# การวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมัน : กรณีศึกษาตัวอย่างสวนปาล์มน้ำมัน โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และโรงผลิตไบโอดีเซลของประเทศไทย

นางสาวอรุณสุข แสงสอาด

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

# ANALYSIS OF ENERGY CONSUMPTION AND GHG EMISSION IN BIODIESEL (B 100) PRODUCTION FROM OIL PALM : A CASE STUDY OF OIL PALM PLANTATION , CRUSHING MILL AND BIODIESEL PLANT IN THAILAND

Miss Aroonsuk Sangsaard

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Energy and Technology Management

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2012

Copyright of Chulalongkorn University

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมัน : กรณีศึกษาตัวอย่างสวนปาล์มน้ำมัน โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และโรงผลิตไบโอดีเซลของประเทศไทย |
| โดย | นางสาวอรุณสุข แสงสอาด |
| สาขาวิชา | เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก | ดร.สุภวัฒน์ วิวรรธ์ภัทรกิจ |

---

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.อมร เพชรสม)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ดาวัลย์ วิวรรธนะเดช)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ดร.สุภวัฒน์ วิวรรธ์ภัทรกิจ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต ลิ้มมีโชคชัย)

อรุณสุข แสงสอาด : การวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมัน : กรณีศึกษาตัวอย่างสวนปาล์มน้ำมัน โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และโรงผลิตไบโอดีเซลของประเทศไทย. (ANALYSIS OF ENERGY CONSUMPTION AND GHG EMISSION IN BIODIESEL (B100) PRODUCTION FROM OIL PALM : A CASE STUDY OF OIL PALM PLANTATION , CRUSHING MILL AND BIODIESEL PLANT IN THAILAND) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ดร.สุภวัฒน์ วิวรรธ์ภัทรกิจ, 170 หน้า.

การศึกษานี้เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากสวนปาล์มน้ำมัน โรงสกัดน้ำมันปาล์ม และโรงผลิตไบโอดีเซลในจังหวัดตรัง กระบี่ และชุมพร ตั้งแต่การเพาะปลูก กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ จนถึงการผลิตไบโอดีเซล โดยใช้ข้อมูลกิจกรรมการใช้ทรัพยากร พลังงานที่ใช้ และของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตที่พิจารณากิจกรรมเฉลี่ยทั้งปีจากการใช้และการปลดปล่อยภายในสวนปาล์มน้ำมัน โรงสกัดน้ำมันปาล์ม และโรงผลิตไบโอดีเซลเท่านั้น ทั้งนี้ อาศัยวิธีการคำนวณโดยนำค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกคูณกับข้อมูลกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้น พบว่า หากไม่พิจารณาการดูดซับคาร์บอนสุทธิ จะมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสวนปาล์มน้ำมันโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.11 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันทะลายปาล์มน้ำมัน และมีปริมาณการปลดปล่อยเฉลี่ยของโรงสกัดน้ำมันปาล์มจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบเท่ากับ 0.82 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันน้ำมันปาล์มดิบ และโดยเฉลี่ยแล้วการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.10 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อไบโอดีเซล 1 ลิตร แต่หากพิจารณาการดูดซับคาร์บอนสุทธิ จะมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสวนปาล์มน้ำมัน โรงสกัดน้ำมันปาล์ม และโรงผลิตไบโอดีเซลโดยเฉลี่ยเท่ากับ -0.54 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันทะลายปาล์มน้ำมัน -2.88 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันน้ำมันปาล์มดิบ และ -2.29 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อไบโอดีเซล 1 ลิตร ทั้งนี้หากมีการนำของเสียหรือเศษเหลือจากกระบวนการผลิตไปใช้ประโยชน์ใหม่ อาทิ ทางใบปาล์มน้ำมันเพื่อทำปุ๋ย น้ำเสียเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า จะสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงได้

สาขาวิชา เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2555 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

## 5487613920 : MAJOR ENERGY AND TECHNOLOGY MANAGEMENT
KEYWORDS : ENERGY CONSUMPTION / GHG EMISSION / BIODIESEL / OIL PALM

AROONSUK SANGSAARD : ANALYSIS OF ENERGY CONSUMPTION AND GHG EMISSION IN BIODIESEL (B100) PRODUCTION FROM OIL PALM : A CASE STUDY OF OIL PALM PLANTATION , CRUSHING MILL AND BIODIESEL PLANT IN THAILAND. ADVISOR : SUPAWAT VIVANPATARAKIJ, D.Eng., 170 pp.

The biodiesel (B100) production starting from the plantation, crushing mill and biodiesel plant can generate high amount of Greenhouse Gas (GHG) emission which is harmful to the global environment. To reduce the GHG emission, an efficient managing strategy of the entire production process must be introduced. This paper presents a case study of the GHG emission analysis in Trang, Krabi and Chumporn province in 2013. The entire year data of each activity such as amount of energy, fertilizer and herbicides used, main product, residues produced in oil palm plantation, milling and biodiesel plant were analyzed and calculated by the basis of Gate to Gate. The result shows that the production process in the plantation generates the GHG emission which is excluded the net assimilation of oil palm of 0.11 ton $CO_2$e /ton FFB while the GHG emitted from the crushing mill is at 0.82 ton $CO_2$e /ton RPO and from the biodiesel plant is at 1.10 kg $CO_2$e /liter B100. And if the GHG emission which is calculated with the net assimilation of oil palm, the results shows that the plantation, crushing mill and biodiesel plant generates the GHG emission of -0.54 ton $CO_2$e /ton FFB, -2.88 ton $CO_2$e /ton RPO and -2.29 kg $CO_2$e /liter B100, respectively. These calculated values show that the biodiesel production can alleviate the greenhouse effect. If the bio solid residues are used as a mixture for fertilizer and the wastewater is used to produce the biogas to generate electricity, the GHG emission can then be reduced.

Field of Study : Energy and Technology Management Student's Signature ..... Advisor's Signature .....

Academic Year : 2012

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก ดร.สุภวัฒน์ วิวรรธ์ภัทรกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา และตรวจแก้ไข วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จสมบูรณ์ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ดาวัลย์ วิวรรธนะเดช รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต ลิ้มมีโชคชัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์ ที่ให้ความกรุณารับเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึงให้คำปรึกษาและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พรชัย เหลืองอาภาพงศ์ อาจารย์ประจำภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่กรุณาให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ตลอดจนให้ความอนุเคราะห์อำนวยความสะดวกในการรวบรวมข้อมูลตลอดการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณ เกษตรกรเจ้าของสวนปาล์มน้ำมัน จ.ตรัง จ.กระบี่ และ จ.ชุมพร ชุมนุมสหกรณ์ชาวสวนปาล์มน้ำมันกระบี่ จำกัด จ.กระบี่ บริษัท ชุมพรอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม จำกัด จ.ชุมพร และ บริษัท ตรังน้ำมันปาล์ม จำกัด จ.ตรัง รวมถึงบริษัท บี.กริม.กรีน เพาเวอร์ จำกัด จ.ชุมพร ที่กรุณาให้ความสะดวกและความเอื้อเฟื้อสำหรับการบันทึกรวบรวมข้อมูลของสวนปาล์มน้ำมัน โรงสกัดน้ำมันปาล์ม และโรงผลิตไบโอดีเซล ตามลำดับ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี

ขอขอบคุณกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน และบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนวิจัย และทุนสำหรับการเดินทางไปเสนอผลงานทางวิชาการในต่างประเทศ จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่ชาย ที่ให้กำลังใจและ ดร.สกุล พจนารถ ที่ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงเจ้าหน้าที่หลักสูตรเทคโนโลยีและการจัดการพลังงานในการอำนวยความสะดวกด้านการติดต่อประสานงาน และพี่ น้อง เพื่อนๆ บริษัท ผลิตไฟฟ้า จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความช่วยเหลือด้วยดีมาตลอด

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ ..... 1

1.1 ความเป็นมาและที่มาของปัญหา ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ ..... 3

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ..... 3

1.4 ขอบเขตการวิจัย ..... 4

1.5 วิธีการดำเนินงานวิจัย ..... 4

2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ..... 8

2.1 ความรู้พื้นฐานปาล์มน้ำมัน ..... 1

2.2 การประเมินการเกิดก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์ ..... 23

2.3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 35

3 วิธีการดำเนินการวิจัย ..... 56

3.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตงานวิจัย ..... 56

3.2 การจัดทำรายการเก็บรวบรวมข้อมูล ..... 58

3.3 การคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ..... 60

3.4 การวิเคราะห์และรายงานข้อมูล ..... 62

4 ผลการศึกษาวิจัย ..... 64

4.1 การวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานและทรัพยากรในการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) 64

4.2 ข้อเสนอแนะ ..... 77

รายการอ้างอิง ..... 79

หน้า

ภาคผนวก 82
ภาคผนวก ก ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ในงานวิจัย 83
ภาคผนวก ข ภาพการสำรวจพื้นที่และเก็บรวบรวมข้อมูล 90
ภาคผนวก ค แบบสอบถามสำรวจข้อมูล 98
ภาคผนวก ง เอกสารเผยแพร่ผลงานวิทยานิพนธ์ 149
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 170

# สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1-1 แผนผังแสดงระยะเวลาดำเนินการศึกษาวิจัย 6

2-1 ศักยภาพชีวมวลจากปาล์มน้ำมันของประเทศไทย 12

2-2 ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก(Global Warming Potential: GWP) ของก๊าซเรือนกระจกต่างๆ 29

2-3 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบตื้น 33

2-4 การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิจากสวนปาล์มน้ำมัน การใช้เชื้อเพลิงตลอดวงจรชีวิตน้ำมันปาล์มและน้ำเสียการจากการสกัดน้ำมันปาล์ม 38

2-5 แสดงปริมาณการใช้ทรัพยากรต่อตันไบโอดีเซล 38

2-6 แสดงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตน้ำมันปาล์ม จำนวน 12 โรงงานในประเทศมาเลเซีย 41

2-7 แสดงปริมาณและสมดุลคาร์บอนในกระบวนการปลูกและสกัดน้ำมันปาล์มดิบ 46

2-8 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการสวนปาล์ม การขนส่ง และการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ 48

2-9 แสดงพื้นที่ที่เหมาะสมในการทำสวนปาล์มน้ำมัน 32

2-10 แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แยกรายพื้นที่ศึกษา (หน่วย : $kgCO_2e$ / ton production) 32

2-11 แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามประเภทโรงสกัดน้ำมันปาล์ม (หน่วย : $kgCO_2e$ / ton production) 33

2-12 แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามประเภทโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์ม (หน่วย : $kgCO_2e$ / ton production) 33

2-13 แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามประเภทโรงผลิตไบโอดีเซล (หน่วย : $kgCO_2e$ / ton production) 34

3-1 รายการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมันในขั้นตอนการเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน 58

3-2 รายการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมันในขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์ม 59

ตารางที่ หน้า

3-3 รายการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมันในขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน 60
4-1 รายการเข้า-ออก ในกระบวนการทางการเกษตรของสวนปาล์มน้ำมัน 65
4-2 ปริมาณทรัพยากร และพลังงานที่ใช้ในสวนปาล์มน้ำมัน 65
4-3 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสวนปาล์มน้ำมัน (ไม่พิจารณาทางใบ) 66
4-4 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสวนปาล์มน้ำมัน (พิจารณาทางใบ) 68
4-5 รายการเข้า-ออก ในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบและกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (โรงสกัดน้ำมันปาล์ม) 69
4-6 รายการเข้า-ออก ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียและผลิตพลังงานหมุนเวียนในระบบ (โรงสกัดน้ำมันปาล์ม) 69
4-7 แสดงปริมาณทรัพยากร และพลังงานที่ใช้ในโรงสกัดน้ำมันปาล์ม 70
4-8 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงสกัดปาล์มน้ำมัน (ไม่พิจารณาการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ) 72
4-9 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงสกัดปาล์มน้ำมัน (พิจารณาการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ) 73
4-10 รายการเข้า-ออก ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (โรงผลิตไบโอดีเซล) 74
4-11 แสดงปริมาณทรัพยากร และพลังงานที่ใช้ในโรงผลิตไบโอดีเซล 74
4-12 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงผลิตไบโอดีเซล (ไม่พิจารณาการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ) 75
4-13 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงผลิตไบโอดีเซล (พิจารณาการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ) 76
4-14 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากไบโอดีเซลและดีเซล 78
ก-1 ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยแบ่งตามประเภทอุตสาหกรรม 84
ก-2 ค่า $B_o$ ของน้ำเสียจากกระบวนการผลิต 87
ก-3 ค่า MCF ของน้ำเสียจากกระบวนการผลิต 88
ก-4 อัตราการดูดกลืนสุทธิอัตราการสังเคราะห์แสง อัตราการหายใจของปาล์มน้ำมันเทียบกับป่าพาโซล (Pasoh) ของประเทศมาเลเซีย 89

# สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2-1 ผลปาล์มน้ำมัน และส่วนต่างๆ ของผลปาล์มน้ำมัน 9

2-2 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ (Crude palm Oil) 18

2-3 กระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์(Refined Bleached Deodorized Palm Oil) 20

2-4 กระบวนการทรานเอสเทอริฟิเคชั่น 21

2-5 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น แยกรายกิจกรรมของมนุษย์ 25

2-6 แนวทางการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแต่ละกิจกรรมของมนุษย์ 26

2-7 การปล่อย GHG แยกตามก๊าซแต่ละชนิด 28

2-8 แสดงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจก (GHG) 29

2-9 การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมเบื้องต้นจากสวนปาล์มน้ำมันและโรงสกัดน้ำมันปาล์มดิบ ในประเทศอินโดนีเซีย 35

2-10 สมดุลการใช้ทรัพยากรในสวนปาล์มน้ำมันและโรงสกัดน้ำมันปาล์มดิบในประเทศอินโดนีเซีย 36

2-11 แสดงการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวงจรชีวิตการผลิตน้ำมันปาล์มแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์จากที่ดิน 40

2-12 ปริมาณการปลดปล่อย $CO_2$ของกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มโอเลอิน (ton $CO_2$e/ton ROL) 42

2-13 สัดส่วนปริมาณการปล่อย $CO_2$ต่อตันน้ำมันปาล์มดิบ กรณีมีระบบผลิตไบโอแก๊ส 43

2-14 สัดส่วนปริมาณการปล่อย $CO_2$ต่อตันน้ำมันปาล์มดิบ กรณีไม่มีระบบผลิตไบโอแก๊ส 43

2-15 ปัจจัยของการปลดปล่อยคาร์บอนจากสวนปาล์มน้ำมัน 45

2-16 ปริมาณร้อยละของปัจจัยที่ก่อให้เกิดการปลดปล่อยคาร์บอนแยกตามกิจกรรมในสวนปาล์มน้ำมันและโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม 46

3-1 ขอบเขตของระบบการศึกษาวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมัน 57

4-1 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสวนปาล์มน้ำมันและโรงสกัดน้ำมันปาล์ม 76

ข-1 ขณะทำการสำรวจและรวบรวมข้อมูลสวนปาล์มน้ำมัน จ.ตรัง 91

ข-2 ขณะทำการสำรวจและรวบรวมข้อมูลสวนปาล์มน้ำมัน จ.กระบี่ 92

ข-3 ขณะทำการสำรวจและรวบรวมข้อมูลสวนปาล์มน้ำมัน จ.ชุมพร 93

ภาพที่ หน้า

ข-4 ขณะทำการสำรวจและรวบรวมข้อมูลโรงสกัดน้ำมันปาล์ม จ.ตรัง 94
ข-5 ขณะทำการสำรวจและรวบรวมข้อมูลโรงสกัดน้ำมันปาล์ม จ.กระบี่ 95
ข-6 ขณะทำการสำรวจและรวบรวมข้อมูลโรงสกัดน้ำมันปาล์ม จ.ชุมพร 96
ข-7 ขณะทำการสำรวจและรวบรวมข้อมูลโรงผลิตไบโอดีเซล จ.ชุมพร 97
ง-1 ขณะนำเสนอผลงานวิจัยแบบบรรยาย (Oral Presentation) 157
ง-2 ขณะนำเสนอผลงานวิจัยแบบโปสเตอร์ (Poster Presentation) 169

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

จากวิกฤตการณ์ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงและภาวะโลกร้อนที่เกิดขึ้นในขณะนี้ส่งผลให้นานาประเทศทั่วโลกหันมาให้ความสนใจกับการใช้พลังงานทดแทนเชื้อเพลิงจากฟอสซิลกันมากขึ้น ประเทศไทยเป็นอีกประเทศหนึ่งที่รัฐบาลให้ความสนใจในเรื่องนี้อย่างมากโดยมีนโยบายส่งเสริมการผลิตและใช้พลังงานทดแทนทุกรูปแบบที่อาศัยวัตถุดิบซึ่งสามารถผลิตได้เองภายในประเทศ จากหลายปีที่ผ่านมาประเทศไทยมีความต้องการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในปริมาณค่อนข้างสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำมันดีเซลที่มีปริมาณการใช้เฉลี่ย 56.1 ล้านลิตรต่อวัน (ปี 2555) (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน [สนพ.], 2555) และคาดการณ์ว่าจะมีปริมาณการใช้เพิ่มขึ้นอีกในปี พ.ศ. 2556 ประมาณ 57.6 ล้านลิตรต่อวันคิดเป็นสัดส่วนเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.6 (สนพ.,2555)

ไบโอดีเซล (Biodiesel) จัดเป็นพลังงานทดแทนชนิดหนึ่งที่รัฐบาลได้ให้ความสำคัญเนื่องจากสามารถใช้เป็นพลังงานทดแทนน้ำมันดีเซลได้ และผลิตจากวัตถุดิบหลากหลายรูปแบบอาทิ น้ำมันจากพืชน้ำมันชนิดต่าง ๆ เช่น ถั่วเหลือง ทานตะวัน ละหุ่ง ปาล์มน้ำมัน สบู่ดำ เป็นต้น ปาล์มน้ำมัน (Oil Palm) จัดว่าเป็นพืชน้ำมันชนิดหนึ่งที่สามารถให้ผลผลิตน้ำมันต่อไร่สูง เมื่อเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ และมีศักยภาพในการผลิตไบโอดีเซล (พรชัย เหลืองอาภาพงศ์, 2549) น้ำมันปาล์มดิบ (Crude palm Oil : CPO) นั้นผลิตได้จากทะลายปาล์มน้ำมัน (Fresh Fruit Bunch : FFB) ซึ่งเป็นผลผลิตจากต้นปาล์มน้ำมัน (Palm Tree) ประเทศที่มีศักยภาพในการผลิตปาล์มน้ำมัน เช่น อินโดนีเซีย มาเลเซีย และไทย จึงมีการขยายพื้นที่เพาะปลูกอย่างกว้างขวางและรวดเร็ว โดยเฉพาะประเทศไทย ปัจจุบันรัฐบาลโดยกระทรวงพลังงานได้กำหนดเป้าหมายเพิ่มปริมาณการผลิตและใช้ไบโอดีเซลเป็น 5.97 ล้านลิตรต่อวันภายในปี 2564 ซึ่งคาดว่าจะต้องมีการขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลประมาณ 5.5 ล้านไร่ หรือมีการเพิ่มผลผลิตปาล์มน้ำมันให้ได้ 3.2 ตันต่อไร่ต่อปี (มีปริมาณน้ำมัน 18%) (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน [พพ.], 2555)

อย่างไรก็ตาม กระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบนั้น ล้วนเกี่ยวข้องกับการใช้ทรัพยากร และพลังงานในการผลิตทั้งสิ้น เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการเพาะปลูก การบำรุงรักษา การเก็บเกี่ยว การขนส่งผลผลิต การสกัดน้ำมันปาล์ม และการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งขั้นตอนเหล่านี้อาจก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังนั้น เพื่อให้การผลิตไบโอดีเซลของประเทศไทย

เป็นไปอย่างมีศักยภาพและยั่งยืน จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาวิเคราะห์การใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อการผลิตไบโอดีเซล เพื่อให้ทราบถึงปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นอย่างแท้จริง ตั้งแต่ขั้นตอนการเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ ไปจนถึงการผลิตไบโอดีเซล และเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นต่อไป

สำหรับสวนปาล์มน้ำมัน พบว่า มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดจากขั้นตอนการใส่ปุ๋ยคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 80 ของการปลดปล่อยทั้งหมด (Withida Patthanaissaranukool and Chongchin Polprasert, 2011) เนื่องจากต้นปาล์มน้ำมันต้องใช้ปุ๋ยในการเจริญเติบโตและการผลิตทะลายปาล์มน้ำมันที่มีคุณภาพ ตลอดช่วงอายุการให้ผลผลิต (25 ปี) เช่นเดียวกับกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบจากโรงสกัดน้ำมันปาล์มที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกชนิดก๊าซมีเทน ($CH_4$) ในปริมาณมากจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน คิดเป็นสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 95 ของการปลดปล่อยทั้งหมดในโรงงาน (อรัญ หันพงศ์กิตติกูล, มูฮัมหมัด เจ๊ะอามู และฉวีวรรณ มลิวัลย์, 2552) ซึ่งปัจจุบันหลายโรงงานหันมาให้ความสนใจในเรื่องการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกชนิดนี้จากกระบวนการผลิตมากขึ้น โดยการดักเก็บก๊าซมีเทนเพื่อผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ (Biogas)

เนื่องจากพื้นที่ภาคใต้เป็นพื้นที่ที่ตั้งหลักของสวนปาล์มน้ำมันและโรงสกัดน้ำมันปาล์มรายใหญ่จำนวนมาก คิดเป็นสัดส่วนผลผลิตเท่ากับร้อยละ 90 ของผลผลิตทั้งประเทศ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) จึงถือได้ว่ามีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตน้ำมันปาล์มดิบในปริมาณที่สูง และโดยส่วนใหญ่แล้วเกษตรกรหรือเจ้าของสวนปาล์มน้ำมันและเจ้าของโรงสกัดน้ำมันปาล์ม มักจะไม่ทราบว่าสวนปาล์มน้ำมันหรือโรงสกัดน้ำมันปาล์มของตนเองมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศเฉลี่ยประมาณเท่าไรต่อปี จากตัวอย่างของโรงสกัดน้ำมันปาล์มที่มีการบริหารจัดการโรงงานโดยคำนึงถึงสภาพแวดล้อมภายนอก จึงมีการจัดทำระบบบำบัดน้ำเสีย และนำน้ำเสียนั้นไปผ่านกระบวนการเพื่อให้เกิดก๊าซชีวภาพ (Biogas) และนำก๊าซชีวภาพที่ได้ไปผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อใช้ภายในโรงงานทั้งระบบ ซึ่งนอกจากจะเป็นการลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นภายในโรงงานแล้ว ยังสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ และลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของระบบลงได้อีกด้วย

ดังนั้น โครงการวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ โดยใช้วิธีคำนวณโดยอ้างอิงค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ IPCC 2006 (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2008) และขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. (อบก.,2554) เพื่อให้

ได้มาซึ่งปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ โดยแสดงผลให้อยู่ในรูปหน่วยกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อไบโอดีเซล 1 ลิตร หรือ kg $CO_2e$ /liter B100 และเพื่อนำผลที่ได้มาใช้ในการจัดทำแนวทางการศึกษาการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการเพาะปลูกปาล์มน้ำมันจากสวนปาล์มน้ำมัน

1.2.2 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

1.2.3 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงผลิตไบโอดีเซล

1.2.4 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปริมาณโดยรวมของการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตไบโอดีเซล (บี100) ในประเทศไทย

1.2.5 เพื่อศึกษาและจัดทำแนวทางลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตไบโอดีเซล (บี100) จากปาล์มน้ำมันในประเทศไทย

## 1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1.3.1 ได้ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสวนปาล์มน้ำมัน (กรณีศึกษาตัวอย่างสวนปาล์มน้ำมันของประเทศไทย จำนวน 3 แห่ง)

1.3.2 ได้ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม (กรณีศึกษาตัวอย่างโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มของประเทศไทย จำนวน 3 แห่ง)

1.3.3 ได้ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงผลิตไบโอดีเซล (กรณีศึกษาตัวอย่างโรงผลิตไบโอดีเซลของประเทศไทย จำนวน 1 แห่ง)

1.3.4 สามารถเป็นตัวจุดประกายในการขยายผลเพื่อการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่การเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน จนถึงกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมันของประเทศไทยในรายละเอียดเชิงลึกระดับประเทศต่อไปในอนาคต

1.3.5 ได้แนวทางลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมันของประเทศไทย

1.3.6 ใช้เป็นแนวทางสำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานทั้งระบบในกระบวนการตั้งแต่การเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน จนถึงกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมันของประเทศไทย อันจะส่งผลต่อการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุของการเกิดสภาวะโลกร้อน

1.3.7 ใช้เป็นแนวทางพิจารณาสนับสนุนนโยบายการขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเพื่อผลิตพลังงานทดแทน ไบโอดีเซลของประเทศไทยตามนโยบายรัฐบาลที่ได้กำหนดไว้ภายใต้แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ. 2555-2564)

## 1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมัน ประกอบด้วย กระบวนการผลิตจาก

1.4.1.1 สวนปาล์มน้ำมัน

1.4.1.2 โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

1.4.1.3 โรงผลิตไบโอดีเซล (บี 100)

1.4.2 การขนส่งวัตถุดิบจากสวนปาล์มน้ำมันมายังโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และขนส่งมายังโรงผลิตไบโอดีเซล (บี 100) ถือว่าเป็นปริมาณรวมของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคขนส่ง ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตและไม่พิจารณาการใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

1.4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นการพิจารณาข้อมูลจาก Gate to Gate นั่นคือ ไม่พิจารณาการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขั้นตอนการขนส่งได้แก่ ขั้นตอนการขนส่งผลผลิตปาล์มน้ำมัน (Fresh Fruit Bunch : FFB) จากสวนปาล์มน้ำมันไปยังโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และการขนส่งน้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil : CPO) จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มไปยังโรงผลิตไบโอดีเซล

## 1.5 วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะดำเนินการศึกษารวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานและทรัพยากรในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมัน ตั้งแต่การปลูกปาล์มน้ำมันจนถึงกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ และการผลิตไบโอดีเซล (บี100) ซึ่งไม่พิจารณาการใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการขนส่ง โดยเป็นข้อมูลดิบที่ได้

จากพื้นที่จริงในเขตภาคใต้ของประเทศไทย เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกปาล์มน้ำมันเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่

1.5.1 สวนปาล์มน้ำมัน จำนวน 3 แห่ง ได้แก่

1.5.1.1 สวนปาล์มน้ำมัน จังหวัดกระบี่

1.5.1.2 สวนปาล์มน้ำมัน จังหวัดชุมพร

1.5.1.3 สวนปาล์มน้ำมัน จังหวัดตรัง

1.5.2 โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ขนาดกำลังการผลิตไม่น้อยกว่า 45 ตันทะลายปาล์มสด/ชั่วโมงจำนวน 3 แห่ง ได้แก่

1.5.2.1 โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มจังหวัดกระบี่

1.5.2.2 โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม จังหวัดชุมพร

1.5.2.3 โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม จังหวัดตรัง

1.5.3 โรงผลิตไบโอดีเซล จำนวน 1 แห่ง จังหวัดชุมพร

จากนั้นผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์คำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยรวมจากแต่ละกระบวนการ เพื่อให้ได้มาซึ่งปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมัน กรณีศึกษาตัวอย่างสวนปาล์มน้ำมัน โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และโรงผลิตไบโอดีเซลของประเทศไทยโดยอาศัยแนวทางการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) และองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก.

