมเหมาะสม ซึ่งเรียกว่า “ก๊าซชีวภาพ” (Biogas) ได้ก๊าซมีเทนและก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นหลัก ซึ่งก๊าซมีเทนใช้เป็น เชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สำหรับผลิตไฟฟ้า ปฏิกริยา ชีวเคมีของกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยแบคทีเรียในสภาวะไร้ออกซิเจน แบ่งออกได้ 3 ขั้นตอน ดังนี้ [9]

ขั้นที่ 1 การสลายสารโมเลกุลใหญ่ (Hydrolysis)

สารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน จะถูกย่อยสลาย โดยเอนไซม์ ทำให้แตกตัวมีขนาดโมเลกุลเล็กลง

ขั้นที่ 2 การผลิตกรดอินทรีย์ (Acidogenesis)

สารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลเล็กลง จะถูกเปลี่ยนไปเป็น กรดอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile acid) และสารอื่น ๆ โดยแบคทีเรียพวกสร้างกรด (Acid former) กรดที่ เกิดขึ้นส่วนใหญ่ คือ กรดอะซิติก และกรดโพรพิโอนิก

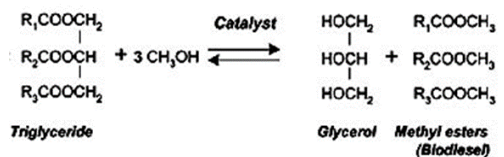
ขั้นที่ 3 การผลิตก๊าซมีเทน (Methanogenesis)

กรดอินทรีย์ระเหยง่าย จะถูกย่อยสลายเป็นก๊าซมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นส่วนใหญ่ อาจมีก๊าซ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ในโตรเจนและไฮโดรเจน และไอน้ำ ผสมอยู่ด้วย ซึ่งรวมกัน เรียกว่า “ก๊าซชีวภาพ”

3.4 การผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากชีวมวล (Liquid Fuels Technology) มีกระบวนการที่ใช้ผลิต ดังนี้

3.4.1 กระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน

คือ กระบวนการเปลี่ยนน้ำมันที่ผ่านการสกัดจากพืช น้ำมันเป็นน้ำมันไบโอดีเซล หรือที่รู้จักอีกชื่อ คือ Fatty Acid Methyl Ester: FAME โดยมีตัวเร่งในปฏิกริยา แสดงดังในรูปที่ 2 [10]



รูปที่ 2 ปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันตัวเร่งปฏิกริยา

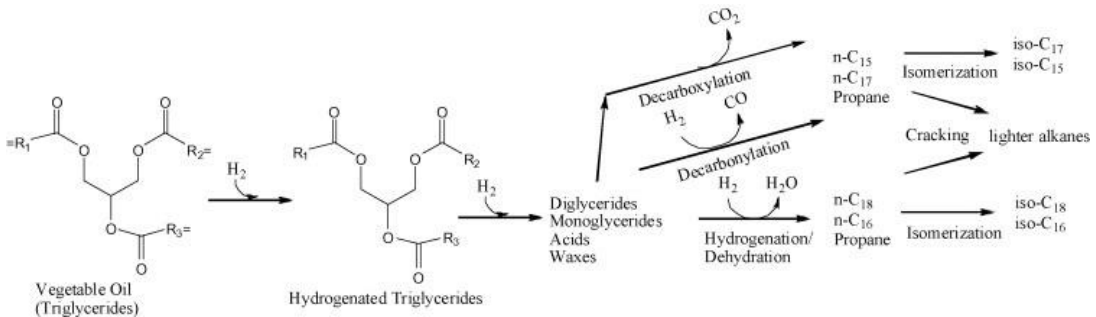
เบสทำหน้าที่ในการเร่งปฏิกริยาเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ ได้เร็วขึ้น เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ โพแทสเซียมไฮ-ดรอกไซด์ เป็นต้น โดยเร่งปฏิกริยาเร็วกว่าการใช้กรด ถึง 4,000 เท่า จึงมักนิยมใช้วิธีการนี้มากในการผลิต ไบโอดีเซล [11]