อนึ่ง จากผลการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ประสิทธิภาพการนำของเสียและเศษเหลือจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มกลับมาใช้ใหม่นั้น สามารถช่วยลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกระบวนการดังกล่าวได้ โดยที่เศษเหลือจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มสามารถนำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อป้อนให้แก่โรงงาน รวมถึงการนำไปทำปุ๋ยปรับปรุงดิน เพื่อใช้ในสวนปาล์มน้ำมัน ทำให้สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงได้ (Withida et al., 2011) และงานวิจัยนี้จะสามารถเป็นตัวจุดประกายในการขยายผลเพื่อการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่การเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน จนถึงกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมันของประเทศไทยในรายละเอียดเชิงลึกระดับประเทศต่อไปในอนาคต

1.6 **แผนผังแสดงระยะเวลาดำเนินการศึกษาวิจัย** :

| ปี | ปี 2555 | | | | | | | ปี 2556 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **รายละเอียดการดำเนินงาน** | **มิ.ย.** | **ก.ค.** | **ส.ค.** | **ก.ย.** | **ต.ค.** | **พ.ย.** | **ธ.ค.** | **ม.ค.** | **ก.พ.** | **มี.ค.** | **เม.ย.** | **พ.ค.** | **มิ.ย.** |
| 1.กำหนดหัวข้อที่ต้องการศึกษาเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา พร้อมปรึกษาหารือแนวทางการดำเนินงาน | | | | | | | | | | | | | |
| 2.ศึกษาและรวบรวมข้อมูลการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตรกรรมจากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ ได้แก่ IPCC และ อบก. | | | | | | | | | | | | | |
| 3.ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่กระบวนการเพาะปลูกปาล์มน้ำมันจนถึงกระบวนการเก็บเกี่ยวผลผลิตปาล์มน้ำมัน โดยศึกษาจากตัวอย่างสวนปาล์มน้ำมันในประเทศไทย จำนวน 3 แห่ง ได้แก่ จ.ตรัง จ.กระบี่ และ จ.ชุมพร โดยไม่พิจารณาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน | | | | | | | | | | | | | |
| 4.ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบตั้งแต่ผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมันสดจนถึงการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ(Gate-to-Gate) โดยไม่พิจารณาขั้นตอนการขนส่ง ซึ่งศึกษาจากตัวอย่างโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มในประเทศไทย จำนวน 3 แห่ง ขนาดกำลังการผลิต 45 ตันทะลายปาล์มสด/ชั่วโมง | | | | | | | | | | | | | |
| 5.ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลกระบวนการผลิตไบโอดีเซลตั้งแต่หน้าโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มจนถึงโรงผลิตไบโอดีเซล (Gate-to-Gate) โดยไม่พิจารณาขั้นตอนการขนส่ง โดยศึกษาจากตัวอย่างโรงงานผลิตไบโอดีเซล จำนวน 1 แห่ง จังหวัดชุมพร | | | | | | | | | | | | | |

| ปี | ปี 2555 | | | | | | | ปี 2556 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **รายละเอียดการดำเนินงาน** | **มิ.ย.** | **ก.ค.** | **ส.ค.** | **ก.ย.** | **ต.ค.** | **พ.ย.** | **ธ.ค.** | **ม.ค.** | **ก.พ.** | **มี.ค.** | **เม.ย.** | **พ.ค.** | **มิ.ย.** |
| 6.วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากข้อ 3. 4. และ 5. โดยอาศัยข้อมูลเฉลี่ย เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์คำนวณปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แท้จริงต่อการผลิตไบโอดีเซล(บี 100) จากปาล์มน้ำมัน : กรณีศึกษาตัวอย่างสวนปาล์มน้ำมัน โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และโรงผลิตไบโอดีเซลของประเทศไทย | | | | | | | | | | | | | |
| 7.สรุปปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากข้อมูลเฉลี่ยที่ได้กับข้อมูลการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน การสกัดน้ำมันปาล์มดิบ การผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมัน (กรณีศึกษาตัวอย่างสวนปาล์มน้ำมัน โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และโรงผลิตไบโอดีเซลของประเทศไทย) | | | | | | | | | | | | | |
| 8.ตีพิมพ์ผลการศึกษาวิจัยและเผยแพร่ | | | | | | | | | | | | | |
| 9.จัดทำรายงานสรุปการวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมัน (กรณีศึกษาตัวอย่างสวนปาล์มน้ำมัน โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และโรงผลิตไบโอดีเซลของประเทศไทย) และแนวทางลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกฯ พร้อมนำส่งรายงานวิจัยเพื่อทราบแก่บุคคลที่รับผิดชอบหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องของสถานที่ศึกษาวิจัย | | | | | | | | | | | | | |
| 10.จัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย | | | | | | | | | | | | | |

# บทที่ 2
# ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ความรู้พื้นฐานปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมัน เป็นพืชน้ำมันยืนต้นขนาดใหญ่ที่โดยทั่วไปแล้ว จากลักษณะทางชีววิทยาปาล์มน้ำมันอาจมีอายุยาวนานกว่า 200 ปี แต่ในการเพาะปลูกเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ได้ผลตอบแทนคุ้มค่า ปาล์มน้ำมันจะมีอายุการเพาะปลูกในสวนประมาณ 20-25 ปี โดยที่ปาล์มน้ำมันจะเริ่มให้ผลผลิตหลังจากปลูกลงในแปลง 32-38 เดือนขึ้นไป ผลิตผลหลักที่ได้จากปาล์มน้ำมันก็คือ น้ำมันปาล์ม ซึ่งปาล์มน้ำมันจัดเป็นพืชที่ให้ผลผลิตน้ำมันต่อไร่สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ น้ำมันที่ได้จากผลปาล์มน้ำมันสามารถนำไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในชีวิตประจำวันของมนุษย์ทั้งการบริโภคและอุปโภคกว่า 2,300 ชนิด น้ำมันที่ได้จากผลปาล์มน้ำมันจัดเป็นน้ำมันที่มีคุณสมบัติทางเคมีดีที่สุดประเภทหนึ่ง ปาล์มน้ำมันจึงเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศและของโลก

### 2.1.1 การจำแนกตามอนุกรมวิธาน

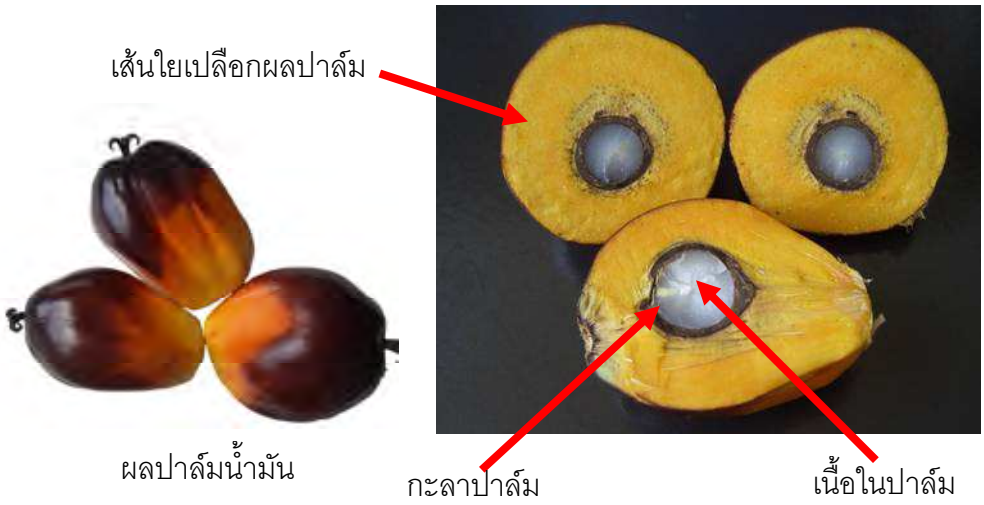
ปาล์มน้ำมันที่พบอยู่ทั่วไปมีมากมายหลายชนิด แต่ปาล์มน้ำมันที่ปลูกเป็นการค้าเป็นปาล์มน้ำมันพันธุ์อัฟริกัน (African Oil Palm) ซึ่งจะถูกจัดตามอนุกรมวิธาน ดังนี้

| | |
|---|---|
| ชั้น: | Angiospermae |
| ชั้นย่อย: | Monocotyledon |
| อันดับ: | Palmae |
| วงศ์ย่อย : | Cocoides |
| สกุล : | Elaeis |
| ชนิด : | Guineensis |
| ชื่อวิทยาศาสตร์ : | *Elaeis guineensis* Jacq. |

### 2.1.2 การใช้ประโยชน์จากปาล์มน้ำมัน

เมื่อปลูกปาล์มน้ำมันลงในแปลงปลูกหรือสวนเป็นเวลา 32-38 เดือน จึงจะเริ่มเก็บผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมันได้ โดยที่ทะลายปาล์มน้ำมันก็คือผลของปาล์มน้ำมันที่เป็นช่อดอกตัวเมียและได้รับการผสมจากเกสรตัวผู้ไปแล้ว 5½-6 เดือน ทะลายของปาล์มน้ำมัน ผลของปาล์มน้ำมัน หรือที่เรียกว่า ลูกปาล์ม นั้น จะมีขนาดแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับ พันธุ์ อายุ ความสมบูรณ์ และการจัดการบำรุงรักษา

น้ำมันที่ได้จากผลปาล์มน้ำมันนั้น จะมาจากส่วนของชั้นเปลือกที่เรียกว่า เส้นใยเปลือกผลปาล์ม และชั้นเนื้อในที่เรียกว่า เนื้อในปาล์ม น้ำมันจากส่วนเปลือกและส่วนเนื้อในจะมีคุณสมบัติแตกต่างกัน การนำไปใช้ประโยชน์ก็จะแตกต่างกัน




**ภาพที่** 2-1 ผลปาล์มน้ำมัน และส่วนต่างๆของผลปาล์มน้ำมัน

น้ำมันที่สกัดได้จากส่วนต่างๆของผลปาล์มน้ำมันนั้น สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ทั้งการบริโภคและอุปโภคหลากหลาย โดยมีการใช้หลักๆ ดังนี้

- ใช้ทำน้ำมันพืช
- ใช้ทำสบู่
- ใช้ในอุตสาหกรรมของว่างและขนมขบเคี้ยว
- ใช้ในอุตสาหกรรมบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป
- ใช้ทำครีมเทียม
- ใช้ทำนมข้นหวานและนมข้นจืด
- ใช้ทำเนยขาวและเนยเทียม
- ใช้ทำน้ำมันไบโอดีเซล
- ใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติก
- ใช้ทำเครื่องสำอาง
- ใช้ทำส่วนผสมน้ำมันหล่อลื่น
- ใช้ทำส่วนผสมยางรถยนต์
- อื่น ๆ

คุณสมบัติของน้ำมันปาล์มที่ดีนั้นสามารนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆกัน น้ำมันในส่วนของเปลือก (Mesocarp) มีปริมาณร้อยละ 45-55 ของชั้นเปลือก มีสีเหลืองสดจนถึงสีส้มแดง ขึ้นอยู่กับพันธุ์ น้ำมันปาล์มมีจุดหลอมเหลว 25-50 องศาเซลเซียส น้ำมันปาล์มมีกรดปาล์มมิติก กรดโอเลอิก และกรดไลโนเลอิก โดยที่น้ำมันปาล์มจากส่วนของเปลือกจะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated) สูงกว่าน้ำมันในส่วนของเนื้อใน (Palm Kernel Oil) และน้ำมันจากมะพร้าว (Coconut Oil) ซึ่งน้ำมันที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated) และอิ่มตัว (Saturated) มีความแตกต่างกันอยู่ที่ความสามารถในการรวมตัวกับไฮโดรเจน ในวงการแพทย์ให้การยอมรับว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวมีประโยชน์ต่อร่างกายมากกว่ากรดไขมันอิ่มตัว น้ำมันปาล์มจากส่วนของเปลือกจึงถูกใช้ในกิจการต่างๆ นอกจากการทำน้ำมันพืชและเนยเทียมยังใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมดีบุก น้ำมันหล่อลื่น อุตสาหกรรมสิ่งทอ และอุตสาหกรรมยางพารา ส่วนน้ำมันที่สกัดจากเนื้อในเรียกว่า Palm Kernel Oil

โดยปกติผลปาล์มน้ำมันจะมีปริมาณน้ำมันร้อยละ 50 ของน้ำหนักของเนื้อในปาล์มซึ่งเนื้อในปาล์มก็คือ เอ็นโดสเปิร์มของเมล็ดปาล์มน้ำมันนั่นเอง น้ำมันจากเนื้อในนี้มีคุณสมบัติหรือองค์ประกอบใกล้เคียงกับน้ำมันมะพร้าว โดยมีกรดไขมันอิ่มตัว ได้แก่ กรดลอริกซึ่งกรดชนิดนี้จะแข็งตัวในอุณหภูมิปกติ น้ำมันจากเนื้อในไม่มีสี หรืออาจมีสีขาว หรือสีเหลืองอ่อน สามารถนำไปใช้ทำไอศครีม มายองเนส และรวมทั้งสบู่และผงซักฟอก กากที่เหลือจากการสกัดน้ำมันในส่วนของเนื้อในที่มีน้ำมันเหลืออยู่ประมาณร้อยละ 5-8 สามารถนำไปทำเป็นอาหารสัตว์

การใช้ประโยชน์จากปาล์มน้ำมันในส่วนอื่น ได้แก่ น้ำตาลที่เกิดจากการตัดช่อดอกตัวผู้ สามารถนำไปทำไวน์ ทะลายปาล์มเปล่าจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม สามารถนำไปทำเป็นวัสดุเพาะเห็ดและทำปุ๋ย หรือวัสดุคลุมดินในสวน ส่วนของใบและทางใบ นำไปทำวัสดุในบ้านได้ ส่วนของเถ้าใช้ทำสบู่

น้ำมันปาล์ม จัดเป็นน้ำมันที่มีสารแคโรทีน (Carotene) สูง ซึ่งสามารถใช้แทนน้ำมันตับปลา เพื่อเพิ่มวิตามินเอได้ ในผลปาล์มน้ำมันสด 100 กรัม จะมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ ให้พลังงาน 540 แคลอรี น้ำ 26.2 กรัม โปรตีน (Protein) 1.9 กรัม ไขมัน (Fat) 58.4 กรัม คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) 12.5 กรัม กากใย (Fiber) 3.2 กรัม เถ้า (Ash) 1.0 กรัม แคลเซียม (Ca) 82 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส (P) 47 มิลลิกรัม เหล็ก (Fe) 4.5 มิลลิกรัม เบต้า-แคโรทีน (Beta-Carotene) 42,420 ไมโครกรัม ไทอะมีน (Thiamin) 0.20 มิลลิกรัม ไรโบฟลาวิน (Riboflavin) 0.10 มิลลิกรัม ไนอะซิน (Niacin)1.4 มิลลิกรัม และ กรดแอสคอร์บิก (Ascorbic Acid) 12 มิลลิกรัม

การใช้น้ำมันปาล์มมีความต้องการของตลาดในปัจจุบันและอนาคตที่มากขึ้นอย่างหนึ่ง ก็คือ การใช้ทำไบโอดีเซล ซึ่งจากการศึกษาวิจัยพบว่า น้ำมันปาล์มจัดเป็นแหล่งวัตถุดิบที่มีศักยภาพในการใช้ทำพลังงานทดแทนไบโอดีเซลมากที่สุด

การปลูกปาล์มน้ำมันและนำผลผลิตส่งโรงงานสกัดน้ำมันเพื่อให้ได้มาซึ่งน้ำมันปาล์มสำหรับนำไปใช้ประโยชน์ต่าง ๆ แล้ว ผลพลอยได้จากปาล์มน้ำมันยังมีอีกหลายอย่าง ได้แก่

2.1.2.1 ทะลายปาล์มน้ำมัน

ทะลายปาล์มน้ำมันเป็นส่วนที่เหลือจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มในโรงงาน ซึ่งยังมีองค์ประกอบของธาตุอาหารและกากใยจำนวนมาก จึงสามารถนำกลับไปใช้ประโยชน์ในสวนปาล์มน้ำมัน โดยการนำไปคลุมโคนต้น อันจะเป็นการหมุนเวียนธาตุอาหารกลับสู่ต้นปาล์มน้ำมัน และยังเป็นการรักษาความชื้นให้กับดิน อีกทั้งยังเป็นการควบคุมวัชพืชรอบโคนต้นปาล์มน้ำมันอีกด้วย

ทะลายปาล์มน้ำมันเปล่านี้ ยังสามารถนำไปใช้ในการเพาะเห็ดทั้งในสวนปาล์มน้ำมันและนอกสวนปาล์มน้ำมัน และใช้ในการเกษตรอื่นๆ

2.1.2.2 กากใยจากส่วนเปลือก

กากใยจากส่วนเปลือกเป็นส่วนของเปลือก (Mesocarp) ที่เหลือจากขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์มในโรงงาน ส่วนนี้สามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้กับพืชทั่วไป สามารถใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ และใช้เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานในหม้อไอน้ำ (Boiler) ซึ่งถือว่าเป็นพลังงานในโรงงานที่ไม่ต้องพึ่งพาพลังงานจากภายนอกเลย

2.1.2.3 กะลาปาล์มน้ำมัน

กะลาปาล์มน้ำมันเป็นส่วนของชั้นกะลา (Shell) ที่เหลือจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มซึ่งได้จากการกะเทาะเปลือกออกมา โดยที่ส่วนของกะลาสามารถนำไปใช้ทำเป็นเชื้อเพลิงโรงงานในหม้อไอน้ำ (Boiler) เช่นเดียวกับส่วนของกากใยปาล์มน้ำมัน ซึ่งพลังงานความร้อนของกะลาปาล์มน้ำมันนี้จะมีประมาณครึ่งหนึ่งของพลังงานถ่านหิน

ส่วนของกะลาปาล์มน้ำมันนี้ เป็นส่วนที่มีคุณสมบัติดีเยี่ยม จึงอาจนำไปใช้ทำถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) ที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ และวงการแพทย์อีกมากมาย ได้แก่

- ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำตาลเพื่อการฟอกสีและทำให้น้ำตาลดิบบริสุทธิ์ขึ้น
- ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันและไขมันสำหรับบริโภค
- ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อดูดกลิ่นและฟอกสีของผลิตภัณฑ์อาหาร
- ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์

- ใช้ในอุตสาหกรรมเคมีและยา
- ใช้ในอุตสาหกรรมการทำน้ำให้บริสุทธิ์
- ใช้ในอุตสาหกรรมการแยกสารที่ต้องการ
- ใช้ในขบวนการที่มีการใช้สารเร่ง (Catalytic Process)
- ใช้ทำหน้ากากป้องกันแก๊สพิษ
- ใช้ในการนำไอระเหยของตัวทำละลายที่แล้วกลับมาใช้ใหม่
- ใช้ในอุตสาหกรรมปรับอากาศ
- ใช้ในอุตสาหกรรมบุหรี่

2.1.2.4 ทางใบปาล์มน้ำมัน

ทางใบปาล์มน้ำมันเป็นเศษเหลือจากสวนปาล์มน้ำมันที่มีปริมาณมากในรอบปีเพาะปลูก เนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีการผลิตทางใบประมาณ 24 ทางใบต่อต้นต่อปีขึ้นไป ทั้งนี้ เจ้าของสวนปาล์มน้ำมันจำเป็นต้องทำการตัดแต่ง (Frond Pruning) ซึ่งส่วนของทางใบนี้สามารถนำไปทำปุ๋ย ใช้คลุมหน้าดินเพื่อเพิ่มความชื้นให้กับดิน ควบคุมวัชพืช หรืออาจนำส่วนของทางใบไปทำอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ ได้

2.1.2.5 ต้นปาล์มน้ำมันเก่า

ต้นปาล์มน้ำมันเก่าเป็นต้นปาล์มน้ำมันที่มีอายุครบการปลูกใหม่ สามารถนำไปทำเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass) สูงมาก หรืออาจนำไปทำปุ๋ยอินทรีย์ ใช้ทำวัสดุปลูก และใช้คลุมผิวดิน

**ตารางที่** 2-1 ศักยภาพชีวมวลจากปาล์มน้ำมันของประเทศไทย

| **ชนิด** | **ชีวมวล** | **ค่าความร้อน** | **ศักยภาพพลังงาน** | |
|---|---|---|---|---|
| | | **(MJ/kg)** | **TJ** | **ktoe** |
| ปาล์มน้ำมัน | ทะลายปาล์ม | 17.86 | 18,304.15 | 433.29 |
| | เส้นใย | 17.62 | 2,871.53 | 67.97 |
| | กะลาปาล์ม | 18.46 | 719.18 | 17.02 |
| | ก้านทางใบ | 9.83 | 21,824.24 | 516.62 |

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2554

**2.1.3 ขั้นตอนการปลูกปาล์มน้ำมัน**

การปลูกปาล์มน้ำมัน มีขั้นตอนหลายขั้นตอนตั้งแต่เริ่มการคัดเลือกต้นแม่พันธุ์แล้วทำการผสมพันธุ์ จนถึงกระบวนการสกัด การกลั่นน้ำมันบริสุทธิ์ และการแปรรูปน้ำมันปาล์ม

2.1.3.1 การผสมพันธุ์

การผสมพันธุ์เป็นการจัดการและดำเนินการโดยแหล่งผลิตพันธุ์ปาล์มน้ำมัน ซึ่งอาจเป็นหน่วยงานราชการ องค์กร หรือบริษัทเอกชน การผสมพันธุ์นั้นจะใช้ต้นแม่พันธุ์และพ่อพันธุ์ผสมกัน ใช้เวลาหลังจากผสมแล้ว 5½-6 เดือนขึ้นไป ก็สามารถเก็บทะลายที่ได้รับการผสมมาแยกส่วนของเมล็ดออกมา เมล็ดปาล์มน้ำมันก็จะเข้าสู่กระบวนการทำให้งอกโดยการเพาะต่อไป

2.1.3.2 การเพาะเมล็ดให้งอก

การเพาะเมล็ดให้งอกเป็นกระบวนการที่ใช้ระยะเวลาอีกประมาณ 3-4 เดือน โดยกระบวนการต่างๆ ที่เรียกว่า กระบวนการใช้ความร้อนแห้ง (Dry Heat Method) ต่อจากนั้นเมล็ดก็จะงอก (Germinated Seed) โดยจะมีส่วนของยอดอ่อนและรากอ่อนโผล่ออกมา เมล็ดเริ่มงอกนี้จะนำไปสู่กระบวนการเพาะเลี้ยงในแปลงเพาะต่อไป

2.1.3.3 การเพาะในแปลงเพาะ

เป็นกระบวนการที่ใช้ระยะเวลาอีกอย่างน้อย 12-14 เดือน ขั้นตอนนี้เป็นการนำเอาเมล็ดที่เริ่มงอก (Germinated Seed) มาเพาะเลี้ยงต่อ การเพาะในแปลงเพาะนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ

(1) การเพาะต้นกล้าปาล์มน้ำมันในระยะอนุบาลแรก (Pre-nursery)

(2) การเพาะต้นกล้าปาล์มน้ำมันในระยะอนุบาลหลัก (Main Nursery)

ในแปลงเพาะระยะแรกนี้อาจมีการเพาะเลี้ยงเมล็ดในกระบะทรายหรือเพาะในถุงพลาสติกขนาดเล็ก

(1) แปลงเพาะกระบะทราย

(2) แปลงเพาะถุงพลาสติกขนาดเล็ก

การเพาะเลี้ยงต้นอ่อนจนเป็นต้นกล้าอายุ 2-3 เดือน ในแปลงเพาะระยะแรกในกระบะทรายหรือในถุงพลาสติกขนาดเล็กนั้น เมื่อถึงระยะที่มีต้นกล้ามีใบจริง 2-3 ใบขึ้นไปก็นำมาย้ายปลูกลงในถุงพลาสติกขนาดใหญ่ (Main Nursery) การเพาะเลี้ยงถุงพลาสติกขนาดใหญ่นี้ จะใช้เวลาอีกประมาณ 8-12 เดือน

การเพาะเลี้ยงต้นอ่อนต้นกล้าในระยะแปลงเพาะนี้ บางกรณีอาจใช้ระยะแปลงเพาะระยะหลังเพียงครั้งเดียว ซึ่งเป็นการใช้ถุงพลาสติกขนาดใหญ่ครั้งเดียว การเพาะเลี้ยง

ต้นกล้ารวมระยะเวลาประมาณ 12-14 เดือน จนต้นกล้าสูง 1.0-1.5 เมตร ก็พร้อมย้ายปลูกในแปลงปลูกหรือสวนปาล์มน้ำมันต่อไป

2.1.3.4 การปลูก

เมื่อเตรียมพื้นที่เรียบร้อยและได้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่มีความสูง 1.0-1.5 เมตร จึงทำการขนย้ายไปปลูกในแปลงปลูกหรือสวนปาล์มน้ำมัน

ในขั้นตอนนี้ จะต้องมีการเตรียมพื้นที่ให้เรียบร้อย เช่น การบุกเบิกพื้นที่ การตัดถนน ทำทางระบายน้ำ การวางแนวกำหนดระยะปลูก และการปลูกพืชคลุมดิน

การปลูกปาล์มน้ำมันในแปลงปลูกนี้จะมีขั้นตอนการปฏิบัติบำรุงรักษาที่แตกต่างกัน จึงมีการแบ่งสวนปาล์มน้ำมันออกเป็น 2 ช่วงระยะ คือ

(1) แปลงปลูกในระยะ 3 ปีแรกที่ยังไม่ให้ผลผลิต (Immature)

(2) แปลงปลูกในระยะหลังจาก 3 ปีที่ให้ผลผลิตแล้ว (Mature)

การปลูกในแปลงปลูกเกิน 3 ปีไปแล้ว จึงจะเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตได้

2.1.3.5 เก็บเกี่ยวผลผลิต

เมื่อผลปาล์มน้ำมันได้รับการผสมจากเกสรตัวผู้แล้ว 5½-6 เดือน ก็จะสุกสามารถเก็บเกี่ยวได้ ผลสุกของปาล์มน้ำมันในทะลายนั้นจะสังเกตได้จากสีและการร่วงของผลปาล์มน้ำมันบางผลในทะลาย เมื่อเก็บเกี่ยวแล้ว จะต้องรีบนำทะลายสดปาล์มน้ำมัน (FFB : Fresh Fruit Bunch) ส่งโรงงานภายใน 24 ชั่วโมง

2.1.3.6 สกัดน้ำมันปาล์ม

เมื่อผลสดปาล์มน้ำมันในทะลาย (FFB : Fresh Fruit Bunch) ถูกส่งถึงโรงงานก็จะเข้าสู่กระบวนการสกัดน้ำมัน น้ำมันจะถูกสกัดจากชั้นของเปลือก (Mesocarp) เรียกว่า Palm Oil ซึ่งเป็นน้ำมันปาล์มดิบ (CPO : Crude Palm Oil) ต่อจากนั้นจะกะเทาะกะลาให้เหลือแต่เนื้อในที่เป็น Kernel ซึ่งโรงงานสกัดน้ำมันจะส่งต่อไปยังโรงงานสกัดน้ำมันจากเนื้อใน (Kernel) ต่อไป

2.1.3.7 สกัดน้ำมันจากเนื้อในปาล์ม

เป็นโรงงานที่สกัดน้ำมันจากส่วนของเนื้อใน (Kernel) ซึ่งส่งต่อมาจากโรงงานสกัดน้ำมันเบื้องต้น น้ำมันที่ได้จากชั้นเนื้อในเรียกว่า Palm Kernel Oil

2.1.3.8 กลั่นน้ำมันบริสุทธิ์

เป็นโรงงานที่กลั่นน้ำมันปาล์มดิบให้บริสุทธิ์ จนได้น้ำมันที่เรียกว่าน้ำมัน RBD ในรูปของ RBD Palm Oil และ RBD Palm Kernel Oil

2.1.3.9 แปรรูป

เป็นกระบวนการที่โรงงานแปรรูปต่างๆ ที่นำน้ำมัน RBD Palm Oil และ RBD Palm Kernel Oil จากโรงงานกลั่นน้ำมันบริสุทธิ์มาแปรรูปโดยจะแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์บริโภคและอุปโภคต่อไป

**2.1.4 ขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์มจากโรงงาน**

ขั้นตอนกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil) สามารถสรุปได้ดังนี้ (พรชัย เหลืองอาภาพงศ์, 2549)

2.1.4.1 ขนส่งทะลายสดปาล์มน้ำมัน (FFB : Fresh Fruit Bunch)

ทะลายสดปาล์มน้ำมันเป็นผลผลิตปาล์มน้ำมันที่ถูกนำส่งโรงงานสกัดน้ำมัน การรับซื้อของโรงงานจะรับซื้อทั้งทะลาย แต่ต้องมีมาตรฐานการเก็บเกี่ยวและส่งโรงงานตามข้อตกลงของโรงงาน ข้อสำคัญของการส่งทะลายสดปาล์มน้ำมัน คือ ต้องรีบนำส่งโรงงานให้เร็วที่สุดภายหลังการเก็บเกี่ยวลงจากต้น เพราะจะก่อให้เกิดกระบวนการที่เอนไซม์ชนิดหนึ่งทำให้น้ำมันปาล์มมีกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid) ซึ่งถือเป็นกรดในน้ำมันปาล์มที่ไม่มีคุณภาพ การส่งทะลายปาล์มน้ำมันสดเข้าโรงงานจะส่งทั้งผลผลิตปาล์มน้ำมันทั้งทะลาย ผสมกับส่วนของผลร่วงที่เก็บมารวมกันในรถบรรทุกส่งโรงงานเพื่อทำการสกัดในขั้นตอนต่อไป

เมื่อผลผลิตถูกส่งถึงโรงงานจะถูกชั่งน้ำหนัก เนื่องจากราคาทะลายปาล์มน้ำมันถูกกำหนดตามกลไกตลาด ณ วันนั้น โดยแปรปรวนตามคุณภาพของทะลาย ความสุกแก่ของผลปาล์มน้ำมันรวมทั้งการเก็บเกี่ยวและนำส่งโรงงาน ทั้งนี้ ราคาซื้อขายทะลายปาล์มน้ำมันสดยังอาจขึ้นอยู่กับสวนที่นำมาส่งด้วย โดยที่โรงงานจะมีข้อมูลของสวนที่นำมาส่งนั้นเป็นประจำ

ผลปาล์มน้ำมันในลักษณะของทะลายสดและผลร่วงจะถูกเทรวมลงในตู้ที่มีรางเลื่อนเข้าสู่ขั้นตอนตามลำดับของโรงงานต่อไป การที่ทางโรงงานรับทะลายปาล์มน้ำมันสดแล้วจะถูกนำเข้าขั้นตอนต่อไปโดยเร็ว เนื่องจากหากดำเนินการล่าช้าจะทำให้คุณภาพน้ำมันในผลปาล์มน้ำมันลดลงเช่นเดียวกันซึ่งในการศึกษาวิจัยนี้จะไม่นำขั้นตอนการขนส่งมาพิจารณา

2.1.4.2 อบไอน้ำความดัน

เป็นกระบวนการที่นำทะลายสดปาล์มน้ำมันเข้าไปอบด้วยความร้อนและความดัน ซึ่งจะใช้อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส ความดันไอน้ำ (Stream Pressure) 2.4-3.4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในเวลา 60-70 นาที

การอบความดันและความร้อนทะลายปาล์มน้ำมันสด เป็นกระบวนการที่ทำเพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ ดังนี้

- เป็นการยับยั้งกระบวนการที่จะทำให้เกิดกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid) ในผลปาล์มน้ำมัน
- เป็นการทำให้ผลปาล์มน้ำมันหลุดร่วงออกมาจากทะลายได้ง่ายเพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป
- ทำให้ชั้นเปลือกนุ่มเพื่อความสะดวกในการหีบน้ำมัน
- ช่วยทำให้การกะเทาะเมล็ดออกจากเนื้อในสะดวกง่ายขึ้น
- ช่วยให้การสกัดแยกน้ำออกจากผลปาล์มน้ำมันได้ง่าย
- เป็นการลดปริมาณน้ำออกจากผลปาล์มน้ำมัน

การอบไอน้ำและความดันของทะลายสดปาล์มน้ำมันนี้ หากใช้เวลานานเกินไปจะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมันปาล์มได้ โดยทั่วไปแล้วการอบความดันและความร้อนตามเวลาที่กำหนดมาตรฐานก็จะมีโอกาสสูญเสียน้ำมันประมาณร้อยละ 3 ในขณะเดียวกันการอบความร้อนและความดันในระยะที่สั้นไปก็จะทำให้ผลปาล์มน้ำมันจำนวนหนึ่งไม่สามารถหลุดจากทะลายในขั้นตอนแยกผลปาล์มน้ำมัน

2.1.4.3 แยกผลปาล์มออกจากทะลาย

กระบวนการนี้จะถูกเข้าเครื่องนวด (Stripping) ซึ่งเครื่องจะทำหน้าที่แยกผลปาล์มน้ำมันออกจากทะลาย ซึ่งจะทำให้ผลปาล์มน้ำมันและทะลายปาล์มน้ำมันเปล่าแยกออกจากกัน ส่วนของผลปาล์มน้ำมันจะถูกส่งต่อไปยังขั้นตอนการย่อยผลและส่วนของทะลายปาล์มน้ำมันจะถูกนำไปเผา หรือนำไปใช้ในสวนปาล์มน้ำมันคือนำไปใช้คลุมโคนต้น จากผลการวิเคราะห์ทะลายปาล์มเปล่าพบว่ามีแร่ธาตุหลายอย่าง โดยเฉพาะธาตุโพแทสเซียม ซึ่งอาจมีสูงถึงร้อยละ 30-35 โดยน้ำหนัก และธาตุแมกนีเซียมประมาณร้อยละ 3-5 โดยน้ำหนัก

2.1.4.4 ย่อยผลปาล์มน้ำมัน

เป็นการย่อยผลปาล์มน้ำมัน (Digestion) เพื่อย่อยเปลือกออกจากเมล็ด เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนนี้จะได้ส่วนของเปลือก (Mesocarp) และส่วนของเมล็ด (Seed) กระบวนการย่อยผลปาล์มน้ำมันจะต้องใช้ความร้อนประมาณ 95 องศาเซลเซียส โดยต้องควบคุมอุณหภูมิให้คงที่อยู่ตลอด เพื่อให้การย่อยมีความสม่ำเสมอทั่วถึงกัน

2.1.4.5 หีบน้ำมันปาล์ม

เป็นกระบวนการต่อจากกระบวนการย่อยผลปาล์มน้ำมัน โดยที่จะเป็นกระบวนการหีบน้ำมันปาล์มจากชั้นเปลือกเท่านั้น เครื่องหีบน้ำมันปาล์มมีทั้งแบบเกลียวอัด แบบเครื่องปั่น หรือ แบบอัดไฮดรอลิค น้ำมันที่ได้จากการหีบจะยังคงมีน้ำและสิ่งเจือปน จึงต้องเข้าสู่กระบวนการผลิตในขั้นตอนต่อไป

2.1.4.6 กรองน้ำมันปาล์ม

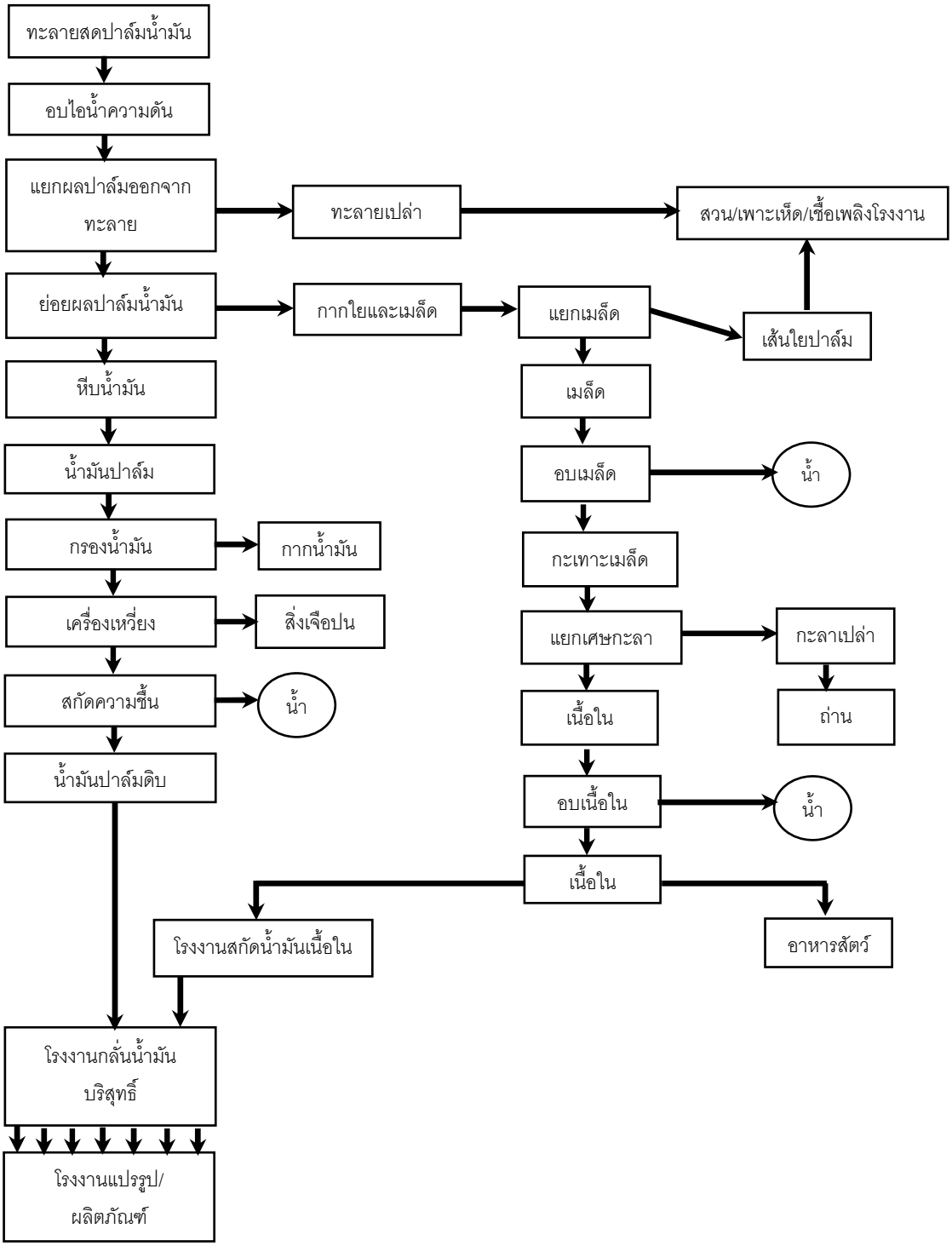
กระบวนการกรองน้ำมันเป็นกระบวนการต่อจากการหีบน้ำมันปาล์มและได้น้ำมันปาล์มดิบออกมา เพื่อแยกกากน้ำมันออก เครื่องกรองน้ำมันจะเป็นแบบมีแผ่นกรองหลายชั้น เมื่อเสร็จสิ้นการกรองจะได้น้ำมันที่สะอาดปราศจากกากน้ำมันโดยเครื่องจะแยกกากออกไป

2.1.4.7 แยกน้ำและสิ่งเจือปน

เป็นกระบวนการแยกน้ำและสิ่งเจือปนออกจากน้ำมันดิบ โดยใช้เครื่องเหวี่ยงที่มีความเร็วสูง เนื่องจากน้ำมันปาล์มดิบที่ได้จากการกรองยังคงมีน้ำและสิ่งเจือปนอยู่ ขั้นตอนการเหวี่ยงนี้อาศัยความเร็วสูงและความร้อนเข้าช่วย ก็จะสามารถแยกเอาน้ำและสิ่งเจือปนออกจากน้ำมันปาล์มดิบได้ ซึ่งจะใช้อุณหภูมิประมาณ 85-95 องศาเซลเซียส โดยน้ำมันจะลอยอยู่ส่วนบน เนื่องจากความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าน้ำ และส่วนของน้ำจะถูกแยกและไหลออกมาตามท่อ

2.1.4.8 สกัดความชื้น

น้ำมันปาล์มดิบที่เข้าเครื่องเหวี่ยงเรียบร้อยแล้วจะยังคงมีความชื้นอยู่ จึงต้องสกัดความชื้นออกก่อนนำไปบรรจุในถังเพื่อส่งต่อไปยังโรงงานแปรรูป โดยน้ำมันปาล์มดิบที่ดีมีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด โดยทั่วไปแล้วจะต้องมีกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid) ไม่เกินร้อยละ 5 ความชื้นไม่เกินร้อยละ 0.5 และมีสิ่งเจือปนไม่เกินร้อยละ 0.05




**ภาพที่** 2-2 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil)

ที่มา : พรชัย เหลืองอาภาพงศ์, 2549

**2.1.5 ขั้นตอนการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์** (Refine Processing)

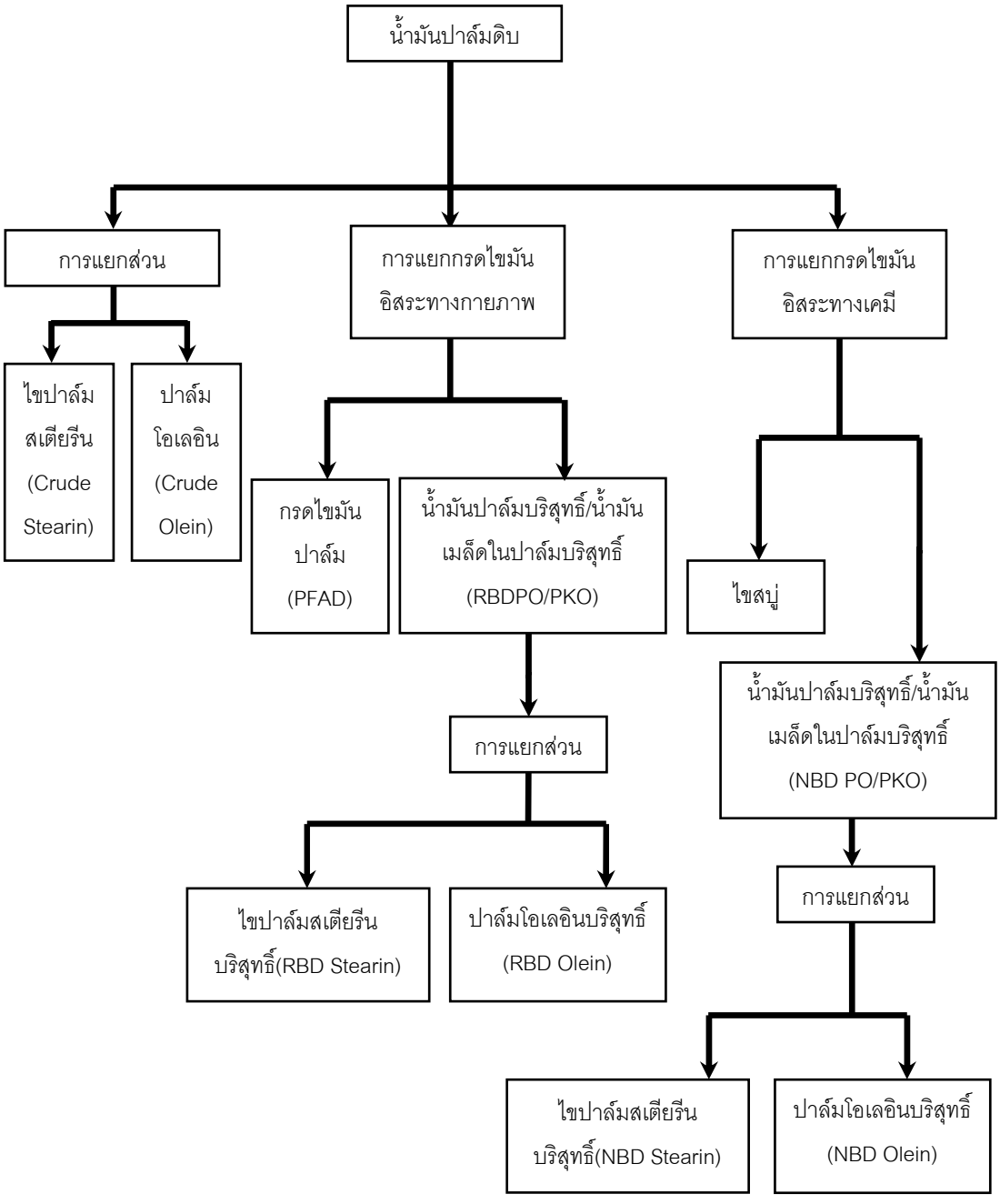
กรมวิชาการเกษตร (2555) ได้อธิบายขั้นตอนการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ดังนี้

การกลั่นบริสุทธิ์น้ำมันปาล์มเป็นกระบวนการทำให้น้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันเมล็ดในปาล์มดิบเป็นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์และน้ำมันเมล็ดในปาล์มบริสุทธิ์ พร้อมสำหรับการบริโภคซึ่งกระบวนการกลั่น สามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ

**2.1.5.1 วิธีทางกายภาพ** (Physical or Steam refining) เป็นกระบวนการกำจัดกรดไขมันอิสระโดยผ่านไอน้ำเข้าไปในน้ำมันร้อนแล้วกลั่นแยกกรดไขมันอิสระและสารที่ให้กลิ่นให้ระเหยออกไปจึงเป็นการกำจัดกลิ่นและทำให้น้ำมันเป็นกลางไปพร้อมกันการกลั่นน้ำมันปาล์มโดยวิธีทางกายภาพทำได้โดยเตรียมน้ำมันปาล์มดิบหรือน้ำมันเมล็ดในปาล์มดิบที่ไม่มีฟอสโฟลิปิดโดยกำจัดออกด้วยน้ำ แล้วทำปฏิกิริยาด้วยกรดฟอสฟอริก ความเข้มข้นร้อยละ 80 – 85 ประมาณร้อยละ 0.05 – 0.2 ของน้ำมันปาล์มดิบผสมกับน้ำมันที่อุณหภูมิ 90 – 100 องศาเซลเซียส นาน 15 – 30 นาที จากนั้นเติมผงฟอกสี (bleaching earth) ประมาณร้อยละ0.8 – 2.0 ของน้ำมันปาล์มดิบ และฟอกสีภายใต้สภาพสุญญากาศที่อุณหภูมิ 95–100 องศาเซลเซียส นาน 30–45 นาที จากนั้นนำน้ำมันปาล์มผ่านเข้าเครื่องกรองจะได้น้ำมันที่ไม่มีฟอสโฟลิปิดและทำการกลั่นโดยใช้ไอน้ำที่อุณหภูมิน้ำมัน 240 – 270 องศาเซลเซียส นาน 1-2 ชั่วโมงภายใต้สภาพสุญญากาศ จะได้น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (Refined Bleached and Deodorized Palm Oil, RBD PO) หรือน้ำมันเมล็ดในปาล์มบริสุทธิ์ (Refined Bleached and Deodorized Palm Kernel Oil, RBD PKO)

**2.1.5.2 วิธีทางเคมี** (Chemical refining) เป็นกระบวนการกำจัดกรดไขมันอิสระโดยใช้สารเคมีที่นิยมคือ ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์หรือโซเดียมคาร์บอเนตทำปฏิกิริยากับกรดไขมันอิสระในน้ำมันให้เกิดเป็นสบู่จากนั้นแยกสบู่ออกโดยวิธีการหมุนเหวี่ยงสำหรับความเข้มข้นของด่างที่ใช้มากน้อยแปรผันตามปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มการกลั่นน้ำมันปาล์มด้วยสารละลายด่างเริ่มด้วยการให้ความร้อนแก่น้ำมันปาล์มดิบที่อุณหภูมิ 80 – 90 องศาเซลเซียส แล้วเติมกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 80 – 85 ในปริมาณร้อยละ 0.05 – 0.2 จากนั้นเติมสารละลายด่างซึ่งจะทำให้เกิดสบู่ แยกสบู่ออกด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงและล้างไขสบู่ด้วยน้ำ จากนั้นให้ความร้อนแก่น้ำมันเพื่อไล่น้ำให้ระเหยออกนำน้ำมันมาฟอกสี และกำจัดกลิ่นด้วยไอน้ำ จะได้น้ำมันปาล์มที่เรียกว่า Neutralized Bleached and Deodorized Palm Oil น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์แล้วจะแยกเป็นสองส่วนคือส่วนล่างมีลักษณะเป็นไขและส่วนบนเป็นน้ำมันมีสีเหลืองอ่อนถึงเข้มเนื่องจากน้ำมันที่ได้มีคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการที่ไม่เหมาะสมสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์บางชนิดจึงได้มีการศึกษาการดัดแปรคุณสมบัติของน้ำมันปาล์มโดยใช้กระบวนการต่างๆเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายมากขึ้น ผลิตผลพลอยได้ที่สำคัญจากการกลั่นบริสุทธิ์น้ำมันปาล์ม คือ กรดไขมันปาล์ม หรือ Palm Fatty Acid Distillated

(PFAD) ซึ่งนิยมใช้เป็นวัตถุดิบในการทำสบู่ อาหารสัตว์ใช้เป็นสารตั้งต้นในการสกัดกรดไขมันชนิดต่าง ๆหรือการสกัดวิตามินอีในอุตสาหกรรมโอลิโอเคมิคอล




**ภาพที่ 2-3** กระบวนการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (Refined Bleached Deodorized Palm Oil)
ที่มา : กรมวิชาการเกษตร, 2555

### 2.1.5 การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบ

ขั้นตอนกระบวนการผลิตไบโอดีเซล สรุปได้ดังนี้ (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน), 2551)

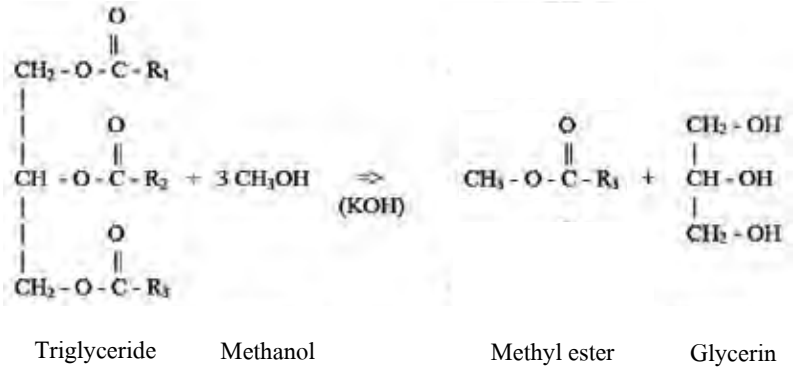
กระบวนการผลิตไบโอดีเซลมี 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย

2.1.5.1 กระบวนการสกัดยางเหนียวและลดกรดไขมัน (Pre-Treatment Process)