ปัจจุบันเทคโนโลยีนี้ได้รับการตอบรับในตลาด พลังงานเชื้อเพลิงแล้ว โดยนำไปผสมกับน้ำมันดีเซลที่ ร้อยละ 5 หรือที่รู้จักคือ B5 และตลาดรถยนต์ก็ตื่นตัว ปรับเปลี่ยนเครื่องยนต์ให้เหมาะสมกับการใช้น้ำมัน ทางเลือกนี้เพื่อตอบรับแผนนโยบายพลังงานของ กระทรวงพลังงาน [12-13]

3.4.2 กระบวนการไบโอไฮโดรจิเนตดีเซล (Bio Hydrogenated Diesel: BHD)

เป็นกระบวนการที่นำน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ ทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนบนตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ

และความดันสูง ได้สารไฮโดรคาร์บอนสายโซ่ยาว (Paraffinic Hydrocarbon) ที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนอยู่ในช่วงเดียวกับน้ำมันดีเซล แสดงดังรูปที่ 3

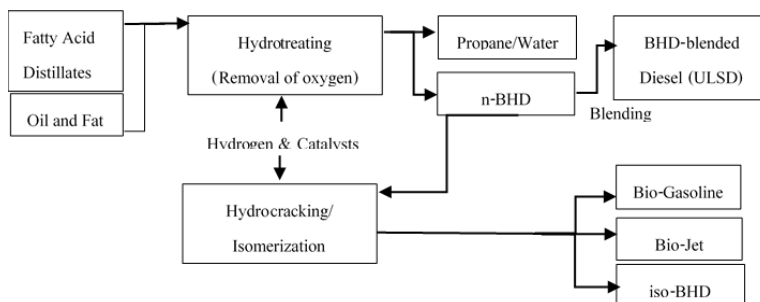


รูปที่ 3 วิธีการเกิดปฏิกิริยาไบโอไฮโดรจิเนตดีเซลในการเปลี่ยนกรดไขมันเป็นน้ำมันดีเซลสังเคราะห์ [14]

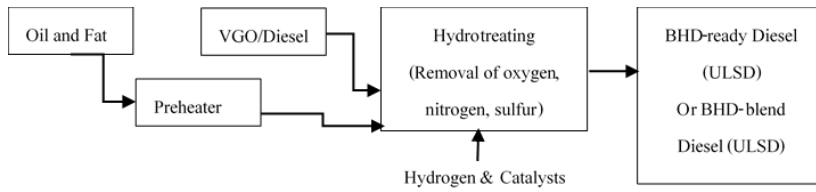
เทคโนโลยีนี้เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพสังเคราะห์เหมือนกับกระบวนการทรานส์เอทธิพีเคชัน แต่ต่างกันตรงที่สารตั้งต้นและสภาวะที่ใช้ทำปฏิกิริยา โดยเทคโนโลยีนี้เป็นการเกิดปฏิกิริยาภายใต้บรรยากาศของไฮโดรเจนที่ความดันและอุณหภูมิสูง โดยอาศัยไฮโดรเจนเข้าช่วยทำปฏิกิริยา แล้วกำจัดโมเลกุลเล็ก ๆ ออก เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และน้ำ น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้มีศักยภาพสูงกว่าในกระบวนการเอสเอทธิพีเคชัน

เนื่องจากในน้ำมันถูกกำจัดออกซิเจนจนหมด ส่งผลให้ค่าซีเทนสูง ปราศจากซัลเฟอร์ การเผาไหม้สมบูรณ์ที่ดีกว่าน้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียม [15]

กระทรวงพลังงานกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกไว้ที่ร้อยละ 25 ของการใช้พลังงานทั้งหมดภายในระยะเวลา 10 ปี (พ.ศ. 2555–2564) [13] ซึ่งแบ่งเทคโนโลยีเป็น BHD-Standalone และ BHD-Co processing แสดงดังรูปที่ 4-5



รูปที่ 4 กระบวนการ BHD-Standalone [16]



รูปที่ 5 กระบวนการ BHD-Co processing [16]

3.5 กระบวนการไพโรไลซิส

ไพโรไลซิสเป็นกระบวนการให้ความร้อนแก่ชีวมวลภายใต้บรรยากาศแบบจำกัดปริมาณออกซิเจน ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ ก๊าซ ของเหลวและของแข็ง น้ำมันไพโรไลซิส หรือน้ำมันดิบชีวภาพ (Bio-crude Oil) คือของเหลวที่ควบแน่นได้ที่อุณหภูมิห้องมีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลคล้ายน้ำมันดิบ ปัจจัยสำคัญในการควบคุมกระบวนการไพโรไลซิส ได้แก่อัตราการให้ความร้อน อุณหภูมิ เวลาในการเกิดปฏิกิริยา เป็นต้น

3.5.1 ประเภทของกระบวนการไพโรไลซิส

ประเภทของกระบวนการไพโรไลซิสโดยใช้เกณฑ์ของเวลาหรืออัตราการเกิดปฏิกิริยา สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ ไพโรไลซิสแบบช้า (Conventional Pyrolysis) เป็นกระบวนการที่ใช้ผลิตภัณฑ์และกระบวนการไพโรไลซิสแบบเร็ว (Fast Pyrolysis) หรือแบบเร็วมาก (Flash Pyrolysis) เป็นเทคนิคที่ให้ปริมาณของเหลวที่มากกว่าเทคนิคอื่น ๆ โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วงร้อยละ 60-70 โดยมวล จึงเป็นเทคนิคที่นิยมนำมาเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของชีวมวลเพื่อผลิตเป็นน้ำมันดิบชีวภาพสามารถสรุปกระบวนการต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ 3 [17]

ตารางที่ 3 ลักษณะของกระบวนการไพโรไลซิส [16-17]

Pyrolysis technology	Residence time	Heating rate	Temp (K)	Product
Carbonization	Days	Very low	~673	Charcoal
Torrefaction	10-60 min	Low	~573	Solid
Fast pyrolysis	0.5-5 s	Very high	~723	Bio-oil
Flast pyrolysis	< 1 s	High	< 723	Bio-oil gas

น้ำมันดิบชีวภาพ (Bio-oil's Properties) น้ำมันดิบชีวภาพที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิส แบบเร็วของสารชีวมวล จะมีสมบัติทางกายแสดงดังตารางที่ 4 ซึ่งพบว่าปริมาณออกซิเจนที่มากกว่าเชื้อเพลิงหนักส่งผลต่อค่าการนำความร้อนและสภาพความมีขี้ของสารที่เป็นองค์ประกอบ มีผลต่อการผสมเข้ากันได้ของ

น้ำมันดิบชีวภาพและเชื้อเพลิงฟอสซิล มีค่าความเป็นกรดสูง (pH≈3) ส่งผลต่อการกัดกร่อนของเครื่องยนต์รวมทั้งปริมาณน้ำที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันดิบชีวภาพ จะทำให้ระยะเวลาในการจุดระเบิดของเครื่องยนต์นานขึ้น และอัตราการเผาไหม้ลดลง [18] ดังนั้นจำเป็นจะต้องมีการปรับปรุงคุณภาพชีวภาพ

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบคุณสมบัติทั่วไปของน้ำมันชีวภาพที่ได้จากเศษไม้และน้ำมันหนัก [18]

Physical Property	Pyrolysis Bio-oil	Heavy fuel oil
Moisture content (wt%)	15-30	0.1
pH	2.5	-
Specific gravity	1.2	0.94
HHV (MJ/kg)	16-19	40
Viscosity at 50°C (cP)	40-400	180
Elemental Composition (wt%)		
C	54-58	85
H	5.5-7.0	11
O	35-40	1
N	0-0.2	0.3

กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันดิบชีวภาพ (Bio Oil Upgrading)

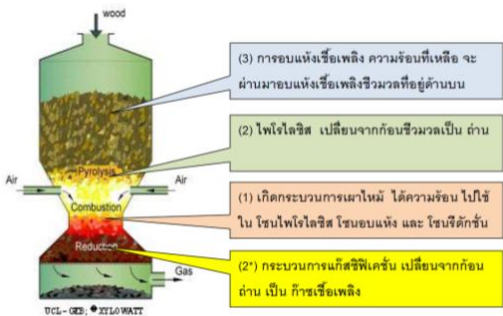
เทคโนโลยีที่นิยมใช้ในปัจจุบันสำหรับการกำจัดออกซิเจนออกจากน้ำมันดิบชีวภาพ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5