เนื่องจากน้ำมันปาล์มดิบที่ได้มาจากโรงงานสกัด (Crude Palm Oil, CPO) ประกอบด้วยสารไม่พึงประสงค์ต่อการผลิตไบโอดีเซล เช่น Phospholipids, Lecithin, Free Fatty Acid เป็นต้นอีกทั้งคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆ ของน้ำมันปาล์มดิบ เช่น ความชื้น ยางเหนียว ไขกลิ่น สี เป็นต้น จะเป็นปัญหาและอุปสรรคต่อการผลิตไบโอดีเซล ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการกำจัดออกและปรับสภาพก่อนที่จะนำเข้าสู่กระบวนการผลิตในลำดับต่อไปยางเหนียวและสีของน้ำมันปาล์มดิบจะถูกแยกจากน้ำมันปาล์มดิบโดยการเติม Phosphoric Acid และ Bleaching Earth เข้าไปในกระบวนการและคัดแยกออกมาโดยเครื่องแยกแรงเหวี่ยงสูงหลังจากนั้นน้ำมันที่ไม่มียางเหนียวแล้วจะถูกนำไปผ่านกระบวนการแยกกรดไขมันอิสระและน้ำที่ปนอยู่ออกไป โดยวิธีการระเหยและควบแน่น เพื่อจะได้กลายเป็นวัตถุดิบตั้งต้นสำหรับกระบวนการผลิตไบโอดีเซลต่อไป

2.1.5.2 กระบวนการทรานเอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification Process)

“ไบโอดีเซล” เป็นชื่อเรียกเชื้อเพลิงที่เป็นสารเอสเทอร์ (Ester) ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาทางเคมีของน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์กับเมทานอลหรือเอทานอลปฏิกิริยาเคมีดังกล่าวเรียกว่า “Transesterification” และได้กลีเซอรีนเป็นผลพลอยได้




**ภาพที่ 2-4** กระบวนการทรานเอสเทอริฟิเคชั่น

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร, 2555

น้ำมันปาล์มที่ผ่านกระบวนการปรับสภาพแล้วจะถูกปั๊มผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อปรับอุณหภูมิให้เหมาะสมกับการเกิดปฏิกิริยากับเมทานอลและสารเร่งปฏิกิริยาซึ่งจะถูกนำมาผสมกันในสัดส่วนที่เหมาะสมตามการออกแบบ หลังจากการเกิดปฏิกิริยาเสร็จสิ้นแล้ว น้ำมันปาล์มจะถูกทำให้โมเลกุลมีขนาดเล็กลงและผสมอยู่กับเมทานอลและตัวเร่งปฏิกิริยา ผลิตผลที่ได้จะถูกนำไปเข้าสู่กระบวนการคัดแยกสารต่างๆ ออกจากสารเมทิลเอสเตอร์โดยการผ่านเครื่องคัดแยก (Separator) เมทิลเอสเตอร์ที่ได้จะถูกนำไปผ่านขั้นตอนของการทำความสะอาดและกำจัดปริมาณน้ำออกและจะกลายเป็นน้ำมันไบโอดีเซลซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมาก และสามารถที่จะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนได้จากกระบวนการดังกล่าว และมีสารที่เกิดจาการผสมระหว่างเมทานอลกับสารละลายกลีเซอรีนออกจากขั้นตอนการผลิตซึ่งจะถูกนำไปเข้าสู่กระบวนการคัดแยกต่อไป

2.1.5.3 กระบวนการล้างทำความสะอาด (Washing Process)

การมีแอลกอฮอล์ที่เป็นส่วนเกิดจากการทำปฏิกิริยาในน้ำมันสามารถทำให้เกิดการสึกหรอกส่วนที่เป็นยางในเครื่องยนต์ได้และมีส่วนทำให้จุดวาบไฟของไบโอดีเซลต่ำลงอันอาจมีผลต่อความปลอดภัยและไม่ผ่านมาตรฐานได้ตามมาตรฐาน ASTM จะให้มีแอลกอฮอล์ปนอยู่ในไบโอดีเซลได้ไม่เกินร้อยละ 0.2 เท่านั้นการล้างไบโอดีเซลจึงเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพที่จะลดปริมาณแอลกอฮอล์ลงนอกจากนี้การล้างไบโอดีเซลด้วยน้ำยังสามารถช่วยล้างสิ่งสกปรกอื่นๆ อาทิคราบไขสบู่ในไบโอดีเซลเพื่อป้องกันการปนเปื้อนในไบโอดีเซลด้วย

2.1.5.4 กระบวนการนำกลับเมทานอลและการปรับสภาพเบื้องต้นของกลีเซอรีน (Methanol Recovery and Glycerin Water Pre-Treatment Process)

สารผสมระหว่างเมทานอลและกลีเซอรีนที่ถูกคัดแยกจากขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลนั้น จะมีส่วนผสมระหว่างเมทานอล กลีเซอรีน น้ำ และกรดไขมัน โดยสารที่มีการผสมดังกล่าว จะถูกนำไปกลั่นแยกสารต่างๆ ออกจากกัน ซึ่งจะมี (เมทานอล + น้ำ + กรดไขมัน) จะถูกแยกออกจาก (กลีเซอรีน + น้ำ) ในขั้นตอนแรก จากนั้น (เมทานอล + น้ำ + กรดไขมัน)จะถูกนำมาคัดแยกอีกโดยกรดไขมันแยกออกไปก่อนโดยวิธีการให้ความร้อน จากนั้น (เมทานอล +น้ำ) จะถูกนำไปยังหอกลั่นน้ำมัน เพื่อแยกเอาเมทานอลบริสุทธิ์และน้ำออกจากกันเพื่อนำเมทานอลไปใช้หมุนเวียนในกระบวนการผลิตซ้ำอีกครั้งสารที่ผสมระหว่างกลีเซอรีนกับน้ำจะถูกนำไปผ่านกระบวนการการระเหยไอ (Evaporation System) ซึ่งจะทำให้ได้กลีเซอรีนซึ่งมีความบริสุทธิ์ประมาณ ร้อยละ 80 -88

2.1.5.5 กระบวนการกำจัดน้ำออกจากไบโอดีเซล (Drying Process)

เป็นการกำจัดสบู่และน้ำล้างผสมกรดเป็นตัวทำให้เป็นกลาง และถูกกำจัดออกในรูปเกลือสำหรับเมทานอลต้องกำจัดออกก่อนถึงขั้นตอนล้าง และการล้างโดยใช้น้ำอุ่น(120-140 องศาฟาเรนไฮต์) ช่วยป้องกันการตกตะกอนของเอสเทอร์ของกรดไขมันอิ่มตัว และช่วยทำให้เกิดอิมัลชั่นลดลง สำหรับน้ำอุ่นที่มีฤทธิ์เป็นกรดอ่อน ๆ ช่วยกำจัดการปนเปื้อนของ แคลเซียมและแมกนีเซียม และทำให้เป็นกลางในกรณีที่ใช้ด่างเป็นสารเร่งปฏิกิริยา เนื่องจากในขั้นตอนการล้างจะมีน้ำคงค้างในไบโอดีเซลสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้สำหรับไบโอดีเซล (บี 100) ดังนั้นจึงต้องมีขั้นตอนการทำแห้งไบโอดีเซลเพื่อไล่น้ำออก โดยใช้อุณหภูมิร่วมกับความดันในการกำจัดน้ำออกจากไบโอดีเซล และต้องหลีกเลี่ยงการใช้อุณหภูมิสูง เพื่อป้องกันไม่ให้เอสเทอร์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะเกิดเป็นสารโพลีเมอร์ และมีสีเข้ม และเนื่องจากน้ำในไบโอดีเซลมีปริมาณต่ำจึงมีการเติมสารซิลิกาเจล หรือสารที่มีความสามารถในการดูดน้ำสูงในไบโอดีเซลเพื่อช่วยกำจัดน้ำอีกทางหนึ่ง

2.1.5.6 กระบวนการกลั่นกลีเซอรีน (Glycerin Distillation)

“กลีเซอรีน” เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลซึ่งยังมีมูลค่าและสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่อเนื่องประเภทต่างๆต่อไปได้ เช่น อุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอางหากต้องการเพิ่มมูลค่าผลพลอยได้ของกลีเซอรีน จะต้องนำมาทำให้บริสุทธิ์มากขึ้นโดยผ่านกระบวนการกลั่นเพื่อให้ได้กลีเซอรีนบริสุทธิ์ (Pharmaceutical Grade Glycerin) ซึ่งจะมีความบริสุทธิ์ของกลีเซอรีนร้อยละ 99.5 ขึ้นไปและกลีเซอรีนที่ได้ในขั้นตอนก่อนหน้านี้จะถูกนำมากำจัดส่วนที่เป็นน้ำที่ปนกันอยู่ออกไปจนหมด ภายใต้อุณหภูมิที่มีการควบคุมเพื่อเป็นการรักษาคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์จากนั้นกลีเซอรีนที่ปราศจากน้ำแล้วจะถูกนำเข้าสู่ระบบหอกลั่นกลีเซอรีนซึ่งจะทำการกลั่นจนได้กลีเซอรีนที่บริสุทธิ์ตามที่ต้องการจากนั้นจะนำไปผ่านการกำจัดสีออกไปโดยผ่านถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)

## 2.2 การประเมินการเกิดก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดภาวะโลกร้อนเนื่องมาจากการที่มีก๊าซเรือนกระจกอยู่มากในชั้นบรรยากาศ ซึ่งประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) ก๊าซมีเทน ($CH_4$) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ ($N_2O$) ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ ($SF_6$) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน ($HFC_5$) และ ก๊าซเปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) โดยก๊าซเหล่านี้ล้วนเกิดจากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ทั้งสิ้น โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิด

จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากการขับขี่ยานพาหนะและการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่ออุปโภคและบริโภคในระดับอุตสาหกรรมเช่นเดียวกับภาคเกษตรกรรมที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก อาทิ ก๊าซมีเทนจากการทำนาและจากการเลี้ยงสัตว์ ก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการใช้ปุ๋ย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้เชื้อเพลิงในเครื่องจักรการเกษตร เช่น น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา เป็นต้น (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2553)

**2.2.1 ประวัติความเป็นมาของการประเมินการเกิดก๊าซเรือนกระจก**

คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยมีชื่อภาษาอังกฤษว่า Intergovernmental Panel on Climate Change หรือเรียกโดยย่อว่า IPCC เป็นหน่วยงานที่ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2531 โดยองค์กรอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorological Organization : WMO) และโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (United Nations Environment Program : UNEP) โดยมีบทบาทคือ ให้คำแนะนำแก่ผู้กำหนดนโยบายเกี่ยวกับสภาวการณ์ปัจจุบันขององค์ความรู้และให้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือเกี่ยวกับภาวะโลกร้อน และทบทวนรายงานเกี่ยวกับภาวะโลกร้อนจากผู้เชี่ยวชาญ (Peer Reviewed) ในทุก ๆ ปี และเป็นผู้สรุป “สถานะขององค์ความรู้” เรื่องภาวะโลกร้อนในรายงานการประเมินซึ่งตีพิมพ์ทุก ๆ ปี หรือมากกว่านั้น ทั้งนี้ รายงานฉบับล่าสุดของ IPCC คือ รายงานการประเมินฉบับที่ 4 (พ.ศ.2550) ซึ่งได้รับการทบทวนโดยผู้เชี่ยวชาญประมาณ 2,500 คน นอกจากนี้ IPCC ยังตีพิมพ์รายงานเป็นจำนวนมากที่รัฐบาล องค์กรระหว่างรัฐบาล (หรือการเจรจาระหว่างประเทศต่าง ๆ) ร้องขอ

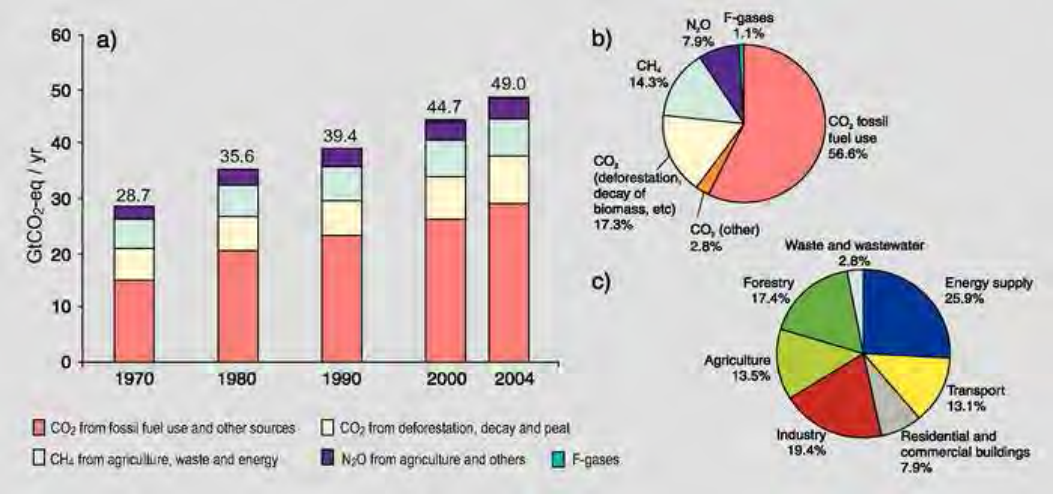
คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC) ประกอบไปด้วยคณะทำงาน จำนวน 3 คณะได้แก่

1) คณะทำงานประเมินแง่มุมทางวิทยาศาสตร์ของระบบภูมิอากาศและภาวะโลกร้อน (Working Group I : Assesses scientific aspects of the climate system and climate change)

2) คณะทำงานประเมินความเปราะบางของระบบเศรษฐกิจ-สังคมและระบบธรรมชาติที่มีผลต่อภาวะโลกร้อน ผลกระทบเชิงบวกและเชิงลบ และทางเลือกในการปรับตัวกับสภาวะโลกร้อน (Working Group II : Assesses vulnerability of socio-economic and natural systems to climate change, consequences, and adaptation options)

3) คณะทำงานประเมินทางเลือกในการจำกัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการลดความรุนแรงของภาวะโลกร้อน (Working Group III : Assesses options for limiting greenhouse gas emissions and otherwise mitigating climate change)

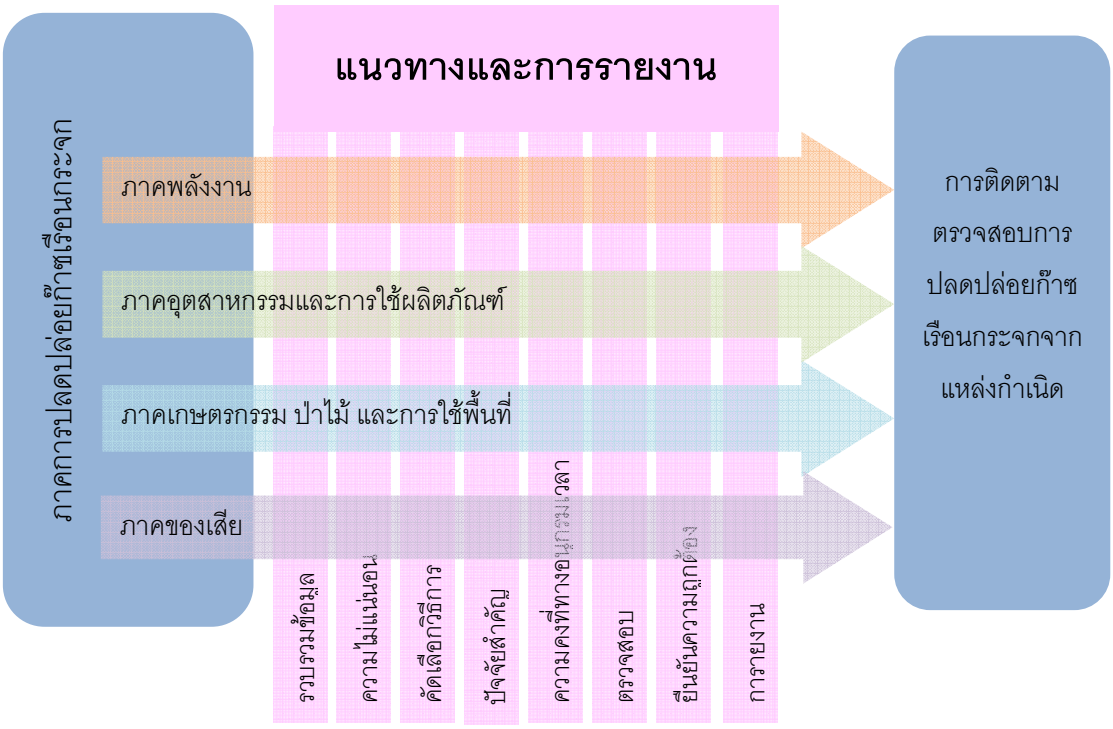
จากรายงาน Fourth Assessment Report :Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change : Contribution of Working Group III (IPCC, 2007) ระบุว่า การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์ (anthropogenic GHG) ดังภาพที่ 2-5 แสดงให้เห็นว่ามีอัตราการปลดปล่อยเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 70 นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2513 (ค.ศ. 1970) ถึงปี พ.ศ. 2547 (ค.ศ. 2004) โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) เป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดที่มีการปลดปล่อยสูงที่สุด นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2513 (ค.ศ. 1970) ถึงปี พ.ศ. 2547 (ค.ศ. 2004) โดยมีอัตราการปลดปล่อยเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 80 จากเดิมปริมาณ 21 กิกกะตัน(Gt) เพิ่มขึ้นเป็น 38 กิกกะตัน คิดเป็นสัดส่วนปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมเท่ากับร้อยละ 77 ในปี พ.ศ. 2547 (ค.ศ. 2004) โดยหากคิดเป็นอัตราการปลดปล่อยเพิ่มขึ้นเฉลี่ยในรอบระยะเวลา 10 ปี (ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2538-2547) เท่ากับ 0.92 กิกกะตันต่อคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ($GtCO_2e$ per year) ซึ่งมากกว่าอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยตั้งแต่ปีพ.ศ. 2513 - 2547 ที่มีค่าเท่ากับ 0.43 กิกกะตันต่อคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี




**ภาพที่ 2-5** การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น แยกรายกิจกรรมของมนุษย์

ที่มา : IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 : Mitigation of Climate Change : Contribution of Working Group III ,2007

รายงาน 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (IPCC, 2008) ได้อธิบายถึงการพัฒนา 2006 IPCC Guidelines ว่ามีการพัฒนามาจาก Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (1996 IPCC Guidelines) ,Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories (GPG2000) และ Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry (GPG-LULUCF) ซึ่งได้รับการเห็นชอบโดยคณะกรรมการ UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) เพื่อให้วิธีการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นสำหรับการนำไปอ้างอิงข้อมูล โดยเป็นการคำนวณจากปริมาณการปลดปล่อยที่แท้จริงจากแต่ละกิจกรรม เนื่องจากเดิม 1996 IPCC Guidelines เป็นเพียงการประมาณการศักยภาพการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก นอกจากนี้ได้ปรับลดกิจกรรมการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของมนุษย์ จากเดิมจำแนกไว้ 6 กิจกรรม เหลือเพียง 4 กิจกรรมเท่านั้น คือ ภาคพลังงาน (Energy Sector) ภาคอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ (Industrial Processes and Product Use Sector : IPPU) ภาคเกษตรกรรม ป่าไม้ และการใช้พื้นที่ (Agriculture, Forestry and Other Land Use Sector : AFOLU) และภาคของเสีย (Waste Sector) ดังภาพที่ 2-6



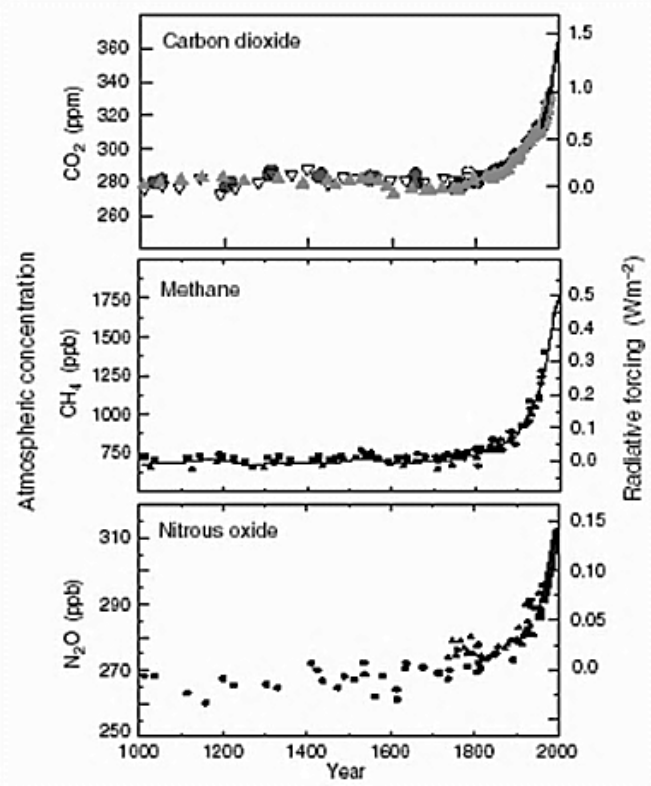

**ภาพที่ 2-6** แนวทางการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแต่ละกิจกรรมของมนุษย์

ที่มา : 2006 IPCC Guidelines, 2008

### 2.2.2 การประเมินการเกิดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย

เนื่องจากสภาวการณ์โลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันได้ทวีความรุนแรงและส่งผลกระทบเป็นวงกว้างมากขึ้น โดยส่วนหนึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ประเทศไทยเป็นอีกประเทศหนึ่งในหลายประเทศทั่วโลกที่ให้ความสนใจในปัญหานี้ รัฐบาลโดยคณะรัฐมนตรีมีมติเมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2550 เห็นชอบให้จัดตั้งองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกเป็นองค์การมหาชนตามกฎหมายว่าด้วยองค์การมหาชน และเป็นศูนย์กลางในการประสานความร่วมมือระหว่างภาครัฐ ภาคเอกชน และองค์กระหว่างประเทศ และมีการประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 124 ตอนที่ 31 ก เมื่อวันที่ 6 กรกฎาคม 2550 โดยเรียกชื่อเต็มว่า “องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)” หรือเรียกโดยย่อว่า “อบก.” และมีชื่อภาษาอังกฤษว่า “Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization)” เรียกโดยย่อว่า “TGO” ขึ้น ซึ่งดำเนินงานภายใต้กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการวิเคราะห์กลั่นกรอง และทำความเห็นเกี่ยวกับการให้คำรับรองโครงการที่ลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามกลไกการพัฒนาที่สะอาดรวมทั้งติดตามประเมินผลโครงการที่ได้รับคำรับรอง ส่งเสริมการพัฒนาโครงการและการตลาดซื้อขายปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการรับรอง ส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพ ตลอดจนให้คำแนะนำแก่หน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชนเกี่ยวกับการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก

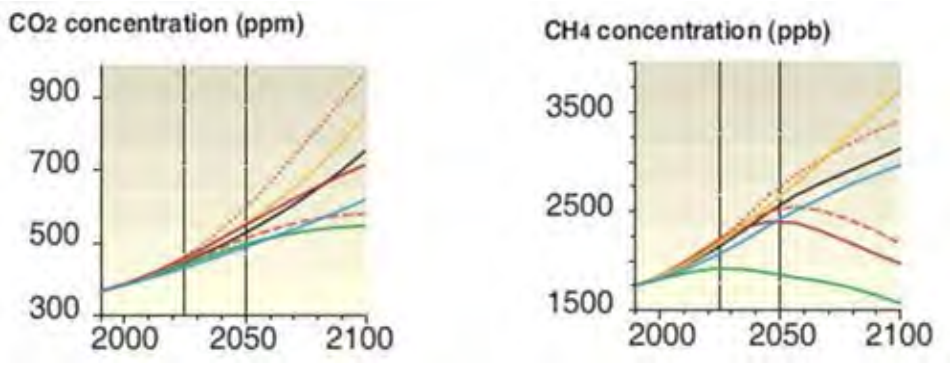
(อบก., 2548) ระบุว่าคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) ได้ชี้ให้เห็นว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญในบรรยากาศ ทั้งคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) มีเทน ($CH_4$) และไนตรัสออกไซด์ ($N_2O$) ได้เพิ่มปริมาณขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงระยะเวลาเพียง 200 ปีที่ผ่านมานับตั้งแต่มีการปฏิวัติอุตสาหกรรมในยุโรปโดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 280 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ในปี พ.ศ.2343 (ค.ศ.1800) และเพิ่มขึ้นเป็น 360 ppm ในปี พ.ศ.2543 (ค.ศ.2000) เช่นเดียวกับก๊าซมีเทน ซึ่งเพิ่มขึ้นกว่าเท่าตัวนับตั้งแต่ปี พ.ศ.2343 (ค.ศ.1800) จาก 750 ส่วนในพันล้านส่วน (ppb) เป็น 1,750 ppb ในปี พ.ศ.2543 (ค.ศ.2000) ส่วนก๊าซไนตรัสออกไซด์นั้นเริ่มมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตั้งแต่มีการปฏิวัติการทำเกษตรกรรมแต่อัตราการเพิ่มขึ้นนั้นน้อยมากเมื่อเทียบกับช่วงหลังปฏิวัติอุตสาหกรรมทำให้ความเข้มข้นของก๊าซไนตรัสออกไซด์เพิ่มขึ้นจาก 270 ppm ในราวปี พ.ศ.2343 (ค.ศ.1800) เป็น 310 ppm ในปี พ.ศ. 2543 (ค.ศ.2000) ดังภาพที่ 2-7




**ภาพที่** 2-7 การปล่อย GHG แยกตามก๊าซแต่ละชนิด

ที่มา : อบก., 2548

นอกจากนี้ (อบก., 2548) ได้ระบุเพิ่มเติมว่าโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ หรือ United Nations Environment Program (UNEP) คาดการณ์ไว้ว่ากิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์จะส่งผลให้ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและคาดว่าความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกจะเพิ่มขึ้นต่อไปโดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อาจเพิ่มขึ้นจากระดับ 300 ppm (หนึ่งส่วนในล้านส่วน)ในปัจจุบัน เป็น 600 ppm หรืออาจสูงถึง 900 ppm ภายใน 100 ปีข้างหน้า ในขณะที่ความเข้มข้นของก๊าซมีเทนอาจเพิ่มขึ้นจากระดับ 1,750 ppb (หนึ่งล้านในพันล้านส่วน) ในปัจจุบัน เป็น 3,500 ppb ภายในปี พ.ศ. 2643 (ค.ศ. 2100) ดังแสดงในภาพที่ 2-8




**ภาพที่ 2-8** แสดงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจก (GHG)

ที่มา : อบก., 2548

(อบก., 2554) ได้แสดงศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก พบว่า ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ มีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนเท่ากับ 22,000 เท่าของคาร์บอนไดออกไซด์ ถือว่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับก๊าซชนิดอื่น ในขณะเดียวกัน พบว่า ก๊าซเตตระฟลูออโรมีเทน มีอายุในชั้นบรรยากาศนานที่สุดถึง 50,000 ปี ดังแสดงในตารางที่ 2-2