กระบวนการกำจัดซัลเฟอร์

กำจัดซัลเฟอร์เป็นเทคโนโลยีการเปลี่ยนรูปชีวมวลให้เป็นพลังงานในรูปแบบก๊าซเชื้อเพลิง หรือ โพรคิวเซอร์-ก๊าซ โดยอาศัยกระบวนการทางเคมีเชิงความร้อนที่จำกัดปริมาณออกซิเจน สำหรับการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางเคมีและกายภาพ ได้แก่ การทำให้แห้ง ไพโรไลซิส การเผาไหม้ และการรีดักชัน ซึ่งเกิดขึ้นภายในเตาปฏิกรณ์ (เตาก๊าซซิฟายเออร์) แบ่งได้ 4 โซน แสดงดังรูปที่ 6

ตารางที่ 5 สรุปเทคโนโลยีที่ใช้กำจัดหมู่ฟังก์ชันของออกซิเจน จากน้ำมันดิบชีวภาพ

Methods	Process condition	Reaction mechanism	Advantages	Disadvantages	Refs.
Esterification with alcohol and mineral acid catalysts	Mild condition	Chemical reactions between acids and alcohols	Applicable to improve oil qualities with low cost	Only address acidity issues	[19-20]
Mild HDO	Mild condition (100-280 °C /low pressure) chemical needed: H ₂ /CO, catalysts (e.g.CoMo, HDS,NiMo, HZSM-5)	Hydrogenation under mild conditions	Reduced hydrogen input, reduced handling cost of stabilized intermediates.	Carbon loss to the gas and solid phase	[21-22]
Catalytic cracking	Severe condition (<350 °C, 100-200 Psi), chemical needed H ₂ /CO or H ₂ donor solvent, catalysts. (e.g.,Ni/Al ₂ O ₃ -TiO ₂)	Crack large molecules in to small molecules through decarboxylation and decarboxylation	No hydrogen input, low cost	Poor fuel quality, high coking	[23-24]



รูปที่ 6 กระบวนการเกิดปฏิกิริยาก๊าซซิฟิเคชันภายในเตาปฏิกรณ์ [25]

ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการก๊าซซิฟิเคชัน

- ขนาดและปริมาณของเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้าไปยังเตาก๊าซซิฟิเคชัน ควรอยู่ในช่วง 20-100 มิลลิลิตร
- อุณหภูมิ ช่วง 500-600°C ใช้น้ำกับคาร์บอนจะทำปฏิกิริยากัน ก่อให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งมีความสำคัญต่อสัดส่วนของไฮโดรเจนในก๊าซเชื้อเพลิงมีค่ามากขึ้น อุณหภูมิ 1,100°C จะทำให้ออกไซด์คาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ [16, 25]
- ปริมาณน้ำ ถ้ามีปริมาณน้ำมากเกินไป น้ำจะกลับเข้าไปทำปฏิกิริยากับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไฮโดรเจน ส่งผลให้ความร้อนของก๊าซชีวมวลที่ได้มีค่าลดลง [16, 25]

4. บทบาทของคาร์บอนเครดิตต่อพลังงานชีวมวล

สำหรับประเทศไทยไม่มีพันธกรณีในการลดก๊าซเรือนกระจก แต่สามารถมีส่วนร่วมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกบนพื้นฐานของความสมัครใจภายใต้กลไกที่เรียกว่า “กลไกการพัฒนาที่สะอาด หรือ CDM

โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (THAILAND VOLUNTARY EMISSION REDUCTION PROGRAM : T-VER) จัดตั้งขึ้นเพื่อกำหนดหลักเกณฑ์และขั้นตอนในการพัฒนาโครงการระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกขึ้นทะเบียน และการรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเรียกว่า คาร์บอนเครดิต “TVERs” สามารถนำไปขายในตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจในประเทศได้

สำหรับพลังงานที่เกิดจากการเปลี่ยนรูปของชีวมวลจาก 4 เทคโนโลยีที่ได้กล่าวมาข้างต้น สรุปหลัก ๆ ได้ดังนี้