**ตารางที่ 2-2** ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก(Global Warming Potential: GWP) ของก๊าซเรือนกระจกต่างๆ

| ก๊าซเรือนกระจก | อายุในชั้นบรรยากาศ (ปี) | ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (เท่าของคาร์บอนไดออกไซด์) |
|---|---|---|
| คาร์บอนไดออกไซด์ | 200 - 450 | 1 |
| มีเทน | 9 - 15 | 23 |
| ไนตรัสออกไซด์ | 120 | 296 |
| CFC-12 | 100 | 10,600 |
| เตตระฟลูออโรมีเทน | 50,000 | 5,700 |
| ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ | 3,200 | 22,000 |

ที่มา : อบก.,2554

### 2.2.3 การคำนวณการปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

การคำนวณปริมาณการปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กร ประกอบด้วย

*2.2.3.1 การกำหนดขั้นตอนการคำนวณ*

องค์กรต้องคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นภายในขอบเขตขององค์กรอย่างครบถ้วนเท่าที่จะทำได้ และบันทึกเป็นลายลักษณ์อักษร ตามขั้นตอน ดังนี้

1) การระบุแหล่งปล่อยและแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจก
2) การคัดเลือกวิธีการคำนวณ
3) การคัดเลือกและเก็บข้อมูลกิจกรรมการปล่อยและดูดซับก๊าซเรือนกระจก (Activity Data)
4) การคัดเลือกหรือพัฒนาค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG Emission Factors) หรือค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (GHG Removal Factors)
5) การคำนวณปริมาณการปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจก

*2.2.3.2 การระบุแหล่งปล่อยและแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจก*

องค์กรต้องระบุแหล่งปล่อยและแหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทีเกิดขึ้น โดยตรงจากกิจกรรมต่างๆ ภายในขอบเขตขององค์กร และบันทึกเป็นลายลักษณ์อักษร

องค์กรควรแยกบันทึกปริมาณไฟฟ้า ความร้อน หรือ ไอน้ำที่ถูกนำเข้าจากภายนอกเพื่อใช้งานภายในองค์กร

หากองค์กรทำการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่ทำทางอ้อมอื่นๆ ก็ควรแยกบันทึกแหล่งปล่อยและแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมนั้นๆ

*2.2.3.3 การคัดเลือกวิธีการคำนวณ*

องค์กรต้องคัดเลือกและใช้วิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้ได้ผลลัพธ์ออกมาอย่างถูกต้อง ไม่ขัดแย้งกัน และช่วยลดความไม่แน่นอนอย่างสมเหตุสมผล โดยองค์กรสามารถเลือกวิธีการใดก็ได้แต่ต้องมีเหตุผลประกอบ และต้องแสดงคำอธิบายหากมีการเปลี่ยนแปลงวิธีการคำนวณที่เคยใช้มาก่อน

งานวิจัยนี้คัดเลือกวิธีคำนวณโดยใช้ข้อมูลกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในองค์กร คูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกและแสดงผลให้อยู่ในรูปของกิโลกรัมหรือตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($CO_2$ equivalent) ดังแสดงในสมการที่ (2.1)

ปริมาณก๊าซเรือนกระจก = ข้อมูลกิจกรรม x ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (2.1)

*2.2.3.4 การคัดเลือกและเก็บข้อมูลกิจกรรมการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก*

หากมีการใช้ข้อมูลกิจกรรมประกอบการคำนวณ ต้องมีการคัดเลือกและเก็บข้อมูลกิจกรรมการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ขัดแย้งกับวิธีการคำนวณที่ได้เลือกไว้ ทั้งนี้ ข้อมูลทั้งหมดควรได้รับการบันทึกไว้ในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับใช้วิเคราะห์และทวนสอบได้อีกอย่างน้อย 2 ปี

*2.2.3.5 การคัดเลือกหรือพัฒนาค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG Emission Factors) หรือค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (GHG Removal Factors)*

หากมีการใช้ข้อมูลกิจกรรมประกอบการคำนวณ องค์กรต้องคัดเลือกหรือพัฒนาค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก ที่ซึ่ง

1) ทราบแหล่งที่มา
2) เหมาะสมใช้กับแหล่งปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจกแต่ละแห่ง
3) เป็นค่าปัจจุบันในขณะที่ใช้คำนวณ
4) คำนึงถึงความไม่แน่นอนในการคำนวณ และนำมาใช้คำนวณเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง
5) ไม่ขัดแย้งกับความตั้งใจในการใช้งานบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก

ในกรณีที่ไม่สามารถจัดเก็บข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบปฐมภูมิได้ สามารถเลือกใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่เหมาะสมสำหรับกิจกรรม และกระบวนการย่อยที่ไม่ได้อยู่ในการควบคุมโดยตรงขององค์กร หรือค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการเผยแพร่แล้วตามแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ โดยหากเรียงตามลำดับความสำคัญ ความน่าเชื่อถือและคุณภาพของข้อมูลได้ดังนี้

- ฐานข้อมูลที่ทำการศึกษาและเผยแพร่โดยองค์กรภายในประเทศ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับกิจกรรมนั้นๆ
- ฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทย (Thai LCI Database) ซึ่งรวบรวมและจัดการโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

- ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำในประเทศ ซึ่งผ่านการกรองแล้ว (Peer-reviewed Publication)

- ฐานข้อมูลที่เผยแพร่ทั่วไป ได้แก่ โปรแกรมสำเร็จรูปด้านการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA Software) ฐานข้อมูลเฉพาะของกลุ่มอุตสาหกรรม หรือฐานข้อมูลเฉพาะของแต่ละประเทศ เป็นต้น

- ข้อมูลที่ตีพิมพ์โดยองค์กรระหว่างประเทศ เช่น คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC)

- ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก อ้างอิงจาก IPCC และ อบก.

### 2.2.4 แนวทางการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมขององค์กร

สำหรับการคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการดำเนินงานต่างๆภายในองค์กร สามารถแสดงเป็นตัวอย่าง แยกตามลักษณะของกิจกรรมได้ดังนี้

*2.2.4.1 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้า*

ในกรณีที่องค์กรมีการผลิตไฟฟ้า และ/หรือความร้อนใช้เองในองค์กร หรือเพื่อส่งขาย ณ สถานที่ภายในองค์กร ได้คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ใช้ผลิตไฟฟ้าหรือความร้อนนั้นๆ

ในกรณีที่องค์กรมีการซื้อไฟฟ้า ความร้อน และ/หรือไอน้ำมาจากภายนอก ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้คำนวณควรประกอบด้วย

1) กรณีของไฟฟ้า ความร้อน และไอน้ำ ที่ถูกส่งมาจากเพียงแหล่งเดียว ให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้องกับแหล่งนั้นๆ

2) กรณีของไฟฟ้า ความร้อน และไอน้ำที่ถูกส่งมาจากระบบพลังงานทดแทน เช่น ไฟฟ้าแบบ Grid Mix ให้ใช้ค่าเฉลี่ยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไฟฟ้า ความร้อน และไอน้ำจากค่ากลางของประเทศ

*2.2.4.2 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้สารเคมี*

การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้สารเคมี สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กรณีได้แก่

1) กรณีที่สารเคมีไม่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกภายในกระบวนการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างใช้งาน ให้นำปริมาณสารเคมีที่ใช้ไปคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดของสารเคมีที่ใช้

2) กรณีที่สารเคมีสามารถก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกภายในกระบวนการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างใช้งาน ให้ทำการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการเกิดปฏิกิริยา โดยอาศัยหลักมวลสารสัมพันธ์ แล้วนำไปรวมกับค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ได้จากปริมาณสารเคมีคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดสารเคมีที่ใช้

*2.2.4.3 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ย*

การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยเคมีทำได้โดยนำปริมารปุ๋ยเคมีที่มีการใช้จริงคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามประเภท และสูตรของปุ๋ยที่ใช้

*2.2.4.4 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดกากของเสีย*

การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการกำจัดกากของเสีย ในกรณีที่องค์กรมีระบบการกำจัดของเสีย การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ใช้ข้อมูลตามวิธีการกำจัดจริงหรือข้อมูลปฐมภูมิของระบบการกำจัดของเสียองค์กร ทั้งนี้หากไม่มีข้อมูลปฐมภูมิขององค์กรให้คำนวณโดยกำหนดให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดของเสียแบบฝังกลบ (Landfill) โดยใช้ข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบตื้น (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะมูลฝอย) ดังตารางที่ 2-3

**ตารางที่** 2-3 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบตื้น

| **องค์ประกอบของกากของเสีย** | **ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบตื้น (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันมูลฝอย)** |
|---|---|
| กระดาษ / กระดาษกล่อง | 2.93 |
| ผ้า | 2.00 |
| เศษอาหาร | 2.53 |
| เศษไม้ | 3.33 |
| กิ่งไม้ ต้นหญ้า จากสวน | 3.27 |
| ผ้าอ้อมเด็กทำด้วยกระดาษ | 4.00 |
| ยางและหนัง | 3.13 |

ที่มา : 2006 IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories-Volume 5: Waste, 2008

โดยในการคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดของเสีย คิดจากการนำปริมาณกากของเสียแยกตามองค์ประกอบ แล้วคูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามองค์ประกอบในตารางที่ 2-3 สำหรับกากของเสียที่เป็นวัสดุอื่น และมีองค์ประกอบของคาร์บอนให้ใช้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.32 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะมูลฝอย หากกากของเสียเป็นวัสดุที่ไม่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ให้คิดเป็นศูนย์

*2.2.4.5 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสีย*

ในกรณีที่องค์กรไม่มีการเก็บรวบรวมปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น สามารถใช้สมมติฐานในการประมาณค่าปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

ก. กรณีที่องค์กรประเภทโรงงานอุตสาหกรรม ให้ประมาณค่าปริมาณน้ำเสียเกิดขึ้นเป็นร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำที่ใช้จริงทั้งหมดภายในโรงงาน

ข. กรณีองค์กรประเภทสำนักงาน และสถานศึกษา ให้ประมาณค่าปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นเท่ากับปริมาณน้ำที่มีการใช้จริงทั้งหมดภายในองค์กร

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสีย สามารถทำได้โดยใช้วิธีใดวิธีหนึ่ง ซึ่งเรียงลำดับความสำคัญของวิธีการคำนวณ ดังนี้

1) กรณีที่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด ให้ทำการคำนวณอ้างอิงตามสมการการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงจาก 2006 UNFCCC, Methane recovery in waste water treatment-Version 16.0, Method number AMS-IIIH)

2) กรณีที่ไม่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด ให้ทำการคำนวณอ้างอิงตามสมการการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสีย (IPCC, 2006 : Waste Water Treatment and Discharge, 2008) ดังนี้

$$EF_j = B_o \times MCF_j \qquad (2.2)$$

เมื่อ $EF$ = ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของน้ำเสีย หน่วยเป็น $kgCH_4/kg\ BOD$

$j$ = ระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละชนิด

$B_o$ = กำลังการผลิตก๊าซมีเทนสูงสุด= 0.25 $kgCH_4/kg\ BOD$

$MCF_j$ = ค่าสัมประสิทธิ์ของก๊าซมีเทน = 0.5

(2.1) ทำการคำนวณหาค่าปริมาณสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ทั้งหมดในน้ำเสีย (Total Organically Degraduable Material in Wastewater : TOW) โดยใช้ค่าปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจริงคูณด้วยค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี (Chemical Oxygen Demand) หากไม่ทราบ สามารถเลือกใช้จากค่าประมาณของแต่ละประเภทอุตสาหกรรม ดังแสดงในภาคผนวก ข. และปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้

(2.2) นำค่าปริมาณสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ทั้งหมดมาลบด้วยปริมาณกากตะกอนที่เกิดขึ้นจากการบำบัด แล้วนำไปคูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยแยกตามประเภทของการบำบัดน้ำเสีย

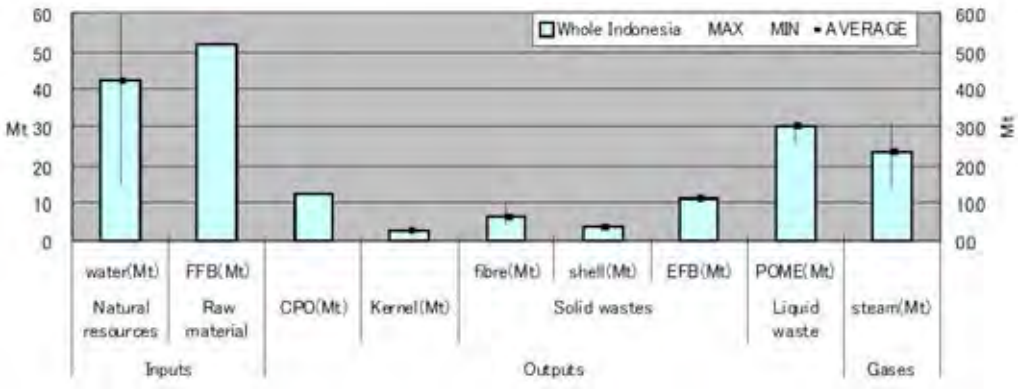
(2.3) ในกรณีที่มีการดักเก็บก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากระบบบำบัด ให้นำปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ดักเก็บได้ในหน่วยของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า มาลบออกจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณได้จากการบำบัดน้ำเสียในข้อ (2.2)

*2.2.4.6 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิง*

การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงภายในกระบวนการผลิตหรือภายในองค์กร ทำได้โดยนำปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้คูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดของเชื้อเพลิง

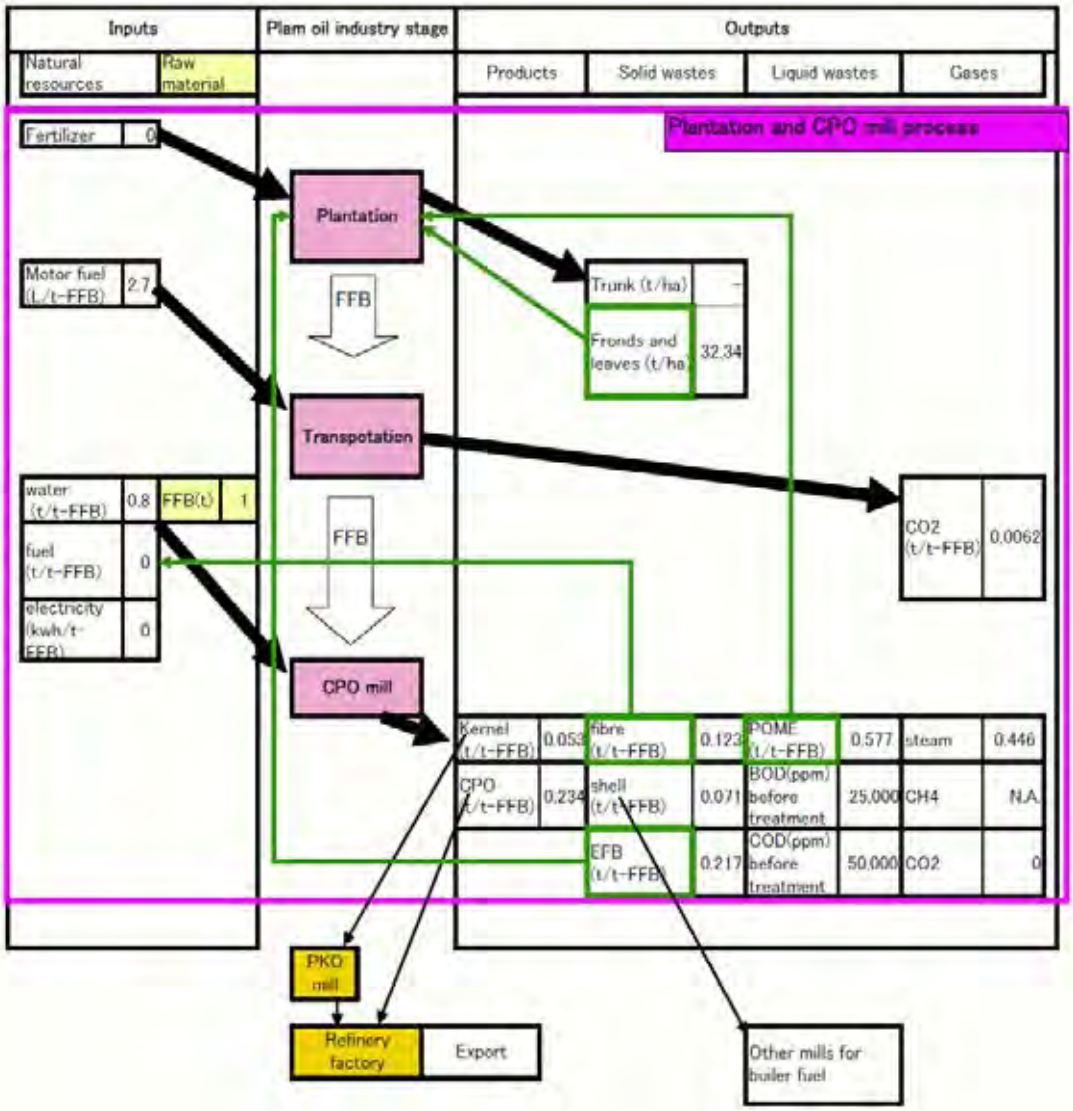
## 2.3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Kiichiro Hayashi (2550) ได้ศึกษาวิจัยผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มในประเทศอินโดนีเซียโดยเริ่มตั้งแต่กระบวนการผลิตปาล์มน้ำมันจากสวนปาล์มน้ำมัน กระบวนการขนส่งผลผลิตไปจนถึงการสกัดน้ำมันปาล์ม ด้วยวิธีการศึกษาความเป็นไปได้ทางกลไกสะอาด (CDM Feasibility : CDM FSs) พบว่า ในขั้นตอนการขนส่งผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมันไปยังโรงสกัดน้ำมันปาล์ม มีปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนเท่ากับ 0.0062 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันทะลายน้ำมันปาล์ม และมีน้ำเสียเกิดขึ้นจากโรงสกัดน้ำมันปาล์มและยังไม่ผ่านขั้นตอนการบำบัด โดยมีค่า BOD และ ค่า COD เท่ากับ 25,000 และ 50,000 ppm ตามลำดับ นอกจากนี้ พบว่าในขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบ (ทะลายปาล์มน้ำมัน) มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ การใช้ทรัพยากรน้ำในสวนปาล์มน้ำมัน และน้ำเสียจากโรงสกัดน้ำมันปาล์ม ดังแสดงในภาพที่ 2-9 ทั้งนี้ เศษเหลือจากกระบวนการผลิตเกิดขึ้น ได้แก่ เส้นใยปาล์ม กะลาปาล์ม ทะลายปาล์มเปล่า ในบางโรงงานนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตไอน้ำสำหรับใช้ในระบบ ดังแสดงในภาพที่ 2-10




**ภาพที่** 2-9 การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมเบื้องต้นจากสวนปาล์มน้ำมันและโรงสกัดน้ำมันปาล์มดิบ ในประเทศอินโดนีเซีย

ที่มา : Kiichiro Hayashi, 2550




**ภาพที่** 2-10 สมดุลการใช้ทรัพยากรในสวนปาล์มน้ำมันและโรงสกัดน้ำมันปาล์มดิบในประเทศอินโดนีเซีย

ที่มา : Kiichiro Hayashi, 2550

L. Reijnders **และ** M.A.J Huijbregts (2549) ได้ศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตน้ำมันปาล์ม โดยพิจารณาในรูปของการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งอาศัยสูตรอย่างง่ายในการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยในรูปหน่วยตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันน้ำมันปาล์มดิบดังแสดงในสมการที่ (2.3)

$$IS_{palm\ oil} = \frac{(C_{prod} + C_{trans} + C_{above} + C_{below})\frac{MOL_{CO2}}{MOL_C}GWP_{CO2} + CH_{4waste}GWP_{CH4}}{M_{fruit}\frac{MOL_{palm\ oil}}{MOL_C}F_{fruit>oil}} \quad (2.3)$$

เมื่อ

$IS_{palm\ oil}$ =ผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนจากวงจรชีวิตการผลิตน้ำมันปาล์ม (ton $CO_2$ equivalent / ton of palm oil)

$C_{prod}$ = การปลดปล่อยคาร์บอนจากการใช้เชื้อเพลิงในขั้นตอนการผลิตน้ำมันปาล์ม (tons C/ha/year)

$C_{trans}$ =การปลดปล่อยคาร์บอนจากการใช้เชื้อเพลิงในขั้นตอนการขนส่งน้ำมันปาล์มไปทวีปยุโรป (tons C/ha/year)

$C_{above}$ =การปลดปล่อยคาร์บอนจากการลดลงของชีวมวลเหนือดินของสวนปาล์มน้ำมันเปรียบเทียบกับป่าร้อนชื้น(tons C/ha/year)

$C_{below}$ = การปลดปล่อยคาร์บอนจากการลดลงของชีวมวลใต้ดินของสวนปาล์มน้ำมันเปรียบเทียบกับป่าร้อนชื้น (tons C/ha/year)

$MOL_{CO2}$= น้ำหนักโมเลกุลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (g/mol)

$MOL_C$ = น้ำหนักโมเลกุลของธาตุคาร์บอน (g/mol)

$MOL_{palm\ oil}$ = น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของน้ำมันปาล์ม (g/mol)

$GWP_{CO2}$ = ศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (1 $CO_2e$)

$CH_{4waste}$ = การปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากกระบวนการผลิตทะลายปาล์มน้ำมัน (ตันทะลายปาล์มน้ำมัน/เฮกตาร์/ปี)

$GWP_{CH4}$= ศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน (24.5 $CO_2e$)

$M_{fruit}$ = ผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมันต่อปี (ตัน/เฮกตาร์/ปี)

$F_{fruit>oil}$ = การสกัดน้ำมันปาล์มจากทะลายปาล์มน้ำมัน

ดังแสดงผลการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ได้ดังนี้

**ตารางที่** 2-4 การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิจากสวนปาล์มน้ำมัน การใช้เชื้อเพลิงตลอดวงจรชีวิตน้ำมันปาล์มและน้ำเสียการจากการสกัดน้ำมันปาล์ม

| | ตันคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิต่อตันน้ำมันปาล์ม |
|---|---|
| การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้เชื้อเพลิง | ≈1 |
| การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากสวนปาล์ม(ไม่ใช่ดินพีท) | 1.5-5.8 |
| การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากสวนปาล์ม(ดินพีท) | 9-17 |
| การปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากน้ำเสียของการสกัดน้ำมันปาล์ม | 0.16-0.24 |
| ปริมาณรวม | 2.6-18.2 |

ที่มา: L. Reijnders and M.A.J Huijbregts, 2006

S. Pleanjai et al. (2550) ได้ทำการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน พบว่า น้ำมันปาล์มมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล เนื่องจากสามารถจัดหา(ผลิต)ได้เองภายในประเทศและมีต้นทุนในการผลิตไม่สูงมากนัก ทั้งนี้ เนื่องจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ยังมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอยู่มาก แต่สามารถลดผลกระทบดังกล่าวลงได้จากวงจรชีวิตของน้ำมันปาล์ม โดยแบ่งการพิจารณาออกเป็น 3 ส่วน คือ การปลูกปาล์มน้ำมัน (Plantation) การผลิตน้ำมันปาล์ม (Palm Oil Production) และการผลิตไบโอดีเซล (Transesterification) ดังแสดงผลในตารางที่ 2-5

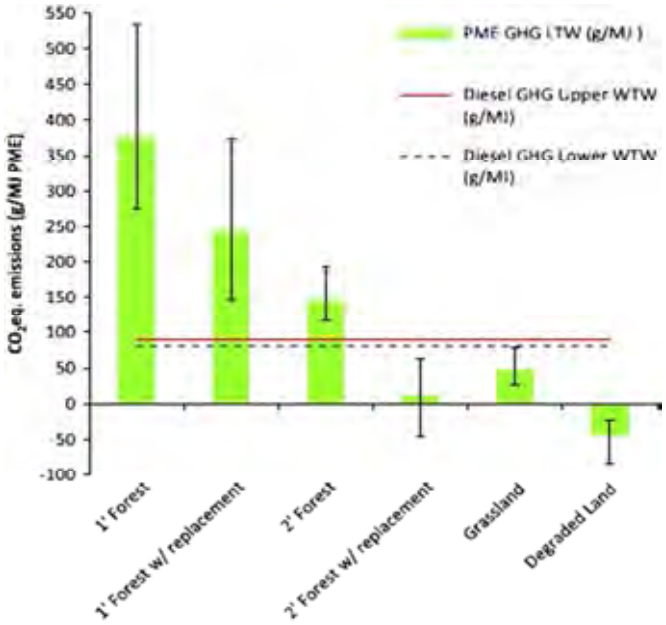
**ตารางที่** 2-5 แสดงปริมาณการใช้ทรัพยากรต่อตันไบโอดีเซล

| **การใช้** | **ปริมาณ** | **การใช้** | Quantity |
|---|---|---|---|
| **วัตถุดิบ** | | **พลังงาน** | |
| ปุ๋ย (กก.) | 265-340 | ไอน้ำ (ลบ.ม.) | 1.8-3.5 |
| แม่ปุ๋ยไนโตรเจน | 74-95 | ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชม.) | 360-380 |
| แม่ปุ๋ยฟอสฟอรัส | 190-240 | **การปลดปล่อยในอากาศ** | |
| แม่ปุ๋ยโพแทสเซียม | 48-61 | ฝุ่นละออง (กก.) | 4.2-9.4 |
| แม่ปุ๋ยแมกนีเซียม | 4-5 | ไนตรัสออกไซด์ (กก.) | 1.8-3.3 |
| แม่ปุ๋ยโบรอน | 0.5-0.9 | คาร์บอนมอนอกไซด์ (กก.) | 1.5-4.1 |
| พาราควอท (กก.) | 1.4-2.2 | น้ำเสีย (ลบ.ม.) | 3-4 |
| ไกลโฟเสท (กก.) | 6-7 | เศษเหลือ/ของเสีย | |

| **การใช้** | **ปริมาณ** | **การใช้** | Quantity |
|---|---|---|---|
| ทะลายปาล์มน้ำมัน (ตัน) | 6-10 | เส้นใย (ตัน) | 1.6-2.4 |
| โซเดียมไฮดรอกไซด์ (กก.) | 0.15 | กะลา (ตัน) | 0.3-0.5 |
| เมทานอล (ตัน) | 0.15 | กากปาล์ม (ตัน) | 0.06-0.14 |
| ดีเซล (ลิตร) | 5-13 | ทะลายปาล์มเปล่า (ตัน) | 1.6-2.1 |
| น้ำ (ลบ.ม.) | 6,500-10,000 | เถ้า (ตัน) | 0.02-0.07 |
| | | **ผลผลิต** | |
| | | ไบโอดีเซล (ตัน) | 1.0 |
| | | กลีเซอรอล (ตัน) | 0.32 |