- 1) เทคโนโลยีการเผาไหม้ เป็นการเปลี่ยนรูปชีวมวลด้วยความร้อน และความร้อนที่ได้จะถูกนำไปใช้ประโยชน์โดยตรง เป็นการเสียความร้อนครั้งเดียว เพราะชีวมวลจัดเป็นวัสดุที่ใช้คาร์บอนในการเจริญเติบโต จึงจัดว่าการเผาไหม้โดยตรงไม่เป็นการเพิ่มปริมาณคาร์บอนให้ชั้นบรรยากาศ และลดการใช้ไฟฟ้า จึงช่วยทำให้เพิ่มคาร์บอนเครดิต สามารถคำนวณปริมาณคาร์บอนที่ผลิตได้ดังสมการที่ 1 [26]

$$CO_2 = \text{ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้} \times GHG\ E.F \quad (1)$$

โดย ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ หน่วย kWh/kg ผลผลิตถ่าน
GHG EF คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้า เท่ากับ 0.561 kgCO₂e/kWh

- 2) เทคโนโลยีผลิตก๊าซชีวภาพ เป็นการเปลี่ยนรูปชีวมวลโดยผ่านกระบวนการหมัก ได้ผลิตภัณฑ์หลักเป็นก๊าซมีเทน ซึ่งนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตไฟฟ้าและใช้เป็นเชื้อเพลิงหุ้มคัมตามคริวเรอีน จัดได้ว่าเป็นการลด

การใช้คาร์บอนจากปิโตรเลียมเหลว สามารถคำนวณ ปริมาณคาร์บอนที่ลดได้ดังสมการที่ 2 [26]

$$CO_2 = \text{เชื้อเพลิงที่ใช้} \times \text{GHG E.F.} \quad (2)$$

โดย เชื้อเพลิงที่ใช้ หน่วย MJ/kg ผลผลิตภัณฑ์ที่ใช้ GHG EF คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากเผาไหม้เชื้อเพลิงเท่ากับ 0.0561 kg CO₂e/MJ

3) เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากชีวมวล เป็น เทคโนโลยีที่เปลี่ยนรูปชีวมวล เพื่อผลิตเชื้อเพลิงเหลว ไปทดแทนพลังงานจากซากฟอสซิล ดังนั้นปริมาณ การลดการเกิดคาร์บอน จึงสามารถคำนวณได้โดย ใช้สมการที่ (2) เช่นเดียวกับเทคโนโลยีผลิตก๊าซชีวภาพ

4) เทคโนโลยีผลิตพลังงานชีวมวลจากกระบวนการ ก๊าซซิฟิเคชัน เป็นเทคโนโลยีที่ผลิตก๊าซคาร์บอนได- ออกไซด์ และใช้เทคโนโลยีปรับแต่งให้ก๊าซคาร์บอน- ไดออกไซด์เกิดการเรียงตัวเป็น โมเลกุลของสาร ไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลที่ใหญ่ขึ้น จะอยู่ในช่วงของ น้ำมันก๊าซโซลีน ซึ่งจัดเป็นน้ำมันสะอาดไม่ปล่อย คาร์บอนในการเผาไหม้ เพราะถือว่าเป็นแหล่งวัตถุดิบ ให้คาร์บอนเป็นศูนย์ สามารถคำนวณปริมาณคาร์บอน ที่ลดลงได้ตามสมการที่ (2) เช่นกัน

จากสถิติโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดของ ประเทศไทยที่ได้รับการขึ้นทะเบียนจาก CDM และ ได้รับการออกหนังสือรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ ลดได้ (Issuance of CERs) แล้ว จากโครงการกลไกการ พัฒนาที่สะอาดของประเทศไทยที่ได้รับการขึ้นทะเบียน จาก CDM EB แล้วนั้น มีจำนวน 35 โครงการ ซึ่งส่วน ใหญ่เป็นการใช้พลังงานทดแทน เช่นการใช้ก๊าซชีวภาพ การผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล ที่ได้รับการออกหนังสือ

รับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ คิดเป็นปริมาณ ก๊าซ เรือ น กระจก ที่ ลด ได้ 3,525,515 ตัน คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือลดได้คิดเป็นร้อยละ 5.85 ของชีวมวล ร้อยละ 85.61 ของการใช้ก๊าซชีวภาพ และร้อยละ 8.54 ของ อื่นๆ [27]

5. สรุปผล

สถานะโลกร้อนเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ทั่วโลก หันมาสนใจหาแหล่งพลังงานสะอาด โดยเฉพาะ พลังงานสะอาดที่ใช้สำหรับภาคการขนส่ง จำเป็นต้อง เป็นประเภทไฮโดรคาร์บอน และแหล่งที่มีศักยภาพ และมืองค์ประกอบที่สามารถเทียบเคียงเชื้อเพลิง ฟอสซิลได้ คือ เชื้อเพลิงจากชีวมวล เพราะมีสัดส่วน คาร์บอนต่อไฮโดรเจนที่ใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงฟอสซิล แต่มีข้อจำกัดแค่เพียงมีปริมาณออกซิเจนและปริมาณน้ำ ที่มากกว่า ดังนั้นจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีในการกำจัดสาร เหล่านี้ออก ซึ่งเทคโนโลยีที่ใช้เปลี่ยนรูปชีวมวลเพื่อ ผลิตเป็นเชื้อเพลิงสะอาด ได้แก่ กระบวนการไพโรไล- ซิส ซึ่งเป็นกระบวนการนำชีวมวลมาให้ความร้อนใน สภาวะจำกัดปริมาณออกซิเจนได้ผลผลิตเป็นน้ำมันดิบ ชีวภาพ แต่มีสมบัติบางประการที่ยังไม่เหมาะที่จะ นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ จึงต้องใช้กระบวนการไฮโดร- ทริทเมนต์ปรับปรุงและเพิ่มมูลค่าเปลี่ยนน้ำมันชีวภาพ เป็นเชื้อเพลิงสะอาด และกระบวนการนี้สามารถ ใช้ระบบโรงกลั่นเดียวกับเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ โดย ไม่ต้องลงทุนสร้างโรงกลั่นแยก เพื่อกลั่นเชื้อเพลิง ชีวภาพ นอกจากนั้นยังมีเทคโนโลยีก๊าซซิฟิเคชันที่ใช้ การเผาไหม้เปลี่ยนชีวมวลเป็นก๊าซเชื้อเพลิง ซึ่งจัดเป็น เชื้อเพลิงสะอาดให้พลังงานสูง ซึ่งนำไปใช้ใน ภาคอุตสาหกรรมได้ และประเทศไทยก็มีศักยภาพ

เพียงพอในการผลิตชีวมวล เนื่องจากมีพื้นที่ในการปลูกมากเพียงพอ ส่งผลให้มีแหล่งพลังงานทดแทนอย่างยั่งยืน และสามารถลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ เพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตทางการเกษตรที่มีการผันตลาด รวมทั้งยังเป็นการลดการปล่อยคาร์บอน ส่งผลให้ประเทศไทยมีคาร์บอนเครดิตส่งขายเพื่อเป็นกำไรกลับเข้าสู่ประเทศได้อีกทางหนึ่ง