ที่มา: S. Pleanjai et al., 2007

**Mohd Nor Azman Hassana, Paulina Jaramillo และ W. Michael Griffin (2554)** ได้ศึกษาวิจัยวัฏจักรชีวิตการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการพัฒนาปาล์มน้ำมันของประเทศมาเลเซีย เพื่อนำมาผลิตไบโอดีเซลในสัดส่วนร้อยละ5 (บี 5) ใช้เป็นพลังงานทดแทนน้ำมันดีเซล โดยเฉพาะในภาคคมนาคมขนส่งภายในประเทศตามนโยบายของรัฐบาล ทั้งนี้ กระบวนการผลิตปาล์มน้ำมันส่งผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากงานวิจัยพบว่าแนวทางหนึ่งที่สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาจากการใช้ประโยชน์จากที่ดินที่หลากหลายผสมผสานกัน โดยเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน โดยจากพื้นที่ป่าไม้เดิม (Primary Forest) และพื้นที่ป่าที่เคยถูกทำลายมาแล้ว (Secondary Forest) จะทำให้มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่าง 270-530 และ 120-190 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อมิลลิจูลไบโอดีเซล ตามลำดับ และหากเป็นพื้นที่ที่มนุษย์นำไปใช้พัฒนาแล้ว จะมีการปลดปล่อยระหว่าง 23-85 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อมิลลิจูลไบโอดีเซล ทั้งนี้ การผลิต ไบโอดีเซลเพื่อใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลจะทำให้ช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงได้กว่า 1.03 ล้านตัน ดังแสดงในภาพที่ 2-11




**ภาพที่** 2-11 แสดงการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวงจรชีวิตการผลิตน้ำมันปาล์มแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์จากที่ดิน

ที่มา : Mohd Nor Azman Hassana, Paulina Jaramillo, W. Michael Griffin, 2011

Vijaya S., Ma A. N., Choo Y. M. and Nik Meriam N. S. (2008) ได้ทำการศึกษาวิจัยผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากโรงสกัดน้ำมันปาล์ม จำนวน 12 แห่งกระจายในแต่ละภาคของประเทศมาเลเซียจากการใช้ทรัพยากรและผลผลิตที่เกิดขึ้นที่มีผลเกี่ยวเนื่องจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม โดยการวิเคราะห์วงจรชีวิต (Life Cycle Inventory : LCI) พบว่า ทรัพยากรที่ใช้และมีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่วนใหญ่มาจากไฟฟ้าที่มาจากกังหันไอน้ำโดยใช้เชื้อเพลิงที่เป็นวัสดุเหลือใช้จากโรงงานเป็นแหล่งให้พลังงานความร้อน ได้แก่ เส้นใยปาล์ม กะลาปาล์ม รวมถึงน้ำมันดีเซลที่ใช้ในกระบวนการผลิตรวมถึงการใช้งานกับเครื่องยนต์ภายในโรงงาน นอกจากนี้ผลผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม คือ น้ำเสีย ที่ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซมีเทนซึ่งถือเป็นก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญชนิดหนึ่งสู่ชั้นบรรยากาศ ดังแสดงผลในตารางที่ 2-6

**ตารางที่** 2-6 แสดงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตน้ำมันปาล์ม จำนวน 12 โรงงานในประเทศมาเลเซีย

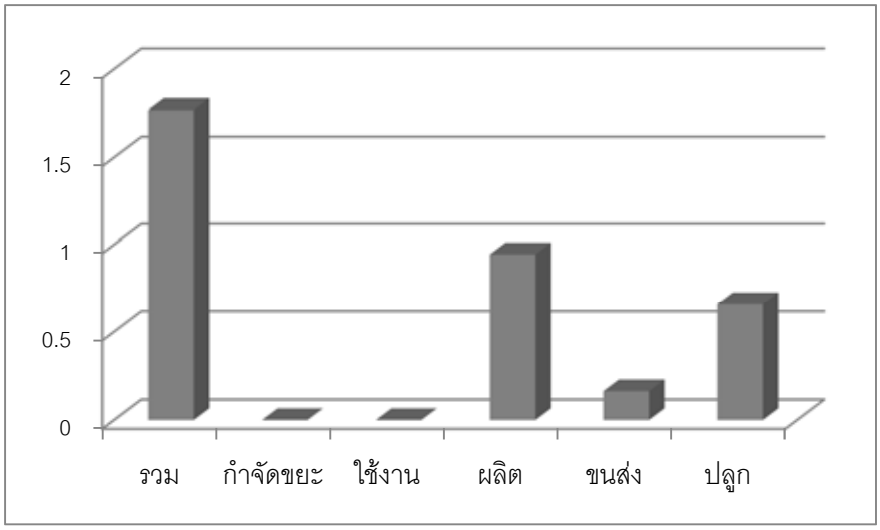
| Mill | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ประเภท | PL* | PL | PR** | PL | PL | PL | PL | PL | PL | PL | PL | PR |
| กำลังการผลิต (ตัน-ชม.) | 20 | 30 | 40 | 40 | 45 | 45 | 50 | 50 | 60 | 65 | 70 | 90 |
| อัตราการใช้เชื้อเพลิง (ตัน-ชม.) | 2.50 | 3.5070:30 | 5.60 | 4.50 | 4.88 | 5.00 | 6.00 | 5.90 | 7.50 | 7.50 | 13.00 | 11.00 |
| สัดส่วนเชื้อเพลิง ใย: กะลา | 80:20 | 70:30 | 70:30 | 80:20 | 70:30 | 90:10 | 80:20 | 80:20 | 80:20 | 80:20 | 60:40 | 90:10 |
| ไอน้ำที่ได้ (ตัน-ชม.) | 10.00 | 14.00 | 22.50 | 17.50 | 19.00 | 18.00 | 24.00 | 23.50 | 30.00 | 30.50 | 52.00 | 42.50 |
| วัตถุดิบที่ใช้ | | | | | | | | | | | | |
| ทะลายปาล์มเปล่า(ตัน) | 4.93 | 5.07 | 5.34 | 5.48 | 5.27 | 4.67 | 5.47 | 5.10 | 4.67 | 4.67 | 4.87 | 5.39 |
| ไฟฟ้าจากกังหัน (กิโลวัตต์-ชม.) | 98.59 | 101.38 | 106.73 | 109.57 | 105.48 | 93.41 | 109.34 | 101.91 | 93.48 | 93.46 | 97.36 | 107 |
| ไฟฟ้าจากสายส่ง(กิโลวัตต์-ชม.) | 2.00 | 1.99 | 0.18 | 0.25 | 2.95 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.10 |
| ดีเซลใช้ในการผลิต (ลิตร) | 2.17 | 0.00 | 1.29 | 1.98 | 2.92 | 2.86 | 2.45 | 2.12 | 4.47 | 3.37 | 4.51 | 0.38 |
| ดีเซลใช้กับเครื่องยนต์ (ลิตร) | 0.28 | 0.15 | 2.60 | 2.96 | 0.84 | 3.54 | 1.08 | 1.25 | 3.40 | 3.41 | 0.68 | 2.10 |
| Boiler fuel | | | | | | | | | | | | |
| เส้นใย (ตัน) | 0.51 | 0.63 | 0.52 | 0.57 | 0.47 | 0.58 | 0.55 | 0.52 | 0.43 | 0.43 | 0.55 | 0.60 |
| กะลา (ตัน) | 0.13 | 0.27 | 0.22 | 0.14 | 0.20 | 0.06 | 0.14 | 0.13 | 0.11 | 0.11 | 0.36 | 0.07 |
| น้ำสำหรับต้มน้ำ(ลิตร) | 2.50 | 3.64 | 2.92 | 2.79 | 2.66 | 2.35 | 2.88 | 2.54 | 2.10 | 2.14 | 3.64 | 2.55 |
| ไอน้ำ (ลิตร) | 2.46 | 3.29 | 2.77 | 2.63 | 2.64 | 2.34 | 2.84 | 2.55 | 2.10 | 2.10 | 3.16 | 2.53 |
| ไอน้ำสำหรับกังหัน (ตัน) | 2.50 | 3.64 | 2.92 | 2.79 | 2.66 | 2.35 | 2.88 | 2.54 | 2.10 | 2.14 | 3.64 | 2.55 |
| น้ำที่ใช้ในการผลิต (ตัน) | 3.42 | 2.95 | 3.48 | 3.79 | 3.67 | 3.26 | 3.68 | 3.57 | 3.51 | 3.47 | 3.66 | 3.38 |
| **วัตถุดิบที่ได้** | | | | | | | | | | | | |
| เนื้อในปาล์ม | 0.39 | 0.41 | 0.43 | 0.44 | 0.42 | 0.37 | 0.44 | 0.41 | 0.37 | 0.37 | 0.39 | 0.43 |
| เส้นใยปาล์ม (t) | 0.08 | 0.00 | 0.12 | 0.09 | 0.16 | 0.00 | 0.10 | 0.09 | 0.13 | 0.13 | 0.04 | 0.05 |
| กะลา(t) | 0.22 | 0.09 | 0.15 | 0.24 | 0.17 | 0.26 | 0.24 | 0.23 | 0.22 | 0.22 | 0.00 | 0.31 |
| ทะลายเปล่า(t) | 1.13 | 1.17 | 1.23 | 1.26 | 1.21 | 1.07 | 1.26 | 1.17 | 1.08 | 1.07 | 1.12 | 1.25 |
| น้ำเสีย(t) | 2.96 | 3.04 | 3.20 | 3.29 | 3.16 | 2.80 | 3.28 | 3.06 | 2.80 | 2.80 | 2.92 | 3.23 |
| ก๊าซมีเทน($m^3$) | 53.83 | 55.35 | 58.27 | 59.82 | 57.59 | 51.00 | 59.70 | 55.64 | 51.04 | 51.03 | 53.16 | 58.81 |
| CO2 จากบ่อบำบัดน้ำเสีย (ลบ.ม.) | 28.99 | 29.81 | 31.38 | 32.21 | 31.01 | 27.46 | 32.15 | 29.96 | 27.48 | 27.48 | 28.62 | 31.67 |
| เถ้าจากหม้อต้มน้ำ (ตัน) | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 |

| Mill | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ฝุ่นละออง/ สิ่งเจือปน (kg) | 0.07 | 0.15 | 0.11 | 0.13 | 0.14 | 0.13 | 0.15 | 0.15 | 0.16 | 0.17 | 0.45 | 0.70 |
| CO (kg) | 0.02 | 0.05 | 0.06 | 0.05 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.07 | 0.07 | 0.14 | 0.13 |
| CO2 (kg) | 13.74 | 43.47 | 56.87 | 57.39 | 56.06 | 60.72 | 60.70 | 59.41 | 67.99 | 68.81 | 161.20 | 142.18 |
| SOx (kg) | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.003 | 0.003 |
| NOx (kg) | 0.04 | 0.08 | 0.12 | 0.10 | 0.09 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.10 | 0.10 | 0.20 | 0.25 |

**หมายเหตุ** * PL-Plantation **PR-Private

ที่มา : Vijaya S; Ma A N; Choo Y M and NikMeriam NS,2008

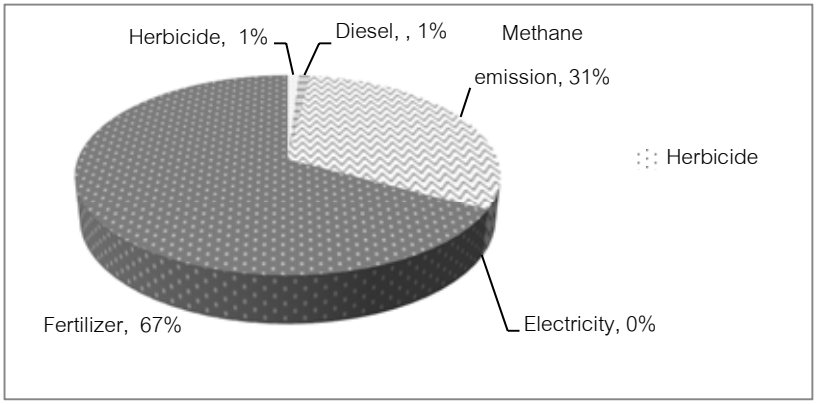
**ศักดิ์รพี คนซื่อ,หาญพล พึ่งรัศมี,วรณี แพ่งจันทึก, ภณิดา ซ้ายขวัญ และ ไพรัช อุศุภรัตน์** (2552) ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตน้ำมันปาล์มโอเลอิน ซึ่งแสดงผลในรูปหน่วยตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้หลักการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) ตามมาตรฐาน ISO 14040 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้ทรัพยากรและพลังงานที่ใช้ตั้งแต่กระบวนการปลูกปาล์มน้ำมัน การขนส่ง การผลิตน้ำมันปาล์มดิบ จนถึงกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยไม่พิจารณาขั้นตอนการบรรจุภัณฑ์ พบว่า มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.768 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันน้ำมันปาล์มโอเลอิน ดังแสดงผลในรูปที่ 2-12



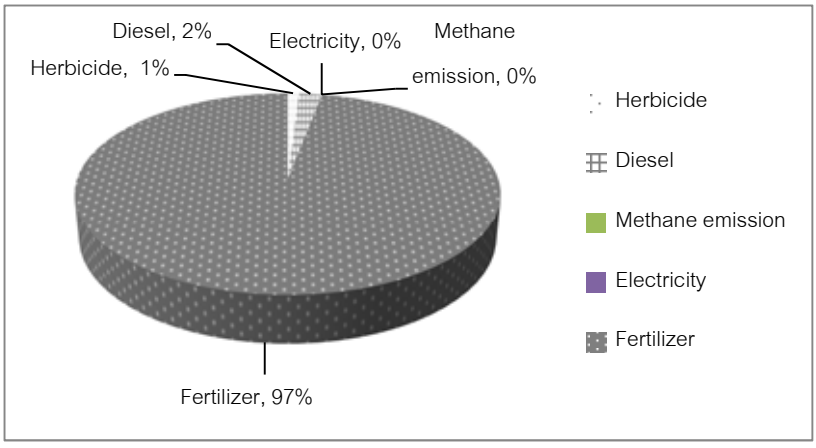

**ภาพที่ 2-12** ปริมาณการปลดปล่อย $CO_2$ของกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มโอเลอิน (ton $CO_2$e/ton ROL)

ที่มา : ศักดิ์รพี คนซื่อ และคณะ, 2552

K. Chuchuoy et al. (2009) ได้ศึกษาวิจัยเบื้องต้นถึงความเป็นไปได้ในการขึ้นทะเบียนฉลากลดคาร์บอน (Thailand Carbon Reduction Label) ต่อผลิตภัณฑ์น้ำมันปาล์มดิบ 1 ตัน โดยอาศัยข้อมูลของปริมาณการใช้พลังงาน การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ พบว่า กระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบที่มีระบบผลิตไบโอแก๊ส มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.689 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันน้ำมันปาล์มดิบ และ 1.009 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันน้ำมันปาล์มดิบสำหรับการผลิตที่ไม่มีระบบผลิตไบโอแก๊ส ทั้งนี้ หากจะนำน้ำมันปาล์มดิบขึ้นทะเบียนเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับฉลากลดคาร์บอน ต้องลดการปลดปล่อยลงให้ได้อย่างน้อยคิดเป็นร้อยละ 10 ของการปลดปล่อยทั้งหมด ดังแสดงในภาพที่ 2-13 และ 2-14




**ภาพที่ 2-13** สัดส่วนปริมาณการปล่อย $CO_2$ต่อตันน้ำมันปาล์มดิบ กรณีมีระบบผลิตไบโอแก๊ส
ที่มา : K. Chuchuoy et al. (2009)



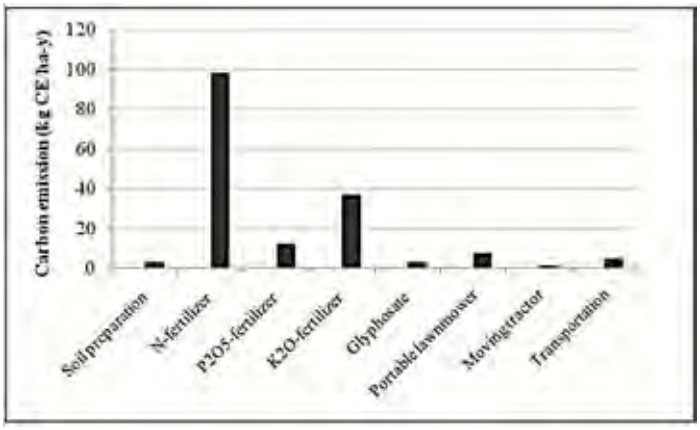

**ภาพที่ 2-14** สัดส่วนปริมาณการปล่อย $CO_2$ต่อตันน้ำมันปาล์มดิบ กรณีไม่มีระบบผลิตไบโอแก๊ส
ที่มา : K. Chuchuoy et al. (2009)

**Withida Patthanaissaranukool and Chongchin Polprasert (2554)** ดำเนินการศึกษาเรื่อง Carbon Mobilization in Oil Palm Plantation and Milling Based on a Carbon-Balance Model – A Case Study in Thailand พบว่า สมดุลการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิจากสวนปาล์มน้ำมันและโรงสกัดน้ำมันปาล์มเท่ากับประมาณ 28 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิต่อไร่ โดยมีการปลดปล่อยสูงสุดจากการขั้นตอนการใส่ปุ๋ย ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 84 ของปริมาณการปลดปล่อยทั้งหมด สำหรับกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม พบว่า มีปริมาณการปลดปล่อยของเสียออกสู่สิ่งแวดล้อมน้อยมาก เนื่องจากเศษเหลือหรือของเสียจากขั้นตอนดังกล่าวถูกนำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าภายในโรงสกัดน้ำมันปาล์มและผลิตเป็นปุ๋ยสำหรับใช้ในสวนปาล์มน้ำมัน ทั้งนี้ ทำให้สามารถลดปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนลงได้ปริมาณเท่ากับ 103.88 และ 2.16 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิต่อไร่ ตามลำดับ

ปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนทั้งหมดจากกระบวนการปลูก(เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการไถพรวนดิน การเก็บเกี่ยว จนถึงขั้นตอนขนส่งผลผลิตไปยังโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม พบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 26.72 ±6.4 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิต่อไร่ โดยมาจากขั้นตอนการให้ปุ๋ยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 88 ของการปลดปล่อยทั้งหมด ทั้งนี้ เนื่องจากต้นปาล์มน้ำมันมีปริมาณความต้องการใช้ปุ๋ยค่อนข้างสูงสำหรับการเจริญเติบโตและผลิตทะลายปาล์มน้ำมันที่มีคุณภาพ ในทางตรงกันข้ามนั้น การเตรียมดิน(ไถพรวนดิน) มีปริมาณการปลดปล่อยค่อนข้างน้อย คิดเป็นร้อยละ 1.7 ของการปลดปล่อยทั้งหมด (ทำครั้งเดียวเท่านั้น) ในขณะที่ต้นปาล์มน้ำมันมีความต้องการใช้ปุ๋ยในปริมาณมากเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตโดยเฉลี่ยต่อไร่ คือ N (ไนโตรเจน)12 กิโลกรัม $P_2O_5$ (ฟอสฟอรัส) 9.12 กิโลกรัม และ $K_2O$ (โพแทสเซียม) 32 กิโลกรัม ทั้งนี้ พบว่า มีการปลดปล่อยคาร์บอนจากการใส่ปุ๋ยตามลำดับ คือ 15.68 1.92 และ 5.92 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิต่อไร่ โดยที่มีการปลดปล่อยสูงสุดจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน คิดเป็นร้อยละ 67 ของการปลดปล่อยคาร์บอนจากการใส่ปุ๋ยทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 2-7

สำหรับปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอน จากขั้นตอนการกำจัดวัชพืชมีประมาณ 1.90 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิต่อไร่ ซึ่งมาจากสารกำจัดวัชพืชและเชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องยนต์สำหรับกำจัดวัชพืช ในขณะที่การฉีดพ่นไกลโฟเสทเพื่อกำจัดวัชพืชนั้นจะใช้ในปริมาณมากช่วงอายุปาล์มน้ำมัน 1-3 ปีแรกเท่านั้น และหลังจากช่วงอายุ 4-25 ปีขึ้นไปจึงจะใช้เครื่องตัดหญ้าหรือรถแทรคเตอร์ โดยจากการศึกษาพบว่า การกำจัดวัชพืชด้วยวิธีการใช้เครื่องตัดหญ้า มีปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนน้อยที่สุดเท่ากับ 1.6 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิต่อไร่ และปลดปล่อยคาร์บอนปริมาณสูงสุดจากการฉีดพ่นไกลโฟเสทที่มีปริมาณเท่ากับ 4.96 กิโลกรัม

คาร์บอนไดออกไซด์สุทธิต่อไร่ ทั้งนี้ เนื่องจากไกลโฟเสทเป็นสารเคมีที่ใช้สำหรับกำจัดวัชพืช ซึ่งจัดว่ามีการปลดปล่อยคาร์บอนในปริมาณที่สูง ดังนั้น ขั้นตอนการกำจัดวัชพืชในสวนปาล์มน้ำมันควรใช้เครื่องตัดหญ้า ทั้งนี้ เพื่อเป็นการลดการเสี่ยงอันตรายจากการสัมผัสโดนสารเคมีกำจัดวัชพืช (ไกลโฟเสท) ซึ่งจัดว่าเป็นสารเคมีที่เป็นพิษและเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์




**ภาพที่** 2-15 ปัจจัยของการปลดปล่อยคาร์บอนจากสวนปาล์มน้ำมัน

ที่มา : Withida Patthanaissaranukool and Chongchin Polprasert, 2011

จากการศึกษาพบว่า กรณีขั้นตอนการขนส่งผลผลิตปาล์มน้ำมันมีการปลดปล่อยคาร์บอน โดยเฉลี่ยประมาณ 0.75 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิต่อไร่ ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับระยะทางจากสวนปาล์มน้ำมันไปยังโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม โดยจากการสำรวจพบว่า สวนปาล์มน้ำมันมักตั้งอยู่ใกล้กับโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มอย่างน้อยไม่เกิน 20 กิโลเมตร

สำหรับเครื่องจักรและอุปกรณ์อื่นที่ใช้ในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม พบว่า วัสดุที่ใช้และออกจากกระบวนการผลิต (เครื่องจักร) ถูกนำไปใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่และไม่พบการปล่อยของเสียจากเครื่องจักรสู่สิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ เนื่องจากพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตมาจากการนำเศษเหลือจากกระบวนการผลิตมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อนำกลับไปใช้ในกระบวนการดังกล่าว ทำให้การปลดปล่อยคาร์บอนมีปริมาณน้อยมาก โดยพบว่า มีปริมาณการปลดปล่อยประมาณ 1.23 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิต่อไร่ ซึ่งมาจากการใช้น้ำมันดีเซลและไฟฟ้าสำหรับกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ โดยทั่วไปแล้วน้ำมันดีเซลจะถูกใช้ต่อเมื่อเริ่มเดินเครื่องจักรในขั้นต้นของกระบวนการผลิตและใช้ในรถดันทะลายปาล์มน้ำมันและรถยก

**ภาพที่** 2-16 ปริมาณร้อยละของปัจจัยที่ก่อให้เกิดการปลดปล่อยคาร์บอนแยกตามกิจกรรมในสวนปาล์มน้ำมันและโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

ที่มา : Withida Patthanaissaranukool and Chongchin Polprasert, 2011

**ตารางที่** 2-7 แสดงปริมาณและสมดุลคาร์บอนในกระบวนการปลูกและสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

| **ขั้นตอน** | **ปริมาณต่อหน่วย** | | **กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันน้ำมันปาล์มดิบ** |
|---|---|---|---|
| | **ค่าที่ได้** | **หน่วยตันน้ำมันปาล์มดิบ** | |
| **กระบวนการปลูกปาล์มน้ำมัน** | | | |
| *การเตรียมดิน* | | | |
| - การไถพรวน ครั้งที่ 1 | 0.66 ± 0.11 | ดีเซล(ลิตร) | 0.48 ± 0.08 |
| - การไถพรวน ครั้งที่ 2 | 0.33 ± 0.07 | ดีเซล(ลิตร) | 0.24 ± 0.05 |
| - การไถพรวน ครั้งที่ 3 | 0.24 ± 0.05 | ดีเซล(ลิตร) | 0.18 ± 0.05 |
| รวมปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอน | 1.22 ± 0.16 | ดีเซล(ลิตร) | 0.89 ± 0.12 |
| *การให้ปุ๋ย* | | | |
| - ไนโตรเจน(N) | 23.82 ± 6.41 | กก. | 31.32 ± 8.43 |
| - ฟอสฟอรัส($P_2O_5$) | 18.15 ± 5.31 | กก. | 3.90 ± 1.14 |
| - โพแทสเซียม($K_2O$) | 63.79 ± 20.73 | กก. | 11.79 ± 4.42 |
| รวมปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอน | 105.90 ± 32.15 | กก. | 47.00 ± 12.63 |
| *การกำจัดวัชพืช* | | | |
| - ไกลโฟเสท | 1.98 ± 0.49 | ลิตร | 0.96 |
| - เครื่องตัดหญ้า | 5.22 ± 1.47 | ลิตร | 2.50 |
| - รถแทรคเตอร์ | 4.99 ± 1.15 | ลิตร | 0.32 |

| ขั้นตอน | ปริมาณต่อหน่วย | | กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันน้ำมันปาล์มดิบ |
|---|---|---|---|
| | ค่าที่ได้ | หน่วยตันน้ำมันปาล์มดิบ | |
| รวมปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอน | | | 3.78 |
| การขนส่งผลผลิตปาล์มน้ำมันสู่โรงสกัดน้ำมันปาล์ม | 2.07 ± 2.09 | ลิตร | 1.51 ± 1.52 |
| ผลผลิตทะลายปาล์มสด | 6.12 ± 1.77 | ตัน | 2450 ± 707 |
| ปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนจากสวนปาล์มน้ำมัน (a) | | | 53.32 ± 12.77 |
| **กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ** | | | |
| ไฟฟ้า | 3.06 ± 0.80 | กิโลวัตต์/ชม. | 0.50 ± 0.12 |
| น้ำมันดีเซล | 2.69 ± 0.73 | ลิตร | 1.96 ± 0.55 |
| น้ำมันปาล์มดิบ | 1000 ± 61.23 | กก. | 812.16 ± 49.71 |
| กะลาปาล์ม | 425.15 ± 129.06 | กก. | 181.41 ± 55.10 |
| ทะลายปาล์มเปล่า | 1342.19 ± 107.07 | กก. | 4.30 ± 0.34 |
| เส้นใยปาล์ม | 836.04 ± 183.80 | กก. | - |
| ไฟฟ้าผลิตจากเส้นใยปาล์ม | 111.74 ± 32.27 | กิโลวัตต์/ชม. | 17.88 ± 5.14 |
| น้ำเสียจากกระบวนการผลิต | 3.25 ± 0.86 | ลบ.ม. | - |
| ไบโอแก๊สจากน้ำเสีย | 45.50 | ลบ.ม. | - |
| ไฟฟ้าจากไบโอแก๊ส | 50.05 | กิโลวัตต์/ชม. | 8.01 |
| ปริมาณรวมการปลดปล่อยคาร์บอนจากกระบวนการโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม (b) | | | 2.46 ± 0.67 |
| **ปริมาณรวมการปลดปล่อยคาร์บอน (a+b)** | | | **55.78** |
| **ปริมาณรวมการตรึงคาร์บอน** | | | **812.16** |
| **ปริมาณรวมการลดการปลดปล่อยคาร์บอน** | | | **211.60** |