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] C. Tantivasadakarn, “Carbon pricing and the competitiveness of Thai and ASEAN countries”, Available:<https://progreencenter.org/2017/02/02/carbon-pricing-and-competitiveness/>, 28 September, 2017. (in Thai)
- [2] M. Chamsilpa, “Economic analysis of electricity generation technologies. To reduce greenhouse gasemissions”, Available:https://www.kmutt.ac.th/jif/public_html/article_detail.php?ArticleID=157, 24 December 2017. (in Thai)
- [3] <http://www.csrcom.com/news/view/778>, 24 December 2017. (in Thai)
- [4] <http://www.phichitbiopower.com/index.php/th/2014-10-27-17-17-27>, 24 December 2017. (in Thai)
- [5] S. Yokoyama, “Asian Biomass Handbook Guidelines for the production and use of biomass”, The Japan Institute of Energy, Japan. 2008.
- [6] A. Faaij, “Modern Biomass Conversion Technology”, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 11, 2006, pp. 343–375.
- [7] http://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=486, 27 September 2017. (in Thai)
- [8] www.eppo.go.th/engy/Load/ET08.pdf. 2557, 7 October 2017. (in Thai)
- [9] <http://www.siambioenergy.com/bio65/index.php/2012-10-14-08-58-20/2012-10-14-08-59-07/95-2012-10-13-15-27-23>. 7 October 2017. (in Thai)
- [10] Y. Zixu, K. Ajay and L.H. Raymond, “Review of recent developments to improve storage and transportation stability of bio-oil”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 50, 2015, pp. 859–870.
- [11] K. Jinda, W. Keelson and P. Dokmaingam, “Possibility study for water reutilization of the biodiesel refinery in Thailand”, *The Journal of Industrial Technology* 13(1), 2017, pp.72-82.
- [12] <http://www.sti.or.th>, 10 October 2017. (in Thai)
- [13] S. Cheevapruk, P. Triwong, C. Trangsiworakul, C. Poompipatpong and C. Srimanecha, “Evaluation of the alternative energy development plan”, *The Journal of Industrial Technology* 13(1), 2017, pp.16-26.

- [14] G.W. Huber, P.O. Connor and A. Corma, “Processing biomass in conventional oil refineries: Production of high quality diesel by hydrotreating vegetable oils in heavy vacuum oil mixtures”, *Applied Catalysis A: General*, 329, 2007, pp. 120-129.
- [15] http://www.doeb.go.th/knowledge/data/2slide_k_teeraBHD.pdf, 10 October 2017. (in Thai)
- [16] N. Thipayawong, “Biomass conversion technology”, Technology Promotion Association (Thailand-Japan):TPA Publishers, Bangkok, 2010.
- [17] A.V. Bridgwater, “Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading”, *Biomass Bioenergy* 38, 2012, pp. 68–94.
- [18] Q. Zhang, J. Chang, T. Xu and Y. Wang, “Review of biomass pyrolysis oil properties and upgrading research”, *Energy Convers Manag* 48, 2007, pp.87–92.
- [19] P. Weerachanchai, C. Tangsathitkulchai and T. Malee Tangsathitkulchai, “Effect to fraction conditions on the catalytic esterification of bio-oil”, *Korean Journal of Chemical Engineering* 29(2), 2012, pp. 182–189.
- [20] X. Li, R. Gunawan, C. Lievens, Y. Wang, D. Mourant and S. Wang, “Simultaneous catalytic esterification of carboxylic acids and acetalisation of aldehydes in a fast pyrolysis bio-oil from mallee biomass”, *Fuel* 90, 2011, pp. 2530–2537.
- [21] T. Dickerson and J. Soria, “Catalytic fast pyrolysis: a review”, *Energies* 6, 2013, pp. 514–538.
- [22] L. Zhang, R. Liu, R. Yin and Y. Mei, “Upgrading of bio-oil from biomass fast pyrolysis In China: a review”, *Renew Sustain Energy* 24, 2013, pp.66-72.
- [23] Z. Tang, Y. Zhang and Q. Guo, “Catalytic hydrocracking of pyrolytic lignin to liquid fuel in supercritical ethanol”, *Industrial & Engineering Chemistry Research* 49(5), 2010, pp. 2040–2046.
- [24] W. Qu, L. Wei and J. Julson, “An exploration of improving the properties of heavy bio-oil. *Energy Fuels*”, *American Chemical Society* 27, 2013, pp. 4717–4722.
- [25] C. Higman and M. van der Burgt, “Gasification”, Gulf Professional Publishing, Boston, 2003.
- [26] Department of Environmental Quality, “Production Guidelines for Community Products that Receive Carbon Labels”, Available: <https://http://www.ertc.deqp.go.th/ertc/images/stories/user/ct/ERTC20Y/CarbonLabel.pdf>, 24 December 2017.(in Thai)
- [27] V. Wanviseth, “Carbon Credit : Business for RelieveGlobal Warming”, Available : http://library.senate.go.th/document/Ext9395/9395436_0002.PDF, 24 December 2017.(in Thai)