ที่มา : Withida Patthanaissaranukool and Chongchin Polprasert, 2011

**อรัญ หันพงศ์กิตติกูล และ คณะ** (2552) ดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่อง การประเมินขั้นต้นของการเกิดก๊าซเรือนกระจกจากสวนปาล์มและการสกัดน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทย พบว่า การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสวนปาล์มน้ำมันที่เกิดขึ้น ส่วนใหญ่มาจากการใช้ปุ๋ยและน้ำมันเชื้อเพลิง โดยมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยเท่ากับ 9.394 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ทั้งนี้ เป็นการพิจารณาเฉพาะการผลิตทะลายปาล์มน้ำมันสดจากพื้นที่เดิม ไม่ได้พิจารณาเรื่องการเปลี่ยนพื้นที่อื่น เช่น พื้นที่ป่า พื้นที่ปลูกยางพารา หรือพื้นที่ทำนา เป็นพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน สำหรับในส่วนของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มนั้น พบว่า การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนสกัดน้ำมันปาล์มเกิดจากการใช้ไฟฟ้าและน้ำมันเชื้อเพลิงในการเดินเครื่องจักรและการขนส่งภายในโรงงาน รวมถึงบางโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่มีบ่อบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศระบบเปิด จึงเกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซมีเทน ทั้งนี้ ได้คัดเลือกโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม จำนวน 2 แห่ง ในจังหวัดกระบี่ และจังหวัดสุราษฎร์ธานี เพื่อเป็นต้นแบบในการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

นอกจากนี้ อรัญ และ คณะ (2552) ได้ศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการขนส่งทะลายปาล์มน้ำมันสดจากสวนปาล์มน้ำมันมายังโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม เนื่องจากภายหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมันจะต้องรีบนำส่งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มโดยเร็วที่สุด เพราะจะเกิดกระบวนการเร่งการทำงานของเอนไซม์ที่ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid) ซึ่งถือเป็นกรดในน้ำมันปาล์มที่ไม่มีคุณภาพ ตามหลักการควรส่งภายใน 1 วัน หรือ 24 ชั่วโมง หลังเก็บเกี่ยวจากต้น ทั้งนี้ จากการศึกษากำหนดให้สวนปาล์มน้ำมันอยู่ในรัศมีห่างจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มไม่เกิน 50 กิโลเมตร และมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมันสด 16 ครั้งต่อปี พบว่า มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งทะลายปาล์มน้ำมันสดประมาณร้อยละ 1.6 ของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด โดยเมื่อพิจารณาภาพรวมตั้งแต่การปลูกปาล์มน้ำมันจนถึงการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.000-2.289 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันน้ำมันปาล์มดิบ ดังแสดงในตารางที่ 2-8

**ตารางที่ 2-8** การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการสวนปาล์ม การขนส่ง และการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

| กระบวนการผลิต | จ.กระบี่ | จ.สุราษฎร์ธานี | หน่วย |
|---|---|---|---|
| การจัดการสวนปาล์ม | 134 | 144 | $kgCO_2e$/ton FFB |
| การขนส่งทะลายปาล์มปาล์มน้ำมันสด | 2.15 | 2.31 | $kgCO_2e$/ton FFB |
| โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม | โรงงานที่ 1 | โรงงานที่ 2 | $kgCO_2e$/ton FFB |

| กระบวนการผลิต | จ.กระบี่ | จ.สุราษฎร์ธานี | หน่วย |
|---|---|---|---|
| • การใช้ไฟฟ้า | 10.2 | 7.69 | $kgCO_2e$/ton FFB |
| • การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง | 1.38 | 0.78 | $kgCO_2e$/ton FFB |
| • บ่อบำบัดน้ำเสียแบบเปิด | 264.32 | 165.20 | $kgCO_2e$/ton FFB |
| รวมของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม | 275.90 | 173.67 | $kgCO_2e$/ton FFB |
| รวมทั้งหมดเทียบกับทะลายปาล์มน้ำมันสด | 412.05 | 319.98 | $kgCO_2e$/ton FFB |
| เมื่อเทียบกับน้ำมันดิบที่สกัดได้ | 2,289.17 | 1,999.875 | $kgCO_2e$/ton CPO |
| เมื่อคิดเทียบเป็นตันคาร์บอนไดออกไซด์ | 2.289 | 2.000 | $tonCO_2e$/ton CPO |

ที่มา : อรัญ หันพงศ์กิตติกูลและคณะ, 2552

ทั้งนี้ หากพิจารณาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยการผลิต พบว่า โรงงานที่มีกำลังการผลิตสูงจะมีแนวโน้มการปลดปล่อยต่อหน่วยการผลิตต่ำกว่า เนื่องจากใช้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพต่อการทำงานสูงกว่า และใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยกว่า

อรัญ และ คณะ (2552) ได้เสนอแนะแนวทางลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกปาล์มน้ำมันจนถึงกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ ดังนี้ 1) การลดการใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งต้องมีการบริหารจัดการสวนปาล์มน้ำมันที่ดี ลดการใช้ปุ๋ยเคมีโดยเปลี่ยนมาใช้ปุ๋ยอินทรีย์ 2) การลดการใช้ไฟฟ้าในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม มีการแปรรูปเศษเหลือหรือของเสียจากกระบวนการผลิตมาใช้เป็นพลังงานทดแทนทั้งระบบ และ 3) การลดปริมาณน้ำเสียและการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศระบบปิดโดยการใช้เทคโนโลยีสะอาดในการบริหารจัดการ รวมถึงการนำน้ำเสียกลับมาผลิตเป็นไฟฟ้า เพื่อใช้ภายในโรงงาน ซึ่งจะสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนสกัดน้ำมันปาล์มดิบได้มากกว่าร้อยละ 50

**Meine Van Noordwijk et al. (2009)** ดำเนินการศึกษาเรื่อง Estimating carbon footprint from biofuel production from oil palm: methodology and results from 2 pilot areas in Indonesia พบว่า สำหรับประเทศอินโดนีเซียซึ่งเป็นแหล่งเพาะปลูกปาล์มน้ำมันที่สำคัญประเทศหนึ่ง ในกระบวนการปลูกปาล์มน้ำมันนั้นมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ แบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ คือ ระยะเริ่มปลูกปาล์มน้ำมัน ระยะเจริญเติบโตของต้นปาล์มน้ำมัน และระยะเก็บเกี่ยวและขนส่งผลผลิตไปยังโรงสกัดน้ำมันปาล์มดิบ และ

กระบวนการผลิตเมล็ดในปาล์ม กระบวนการผลิตไบโอดีเซล (Tranesterification) และขนส่งไปยังผู้บริโภคปลายทาง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาขององค์กร Roundtable on Sustainable Palm Oil :RSPO (2009) ที่ดำเนินการศึกษาเรื่อง Greenhouse Gas Emissions from Palm Oil Production พบว่า ช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันจนถึงกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสาเหตุต่างๆ ดังนี้

**1. การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas : GHG) เกิดขึ้นภายหลังการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน จนถึงการให้ผลผลิตทะลายปาล์มสด (Fresh Fruit Bunch : FFB)**

1.1 การปลดปล่อยGHG สัมพันธ์กับการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล สำหรับขั้นตอนการปลูกปาล์มน้ำมัน รวมถึงที่ใช้กับเครื่องยนต์ที่เกี่ยวข้อง

1.2 การปลดปล่อยGHG จากการใช้ปุ๋ย

1.3 การปลดปล่อยGHG จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลภายในโรงสกัดน้ำมันปาล์มและกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

1.4 การปลดปล่อยGHG จากน้ำเสียที่เกิดจากโรงสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

**2. การปลดปล่อย GHG เกิดขึ้นภายหลังจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนรวม (Carbon Stocks) ระหว่างการพัฒนาพื้นที่ปลูกใหม่รวมถึงการบริหารจัดการสวนปาล์มน้ำมัน และชีวภาพที่อยู่เหนือดินและบนดิน ตลอดจนอนุภาคอินทรีย์ดินด้วย**

2.1 การปลดปล่อย GHG สัมพันธ์กับการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล สำหรับขั้นตอนการปลูกปาล์มน้ำมัน รวมถึงที่ใช้กับเครื่องยนต์ที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาค้นคว้า พบว่า การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) สัมพันธ์กับปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลที่ใช้ในสวนปาล์มน้ำมันและเครื่องยนต์อื่นๆที่เกี่ยวข้องภายในสวนปาล์มน้ำมัน โดยมีปริมาณเท่ากับ 28.80-64.64 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อไร่ต่อปี โดยคิดคำนวณจากฐานผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบเฉลี่ย 512-640 กิโลกรัมน้ำมันปาล์มดิบต่อไร่ต่อปี คิดเป็นปริมาณการปลดปล่อย GHG เท่ากับ 45-125 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันน้ำมันปาล์มดิบ

2.2 การปลดปล่อย GHG จากการใช้ปุ๋ย

จากการศึกษาค้นคว้า พบว่า การปลดปล่อย GHG สัมพันธ์กับปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีและสารกำจัดศัตรูพืชในสวนปาล์มน้ำมัน โดยมีปริมาณเท่ากับ 160-240 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อไร่ต่อปี โดยคิดคำนวณจากฐานผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบเฉลี่ย 512-

640 กิโลกรัมน้ำมันปาล์มดิบต่อไร่ต่อปี คิดเป็นปริมาณการปลดปล่อย GHG เท่ากับ 250-470 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตัน

2.3 การปลดปล่อย GHG จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลภายในโรงสกัดน้ำมันปาล์มและกระบวนการจัดการของเสียจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ (ยกเว้นน้ำเสีย)

จากการศึกษาค้นคว้า พบว่า ประสิทธิภาพการนำของเสียและเศษเหลือจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มกลับมาใช้ใหม่สามารถช่วยลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกระบวนการดังกล่าว สรุปได้ว่า ไม่มีปริมาณการปลดปล่อย GHG จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและการใช้ประโยชน์จากของเสียและเศษเหลือจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

2.4 การปลดปล่อย GHG จากน้ำเสียที่เกิดจากโรงสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

จากการศึกษาค้นคว้า พบว่า ปริมาณการปลดปล่อย GHG จากการใช้เชื้อเพลิง และการจัดการของเสียและเศษเหลือในโรงสกัดน้ำมันปาล์ม มีปริมาณเท่ากับ 400-640 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อไร่ต่อปี

**สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์** (2555) ดำเนินโครงการการผลิตปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มเพื่อพลังงานชีวภาพอย่างยั่งยืน โดยศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์จากปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์ม ตามหลักสากล ISO 14040:2006 Environmental management : Life Cycle Assessment ซึ่งคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การใช้งาน การขนส่ง และการกำจัดของเสีย โดยการศึกษาครอบคลุมตั้งแต่ขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน การปลูกปาล์มน้ำมัน การแปรรูปผลิตภัณฑ์ เป็นน้ำมันเพื่อการบริโภคและการใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลในรูปไบโอดีเซล ผลการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอนการผลิตสามารถสรุปได้ ดังนี้

**1.การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use Change : LUC)**

กรณีศึกษาพบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศมีระดับแตกต่างกัน โดยการปรับเปลี่ยนพื้นที่ป่าไม้เพื่อปลูกปาล์มน้ำมันจะปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศสูงสุด เนื่องจากป่าไม้มีความหนาแน่นของพืชต่อหน่วยพื้นที่สูง ขณะที่การปลูกปาล์มน้ำมันทดแทนพืชชนิดอื่น ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เนื่องจากต้นปาล์มน้ำมันสามารถเก็บกักคาร์บอนในต้นปาล์มและลดการไถพรวนดิน โดยได้สรุปพื้นที่ที่เหมาะสมในการทำสวนปาล์มน้ำมัน ดังตารางที่ 2-9

**ตารางที่** 2-9 แสดงพื้นที่ที่เหมาะสมในการทำสวนปาล์มน้ำมัน

| กรณีศึกษาพื้นที่ปรับเปลี่ยน เป็นสวนปาล์มน้ำมัน | ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ton $CO_2e$ / ha / Yr.) |
|---|---|
| ป่าไม้ | 24.41 |
| สวนผลไม้ | 0 |
| นาข้าว | -1.79 |
| สวนยาง | -2.16 |
| พืชไร่ | -2.67 |
| พื้นที่ไม่ได้ใช้สอย | -2.98 |

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2555

หมายเหตุ :

1. เครื่องหมาย “-” หมายถึง การกักเก็บคาร์บอน ในขณะที่เครื่องหมาย “+” หมายถึง การปล่อยคาร์บอน

2.คำนวณอายุปาล์ม 25 ปี อ้างอิงตาม IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories Stock Differenced Approach

**2. การผลิตผลปาล์มทะลาย**

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อตันทะลายผลปาล์มน้ำมันในแหล่งปลูกปาล์มน้ำมันในภาคใต้และภาคตะวันออก พบว่า การผลิตทะลายปาล์มมีค่าเฉลี่ยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 74 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันทะลายผลปาล์มน้ำมันดังตารางที่ 2-10

**ตารางที่** 2-10 แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แยกรายพื้นที่ศึกษา(หน่วย : $kgCO_2e$/ ton production)

| พื้นที่ศึกษา | ฟาร์มขนาดเล็ก | ฟาร์มขนาดใหญ่ |
|---|---|---|
| ภาคตะวันออก | 71 | 76 |
| ภาคใต้ตอนบน | 58 | 52 |
| ภาคใต้ตอนล่างฝั่งตะวันออก | 82 | 73 |
| ภาคใต้ตอนล่างฝั่งตะวันตก | 71 | 64 |
| **เฉลี่ยทั้งประเทศ** | 74 | |

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2555

**3. โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม**

จากการศึกษาพบว่า โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่มีการผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas) มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่สวนปาล์มน้ำมันจนถึงกระบวนการแปรรูปเป็นน้ำมันปาล์มดิบเท่ากับ 750 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันน้ำมันปาล์มดิบ ขณะที่โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่ไม่มีการผลิตก๊าซชีวภาพมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นปริมาณ 1,087 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันน้ำมันปาล์มดิบ ดังตารางที่ 2-11

**ตารางที่ 2-11** แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามประเภทโรงงาน (หน่วย : kg $CO_2e$ / ton production)

| ประเภทโรงงาน | น้ำมันปาล์มดิบ | กะลาปาล์ม | เนื้อในเมล็ดปาล์ม |
|---|---|---|---|
| มีการดักจับ $CH_4$ | 750 | 322 | 536 |
| ไม่มีการดักจับ $CH_4$ | 1,087 | 467 | 726 |
| **เฉลี่ยทั้งประเทศ** | 871 | 373 | 646 |

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2555

**4. โรงกลั่นน้ำมันปาล์ม**

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันผลผลิตน้ำมันปาล์มกึ่งบริสุทธิ์ (RBD PO) กรดไขมันปาล์ม (PFAD) น้ำมันโอเลอีน (Olein) และสเตียรีน (Stearin) ดังแสดงในตารางที่ 2-12

**ตารางที่ 2-12** แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามประเภทโรงงาน (หน่วย : $kgCO_2e$/ Ton Production)

| ประเภทโรงงาน | น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ | กรดไขมันปาล์ม | โอเลอิน | สเตียรีน |
|---|---|---|---|---|
| มีการดักจับ $CH_4$ | 865 | 898 | 891 | 967 |
| ไม่มีการดักจับ $CH_4$ | 1,206 | 1,252 | 1,225 | 1,329 |
| **เฉลี่ยทั้งประเทศ** | 987 | 1,205 | 1,010 | 1,096 |

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2555

**5. โรงงานผลิตไบโอดีเซล**(B100)

ตลอดวัฏจักรของการผลิตตั้งแต่สวนปาล์มน้ำมันถึงการผลิตไบโอดีเซล การปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีค่าเฉลี่ยทั้งประเทศเท่ากับ 1,087 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันไบโอดีเซล ดังแสดงในตารางที่ 2-13

**ตารางที่** 2-13 แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามประเภทโรงงาน (หน่วย : $kgCO_2e$ / ton production)

| ประเภทโรงงาน | ไบโอดีเซล | กลีเซอรีน |
|---|---|---|
| มีการดักจับ $CH_4$ | 971 | 577 |
| ไม่มีการดักจับ $CH_4$ | 1,359 | 810 |
| **เฉลี่ยทั้งประเทศ** | 1,087 | 646 |

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2555

**6. กฎระเบียบพลังงานทดแทนของสหภาพยุโรป (European Union's Renewable Energy Directive's : EU RED)**

ได้กำหนดเงื่อนไขการนำเข้าพลังงานทดแทนไว้ว่า “พลังงานทดแทนดังกล่าวต้องลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงอย่างน้อยร้อยละ 35 ภายในปีพ.ศ.2555 (ค.ศ. 2012) เมื่อเทียบกับน้ำมันฟอสซิล และจะปรับให้เข้มงวดมากขึ้นเป็นร้อยละ 50 และ 60 ในปีพ.ศ. 2560 (ค.ศ. 2017) และ พ.ศ. 2561 (ค.ศ. 2018) ตามลำดับ” จากการศึกษาดังกล่าว ทำให้ทราบว่าการผลิตไบโอดีเซล1 ตัน จะปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาโดยเฉลี่ย 1,087 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงได้ถึงร้อยละ 63 เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล ซึ่งจะเห็นได้ว่าอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มไทยสามารถผลิตไบโอดีเซลที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำและเป็นไปตามกฎระเบียบพลังงานทดแทนของสหภาพยุโรปที่กำหนดไว้

ทั้งนี้ ผลการศึกษากล่าวว่า อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มไทยมีศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากถึงร้อยละ 81 โดยหากห่วงโซ่การผลิตของอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มไทยมีการจัดการที่ดี เช่น ปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต เลือกใช้เชื้อเพลิงและเทคโนโลยีที่สะอาด คัดสรรวัตถุดิบที่ปล่อยคาร์บอนต่ำ เป็นต้น

**7. แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอน**

พบว่าขั้นตอนการผลิตสวนปาล์มน้ำมัน ควรเพิ่มปริมาณและคุณภาพผลผลิตโดยอาศัยหลักการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) ตามที่กรมวิชาการเกษตรแนะนำใส่ปุ๋ยอย่างเหมาะสม โดยต้องมีการวิเคราะห์ดินและใบ จะส่งผลให้ใส่ปุ๋ยในปริมาณที่พอดีในเวลาที่เหมาะสม ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนแบบละลายช้า ซึ่งสามารถลดการสูญเสียปุ๋ย ทำให้ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยสูงขึ้น และใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนสูงเพื่อทดแทนปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนบางส่วน

ส่วนขั้นตอนโรงสกัดน้ำมันปาล์ม ควรคัดสรรทะลายปาล์มสดที่มีคุณภาพดีจากแหล่งที่อยู่ใกล้โรงงาน พัฒนาการจัดการน้ำเสียโดยติดตั้งระบบดักจับก๊าซชีวภาพและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบดักจับก๊าซชีวภาพ

สำหรับโรงกลั่นน้ำมันปาล์ม ควรคัดสรรน้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil : CPO) จากโรงงานที่ติดตั้งระบบดักจับก๊าซชีวภาพ พัฒนาการระบบขนส่งวัตถุดิบ โดยคัดเลือกแหล่งวัตถุดิบที่ใกล้โรงงานมากที่สุด อาจขนส่งทางเรือ หากขนส่งโดยรถบรรทุก ควรบรรทุกของให้เต็มประสิทธิภาพ และ ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล (เช่น น้ำมันเตา ดีเซล) ด้วยเชื้อเพลิงสะอาด (เช่น ก๊าซธรรมชาติ) หรือ พลังงานทดแทน (เช่น ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ) และโรงผลิตไบโอดีเซลควรเลือกใช้ไบโอเมทานอล หรือ ไบโอเอทานอลแทนเมทานอลสังเคราะห์ ติดตั้งระบบดักจับก๊าซชีวภาพ และนำก๊าซชีวภาพไปผลิตไฟฟ้าใช้ภายในโรงงาน และนำเอาระบบพลังงานความร้อนกลับมาใช้ใหม่ (เช่น อุปกรณ์ถ่ายเทความร้อน) มาใช้ในโรงงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานอย่างสูงสุด

# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินการวิจัย

ในบทที่แล้วได้กล่าวถึงหลักการและแนวทางตลอดจนทฤษฎีที่นำมาใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมัน สำหรับในบทนี้จะแสดงแนวทางวิธีการดำเนินการวิจัย เพื่อแสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น โดยการนำหลักการทฤษฎีที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 มาใช้ในการวิเคราะห์และประเมินผล

ในการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมัน จะแบ่งการศึกษาวิจัยออกเป็น 3 กระบวนการ คือ 1) สวนปาล์มน้ำมัน ได้แก่ การผลิตทะลายปาล์มน้ำมัน (FFB) 2) โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ได้แก่ กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ (CPO) จากทะลายสดปาล์มน้ำมันหลังการเก็บเกี่ยวจนถึงการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (RBD PO) และ 3) โรงผลิตไบโอดีเซล ได้แก่ กระบวนการแปรรูปน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์เพื่อผลิตไบโอดีเซล (บี 100) โดยมีรายละเอียดการศึกษาวิจัย ดังนี้

## 3.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมัน

*3.1.1 กำหนดวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายในการวิเคราะห์*

3.1.1.1 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมัน ตั้งแต่ขั้นตอนการเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน (สวนปาล์มน้ำมัน) กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบและกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม) และขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) (โรงผลิตไบโอดีเซล) และเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน

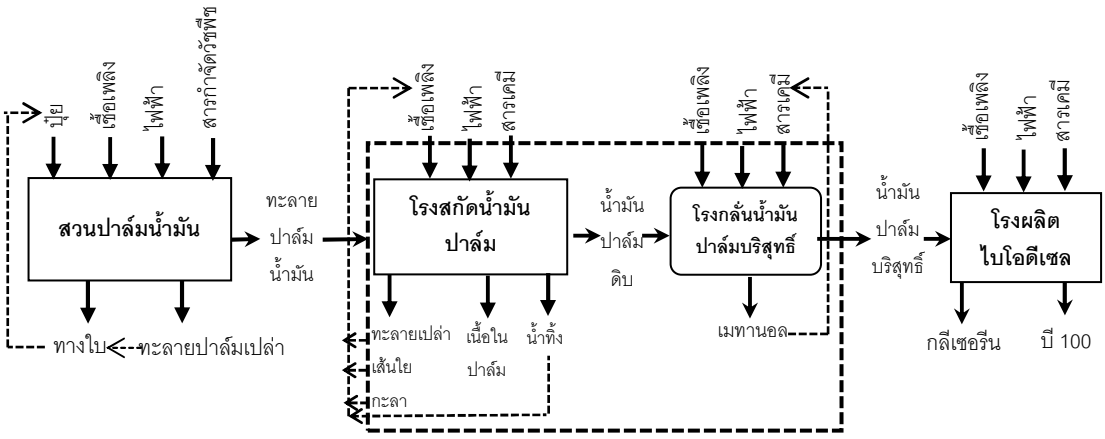
3.1.1.2 เพื่อศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และพลังงานที่ใช้ของกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมัน ต่อปริมาณไบโอดีเซล 1 ลิตร

*3.1.2 การกำหนดขอบเขต (Scope Definition)*

ในการศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และพลังงานที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมันมีขอบเขตในการศึกษา ดังนี้

3.1.2.1 ขอบเขตของระบบ (System Boundary)

ทำการศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูล โดยพิจารณารวบรวมข้อมูลแบบ Gate to Gate ยกเว้นขั้นตอนการขนส่ง แบ่งออกเป็น 3 กระบวนการ คือ กระบวนการเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน การสกัดน้ำมันปาล์ม และการผลิตไบโอดีเซล โดยเก็บรวบรวมข้อมูลปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต ได้แก่ ชนิดและปริมาณการใช้ทรัพยากร การใช้พลังงาน โดยไม่พิจารณาการขนส่ง ดังแสดงในภาพที่ 3-1




**ภาพที่** 3-1 ขอบเขตของระบบการศึกษาวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมัน

ในการศึกษาวิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยแบ่งตามลักษณะกระบวนการผลิต และนำมาเฉลี่ยเพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยของข้อมูล ดังนี้

(1) สวนปาล์มน้ำมัน จำนวน 3 แห่ง

(1.1) สวนปาล์มน้ำมัน จังหวัดกระบี่

(1.2) สวนปาล์มน้ำมัน จังหวัดชุมพร

(1.3) สวนปาล์มน้ำมัน จังหวัดตรัง

(2) โรงงานสกัดปาล์มน้ำมัน จำนวน 3 แห่ง

(2.1) โรงงานสกัดปาล์มน้ำมัน จังหวัดกระบี่

(2.2) โรงงานสกัดปาล์มน้ำมัน จังหวัดชุมพร

(2.3) โรงงานสกัดปาล์มน้ำมัน จังหวัดตรัง

(3) โรงผลิตไบโอดีเซล จำนวน 1 แห่ง

3.1.2.2 ชนิดของก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ประเมินอยู่ในรูปปริมาณเทียบเท่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

3.1.2.3 หน่วยการทำงาน (Functional Unit)

หน่วยการวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมันนั้นจะได้เป็น กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($CO_2$equivalent) ต่อไบโอดีเซล (บี 100) ปริมาณ 1 ลิตร

## 3.2 การจัดทำรายการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในขั้นตอนการจัดทำรายการเก็บข้อมูลจะมุ่งเน้นความสำคัญไปที่การใช้ทรัพยากร การใช้พลังงานและของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมันตลอดจนผลิตภัณฑ์พลอยได้

สำหรับข้อมูลทั้งหมดที่มีความสำคัญต่อการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นข้อมูลที่มาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลได้จริงจากกระบวนการผลิต (Primary Data) ดังแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ข ซึ่งสามารถจัดทำรายการโดยจำแนกจากกระบวนการได้ ดังนี้

3.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลทรัพยากร และพลังงานที่ใช้ขั้นตอนเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน

ในขั้นตอนการเพาะปลูกปาล์มน้ำมันนี้ประกอบด้วยขั้นตอนย่อยหลายขั้นตอน ผู้วิจัยจึงทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนย่อย ดังแสดงในตารางที่ 3-1

**ตารางที่ 3-1** รายการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมัน ในขั้นตอนการเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน

| ขั้นตอนหลัก | ขั้นตอนย่อย | ข้อมูลที่เก็บรวบรวม |
|---|---|---|
| ขั้นตอนการเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน | 1) การปลูกปาล์มน้ำมัน<br>• การเตรียมหลุมปลูก<br>• การเตรียมวัสดุสำหรับปลูก<br>• ฯลฯ | ปริมาณและชนิดของเชื้อเพลิง<br>ปริมาณและชนิดของสารเคมี<br>ปริมาณและชนิดของปุ๋ย ฯลฯ |
| | 2) การบำรุงรักษาต้นปาล์มน้ำมัน<br>• การให้ปุ๋ย<br>• การจัดการวัชพืช | พลังงานไฟฟ้า<br>ปริมาณและชนิดของเชื้อเพลิง<br>ปริมาณและชนิดของสารเคมี |

| ขั้นตอนหลัก | ขั้นตอนย่อย | ข้อมูลที่เก็บรวบรวม |
|---|---|---|
| | • การจัดการศัตรูพืช<br>• การเก็บเกี่ยว<br>• ฯลฯ | ปริมาณ และชนิดของปุ๋ย<br>ทะลายปาล์มน้ำมันสด<br>ทางใบ ฯลฯ |

3.2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลทรัพยากร และพลังงานที่ใช้ขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์ม

สำหรับขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์มนี้ประกอบด้วยขั้นตอนย่อยหลายขั้นตอน ผู้วิจัยจึงทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนย่อย ดังแสดงในตารางที่ 3-2

**ตารางที่** 3-2 รายการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมัน ในขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์ม

| ขั้นตอนหลัก | ขั้นตอนย่อย | ข้อมูลที่เก็บรวบรวม |
|---|---|---|
| ขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์ม | 1) การนึ่งและบีบผลปาล์มน้ำมัน | พลังงานไฟฟ้า<br>ปริมาณและชนิดของเชื้อเพลิง<br>ปริมาณและชนิดของสารเคมี<br>เส้นใยปาล์ม<br>ทะลายปาล์มเปล่า<br>เมล็ดปาล์มน้ำมัน ฯลฯ |
| | 2) การกะเทาะและอบเมล็ดในปาล์มน้ำมัน | พลังงานไฟฟ้า<br>ปริมาณและชนิดของเชื้อเพลิง<br>ปริมาณและชนิดของสารเคมี<br>กะลาปาล์ม เมล็ดในปาล์ม<br>เส้นใยปาล์ม |
| | 3) การกรองและแยกน้ำมันปาล์ม | พลังงานไฟฟ้า<br>ปริมาณและชนิดของเชื้อเพลิง<br>ปริมาณและชนิดของสารเคมี<br>กากปาล์ม น้ำเสีย |
| | 4) การกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ | พลังงานไฟฟ้า<br>ปริมาณและชนิดของเชื้อเพลิง |

| ขั้นตอนหลัก | ขั้นตอนย่อย | ข้อมูลที่เก็บรวบรวม |
|---|---|---|
| ขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์ม | | ปริมาณและชนิดของสารเคมี สิ่งเจือปน น้ำเสีย |
| | 5) การบำบัดของเสีย/การผลิตไฟฟ้า | พลังงานไฟฟ้า<br>ปริมาณและชนิดของเชื้อเพลิง<br>ปริมาณและชนิดของสารเคมี<br>ก๊าซชีวภาพ |

3.2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลทรัพยากร และพลังงานที่ใช้ขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมัน

สำหรับขั้นตอนการแปรรูปน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์เพื่อผลิตเป็นไบโอดีเซลนี้ ประกอบด้วยขั้นตอนย่อยหลายขั้นตอน ผู้วิจัยจึงทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนย่อย ดังแสดงในตารางที่ 3-3

**ตารางที่ 3-3** รายการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมัน ในขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน

| ขั้นตอนหลัก | ขั้นตอนย่อย | ข้อมูลที่เก็บรวบรวม |
|---|---|---|
| ขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) | 1) การทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอริ-ฟิเคชัน (Transesterification) | พลังงานไฟฟ้า<br>ปริมาณและชนิดของเชื้อเพลิง<br>ปริมาณและชนิดของสารเคมี<br>กลีเซอรีน |
| | 2) การกลั่นเพื่อดึงเมทานอลที่เหลือนำกลับมาใช้ใหม่ (Methanol Recovery) | |
| | 3) การล้างทำความสะอาดโดยไม่ใช้น้ำ (Dry Washing Process) | |

### 3.3 การคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมัน

3.3.1 ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) ถูกแปลงให้อยู่ในรูปปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยเกิดจากการคูณเข้ากับค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ของประเภททรัพยากร หรือพลังงานที่ใช้ในกระบวนการนั้นๆ

ดังแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ก และบันทึกในรูปของปริมาณก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ ($CO_2$ Emission) ดังสมการที่ 3.1

$$CO_2 Emission = Activity\ Data \times Emission\ Factor \quad (3.1)$$

เมื่อ

$CO_2$ Emission = ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกิจกรรมนั้นๆ

Activity Data = ปริมาณการใช้ทรัพยากรหรือพลังงานจริงในแต่ละกิจกรรม

Emission Factor = ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเภททรัพยากร หรือพลังงานที่ใช้ในกระบวนการนั้นๆ

3.3.2 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแสดงในรูปตันหรือกิโลกรัมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยไบโอดีเซล (บี 100) ซึ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ เป็นการพิจารณาข้อมูลแบบ Gate to Gate นั่นคือ จะไม่พิจารณาการใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน นอกจากนี้ ขั้นตอนการขนส่งวัตถุดิบ(ทะลายสดปาล์มน้ำมัน)หลังการเก็บเกี่ยวจากสวนปาล์มน้ำมันมายังโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และขนส่งต่อมายังโรงผลิต ไบโอดีเซล (บี 100) ถือว่าเป็นปริมาณรวมของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคขนส่ง ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตปาล์มน้ำมันเพื่อผลิตไบโอดีเซล (บี 100) ดังแสดงตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ทรัพยากรและพลังงานได้ดังนี้

3.3.2.1 ปริมาณปุ๋ยที่ใช้

การคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยโดยใช้วิธีนำปริมาณปุ๋ยที่มีการใช้จริงคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามประเภทและสูตรของปุ๋ยที่ใช้ดังแสดงในภาคผนวก ก

ทั้งนี้ ปุ๋ยที่ใช้ในการพิจารณาแบ่งแยกเป็นปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมี โดยปุ๋ยเคมีพิจารณาเทียบค่าการปลดปล่อยจากแม่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ในที่นี้เทียบจากปุ๋ยยูเรียแอมโมเนียมฟอสเฟต และโพแทสเซียมคลอไรด์ตามลำดับ ดังแสดงในภาคผนวก ก โดยใช้วิธีการคำนวณตามสมการที่ 3.1

3.3.2.2 ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้

คำนวณโดยใช้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริงจากระบบการผลิต ตามสมการที่ 3.1 แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

ก. ไฟฟ้าที่มาจากระบบพลังงานแบบผสม คือ ไฟฟ้าแบบ Grid mix ซึ่งจะใช้ค่าเฉลี่ยการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไฟฟ้าที่เป็นค่ากลางของประเทศ เท่ากับ 0.6093 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมงดังแสดงในภาคผนวก ก

ข. ไฟฟ้าที่มาจากแหล่งพลังงานเดียว สำหรับงานวิจัยนี้คือ ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากก๊าซชีวภาพของโรงสกัดน้ำมันปาล์ม

3.3.2.3 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้

คำนวณโดยใช้ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้จริงคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ (ค่าสัมประสิทธิ์การเผาไหม้เชื้อเพลิง) ดังแสดงในภาคผนวก ก ตามสมการที่ 3.1

3.3.2.4 ปริมาณสารเคมีที่ใช้

อาศัยวิธีการนำปริมาณสารเคมีที่ใช้จริงคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดสารเคมีที่ใช้ ดังแสดงในภาคผนวก ก ตามสมการที่ 3.1

3.3.2.5 ปริมาณน้ำเสียจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม

IPCC 2006 ได้กำหนดวิธีการคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากบ่อบำบัดน้ำเสีย โดยสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของก๊าซมีเทนจากน้ำเสียแสดงตามสมการที่ 2

### 3.4 การวิเคราะห์และรายงานข้อมูล

หลังจากจัดทำรายการเก็บรวบรวมข้อมูลและนำข้อมูลที่ได้ไปเฉลี่ยต่อผลผลิตเพื่อให้ได้เป็นข้อมูลเฉลี่ยของแต่ละกระบวนการผลิต จากนั้นคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากทั้งกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมัน (ไม่พิจารณาการใช้ประโยชน์ที่ดินและขั้นตอนการขนส่งผลผลิต) ตามวิธีการคำนวณที่ระบุในข้อ 3.3 แล้วจะนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ผลข้อมูลให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ ดังนี้

3.4.1 เปรียบเทียบการใช้ทรัพยากร และพลังงานที่ใช้ในแต่ละกระบวนการ

โดยการนำผลที่ได้จากแต่ละกิจกรรมในขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมัน ทั้ง 3 กระบวนการ มาวิเคราะห์เปรียบเทียบว่ากระบวนการใดมีการใช้ทรัพยากรและพลังงานมากที่สุด

3.4.2 เปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละกระบวนการ

โดยการนำค่าปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละกระบวนการของการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมัน ทั้ง 3 กระบวนการที่คำนวณได้ มาวิเคราะห์

เปรียบเทียบว่ากระบวนการใดมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด และวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันจำนวน 1 ลิตร

3.4.3 จัดทำแนวทางลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

เมื่อทราบถึงปริมาณและที่มาของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละกระบวนการแล้ว จึงพิจารณาคัดเลือกเฉพาะขั้นตอนที่มีการปลดปล่อยสูงที่สุด และจัดทำแนวทางและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงขั้นตอนนั้น เพื่อลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นให้น้อยลง

# บทที่ 4
# ผลการศึกษาวิจัย

ในบทที่ 4 นี้เป็นการแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมัน กรณีศึกษาตัวอย่างสวนปาล์มน้ำมัน โรงสกัดน้ำมันปาล์ม และโรงผลิตไบโอดีเซลของประเทศไทย โดยจะแสดงผลในส่วนของการวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ ทั้งด้านทรัพยากร และพลังงานที่ใช้ ตลอดจนผลการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากปัจจัยดังกล่าวต่อต่อการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมัน ซึ่งในส่วนของรายละเอียดการพิจารณาได้แสดงไว้ในบทที่ 3

## 4.1 การวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานและทรัพยากรต่อการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมัน

การจัดทำรายการทำให้ทราบถึงข้อมูลในแต่ละกระบวนการตลอดการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) จากปาล์มน้ำมัน โดยแสดงให้เห็นถึงปัจจัยที่เข้าสู่กระบวนการ ซึ่งจะแสดงทั้งชนิดและปริมาณของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ทั้งในส่วนของทรัพยากรและพลังงาน รวมถึงปริมาณและชนิดของผลิตภัณฑ์ รวมถึงผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ ของเสีย หรือ เศษเหลือที่ออกจากกระบวนการผลิต โดยข้อมูลที่จัดทำรายการเป็นข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากพื้นที่จริง คือ สวนปาล์มน้ำมัน โรงสกัดน้ำมันปาล์ม และโรงผลิตไบโอดีเซลของประเทศไทยดังแสดงในภาพที่ 3-1

### 4.1.1 รายการในกระบวนการทางการเกษตร (สวนปาล์มน้ำมัน)

*4.1.1.1 ข้อมูลกิจกรรมสวนปาล์มน้ำมัน*

สำหรับกระบวนการทางการเกษตรในสวนปาล์มน้ำมันนั้นแสดงรายละเอียดรายการเข้า-ออก ดังแสดงในตารางที่ 4-1

**ตารางที่ 4-1** รายการเข้า-ออก ในกระบวนการทางการเกษตรของสวนปาล์มน้ำมัน

| **ขั้นตอนการเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน** | | |
|---|---|---|
| Input | ทรัพยากรที่ใช้ | สารเคมีกำจัดวัชพืช ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ |
| | พลังงานที่ใช้ | ไฟฟ้า น้ำมันเชื้อเพลิง |
| Output | ของเสีย/เศษเหลือที่เกิดขึ้น | ทางใบปาล์ม |
| | ผลิตภัณฑ์ที่ได้ | ทะลายปาล์มน้ำมันสด |

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในพื้นที่ศึกษาสวนปาล์มน้ำมัน จำนวน 3 แห่ง ได้แก่ จังหวัดตรัง จังหวัดกระบี่ และจังหวัดชุมพร โดยเฉลี่ยพบว่าในพื้นที่ 1 ไร่ จะปลูกปาล์มน้ำมัน จำนวน 22 ต้น และมีผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่เท่ากับ 5 3.5 และ 3.8 ตันต่อไร่ ตามลำดับ จากการศึกษาวิจัย พบว่า สวนปาล์มน้ำมัน จ.ตรัง มีปริมาณการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เท่ากับ 14,300 กิโลกรัมต่อปี ในขณะที่สวนปาล์มน้ำมัน จ.กระบี่ และ จ.ชุมพร ไม่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ แต่ใช้ปุ๋ยเคมี โดยใช้ปุ๋ยเคมีคิดเป็นแม่ปุ๋ยโพแทสเซียมปริมาณมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ปุ๋ยไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัส เนื่องจากอายุต้นปาล์มน้ำมันที่แตกต่างกันจึงมีความต้องการปุ๋ยไม่เท่ากัน สำหรับการจัดการวัชพืช พบว่า สวนปาล์มน้ำมัน จ.ตรัง มีเพียงการใช้สารกำจัดวัชพืช (ไกลโฟเสท) เท่านั้นเฉลี่ยใช้ประมาณ 520 ลิตรต่อปี โดยไม่มีการใช้เชื้อเพลิงเช่นเดียวกับสวนปาล์มน้ำมัน จ.ชุมพร ที่มีเพียงการใช้สารกำจัดวัชพืช (พาราควอท) เท่านั้น โดยเฉลี่ยเท่ากับ 3,333.40 ลิตรต่อปี ในขณะที่สวนปาล์มน้ำมัน จ.กระบี่ มีการใช้เครื่องจักรและเครื่องฉีดพ่นกำจัดวัชพืชร่วมด้วย จึงมีการใช้เชื้อเพลิงดีเซลและเบนซินเพื่อให้เครื่องยนต์ทำงาน ปริมาณเท่ากับ 1,222.22 และ 733.33 ลิตรต่อปี และใช้สารกำจัดวัชพืช (ไกลโฟเสท) ปริมาณเท่ากับ 116.70 ลิตรต่อปี เนื่องจากมีพื้นที่ขนาดใหญ่กว่าจึงทำให้มีปริมาณการใช้ปุ๋ยและสารเคมีมากกว่า ดังแสดงผลในตารางที่ 4-2

**ตารางที่** 4-2 ปริมาณทรัพยากร และพลังงานที่ใช้ในสวนปาล์มน้ำมัน

| กิจกรรม | จ.ตรัง | จ.กระบี่ | จ.ชุมพร |
|---|---|---|---|
| 1. ขนาดพื้นที่ (ไร่) | 130 | 250 | 10,000 |
| 2. จำนวนต้นปาล์ม [1] | 2,860 | 5,500 | 220,000 |
| 3. ระยะปลูกต่อต้น (เมตร) | 9 x 9 x 9 | 9 x 9 x 9 | 9 x 9 x 9 |
| 4. พันธุ์ที่ใช้ปลูก | ยูนิวานิช | ยูนิวานิช | ซีพีไอ 1 |
| 5. ลักษณะพื้นที่สวน | ที่นายกร่อง | สวนยางพาราเก่า | สวนปาล์มเก่า |
| 6. การจัดการปุ๋ย | | | |
| 6.1 ปุ๋ยอินทรีย์ (กก./ปี) | 14,300.00 | (ไม่มี) | (ไม่มี) |
| 6.2 ปุ๋ยยูเรีย (กก./ปี) | 1,001.00 | 37,290.00 | 611,600.00 |
| 6.3 ปุ๋ยสูตร 18-46-0 (กก./ปี) | 1,001.00 | 20,130.00 | 22,000.00 |
| 6.4 ปุ๋ยสูตร 0-0-60 (กก./ปี) | 429.00 | 77,055.00 | 729,000.00 |
| 6.5 โดโลไมท์ (กก./ปี) | (ไม่มี) | (ไม่มี) | 682,000.00 |
| 7. การจัดการวัชพืช | | | |

| กิจกรรม | จ.ตรัง | จ.กระบี่ | จ.ชุมพร |
|---|---|---|---|
| 7.1 ไกลโฟเสท (ลิตร/ปี) | 520.00 | 116.70 | (ไม่มี) |
| 7.2 พาราควอท (ลิตร/ปี) | (ไม่มี) | (ไม่มี) | 3,333.40 |
| 7.3 เชื้อเพลิง | | | |
| • ดีเซล (ลิตร/ปี) | (ไม่มี) | 1,222.22 | (ไม่มี) |
| • เบนซิน (ลิตร/ปี) | (ไม่มี) | 733.33 | (ไม่มี) |
| 8. การจัดการน้ำ | (ไม่มี) | (ไม่มี) | (ไม่มี) |
| 9. ทางใบปาล์ม (ตัน/ปี)[2] | 514.80 | 990.00 | 24,200.00 |
| 10. ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชม./ปี) | (ไม่มี) | (ไม่มี) | (ไม่มี) |
| 11. ผลผลิตต่อไร่ (ตัน/ปี) | 3.80 | 5.00 | 3.50 |
| 12. ผลผลิต (ตัน/ปี) | 494.00 | 1,250.00 | 35,000.00 |

**หมายเหตุ** [1](เฉลี่ย 22 ต้น/ไร่)

[2](เฉลี่ย 3.96 ตัน/ไร่)

*4.1.1.2 กรณีไม่พิจารณาการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ*

จากข้อมูลในรายการเข้า-ออกของทรัพยากรและพลังงานที่ใช้ในตารางที่ 4-2 นำมาคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่า สวนปาล์มน้ำมันทั้ง 3 แห่ง มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดจากขั้นตอนการใช้ปุ๋ยเป็นหลัก ซึ่งเฉลี่ยแล้วพบว่ามีปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนต่อทะลายปาล์มสดสุทธิ เท่ากับ 0.11 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันทะลายปาล์มน้ำมันสด เช่นเดียวกับงานวิจัยของอรัญและคณะ (2549) ที่ไม่มีการพิจารณาของเสียที่มาจากทางใบปาล์มน้ำมัน โดยให้ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อตันทะลายปาล์มน้ำมันใกล้เคียงกันจากสวนปาล์มน้ำมัน จ.ตรัง จ.กระบี่ และ จ.ชุมพร ซึ่งสามารถหาค่าการปลดปล่อยได้เท่ากับ 0.03 0.67 และ 0.11 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันทะลายปาล์มน้ำมัน ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

**ตารางที่ 4-3** ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสวนปาล์มน้ำมัน

| กิจกรรม | EF | สวน จ.ตรัง ton $CO_2e$ | สวน จ.กระบี่ ton $CO_2e$ | สวน จ.ชุมพร ton $CO_2e$ |
|---|---|---|---|---|
| ปุ๋ยอินทรีย์ | 0.11kg $CO_2e$/kg | 1.57 | (ไม่มี) | (ไม่มี) |
| ปุ๋ยยูเรีย | 5.53 kg $CO_2e$/kg | 5.54 | 206.21 | 3,382.15 |
| ปุ๋ยสูตร 18-46-0 | 3.77 kg $CO_2e$/kg | 3.77 | 75.89 | 82.94 |

| กิจกรรม | EF | สวน จ.ตรัง ton $CO_2e$ | สวน จ.กระบี่ ton $CO_2e$ | สวน จ.ชุมพร ton $CO_2e$ |
|---|---|---|---|---|
| ปุ๋ยสูตร 0-0-60 | 0.53 kg $CO_2e$/kg | 0.23 | 41.07 | 386.96 |
| โดโลไมท์ | 0.03 kg $CO_2e$/kg | (ไม่มี) | (ไม่มี) | 18.07 |
| พาราควอท 20% | 3.23 kg $CO_2e$/kg | (ไม่มี) | (ไม่มี) | 2.15 |
| ไกลโฟเสท 48% | 16.00 kg $CO_2e$/kg | 3.99 | 0.90 | (ไม่มี) |
| ดีเซล | 2.71 kg $CO_2e$/L | (ไม่มี) | 3.31 | (ไม่มี) |
| เบนซิน | 2.19 kg $CO_2e$/L | (ไม่มี) | 1.61 | (ไม่มี) |
| รวมการปลดปล่อย (ton $CO_2e$) | | 15.10 | 328.99 | 3,872.27 |
| รวมการปลดปล่อย (ton $CO_2e$/ton FFB) | | 0.03 | 0.67 | 0.11 |
| **ปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนต่อทะลายปาล์มสดสุทธิ** (ton $CO_2e$ /ton FFB) | | 0.11 | | |

*4.1.1.3 กรณีพิจารณาการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ*

เนื่องจากปาล์มน้ำมันถือเป็นไม้ยืนต้นชนิดหนึ่งที่ตามหลักการทางชีววิทยา ตลอดการมีชีวิตอยู่ของไม้ยืนต้น ในเวลากลางวันต้นไม้จะนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศมาเป็นวัตถุดิบในกระบวนการสังเคราะห์แสง และจะได้ผลผลิตคือ ก๊าซออกซิเจน ที่เรียกว่ากระบวนการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) จากการศึกษาวิจัยของ Henson (1999) พบว่า ต้นปาล์มน้ำมันมีปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิเท่ากับ 64.50 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเฮกตาร์ต่อปี หรือเฉลี่ยเท่ากับ 10.32 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำตัวเลขดังกล่าวหักลบกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากสวนปาล์มน้ำมัน ในขณะที่ปาล์มน้ำมันมีการใช้ทรัพยากรรวมถึงพลังงานเพื่อการเจริญเติบโตและผลิตผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมันทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก แต่ในขณะเดียวกันตลอดการมีชีวิตอยู่ของต้นปาล์มน้ำมัน (เฉลี่ย 25-30 ปี) สามารถดูดกลืนก๊าซเรือนกระจกจากชั้นบรรยากาศได้ รวมถึงหากพิจารณาของเสีย(ทางใบ)ที่เกิดขึ้นจากสวนปาล์มน้ำมันด้วย จะมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเฉลี่ยเท่ากับ -0.54 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันทะลายปาล์มน้ำมันสดต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 4-4

**ตารางที่** 4-4 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสวนปาล์มน้ำมัน (พิจารณาทางใบ)

| **กิจกรรม** | EF | **สวน จ.ตรัง** ton $CO_2e$ | **สวน จ.กระบี่** ton $CO_2e$ | **สวน จ.ชุมพร** ton $CO_2e$ |
|---|---|---|---|---|
| รวมการปลดปล่อย (ไม่พิจารณาทางใบ) (ton $CO_2e$) | | 15.10 | 328.99 | 3,872.27 |
| ของเสีย (ทางใบ) | 3.30 ton $CO_2e$/kg[1] | 1,038.18 | 1,996.50 | 79,860.00 |
| การดูดซับคาร์บอนสุทธิ | 64.50 ton $CO_2e$/ha/yr[2] | 1,341.60 | 2,580.00 | 103,200.00 |
| รวมการปลดปล่อย (พิจารณาทางใบ) (ton $CO_2e$) | | 1,053.28 | 2,325.49 | 83,732.27 |
| ปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนรวม (ton $CO_2e$) | | - 288.32 | - 254.51 | - 19,467.73 |
| ปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนต่อทะลายปาล์มสดสุทธิ (ton $CO_2e$ /ton FFB) | | - 0.58 | - 0.20 | - 0.56 |
| **ปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนต่อทะลายปาล์มสดเฉลี่ยสุทธิ (ton $CO_2e$ /ton FFB)** | | <u>-0.54</u> | | |

**หมายเหตุ** [1] คิดจากค่าเฉลี่ยของชีวมวลที่เหลือจากกระบวนการ = 3.27-3.33 kg $CO_2e$/kg

[2] ค่าเฉลี่ยต่ออายุปาล์มน้ำมัน 25 ปี (ที่มา : Henson,1999)

### 4.1.2 รายการในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบและกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (โรงสกัดน้ำมันปาล์ม)

*4.1.2.1 ข้อมูลกิจกรรมโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม*

สำหรับกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบและกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ในโรงสกัดน้ำมันปาล์มนั้นแสดงรายละเอียดรายการเข้า-ออก ดังแสดงในตารางที่ 4-5 และ 4-6

**ตารางที่** 4-5 รายการเข้า-ออก ในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบและกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (โรงสกัดน้ำมันปาล์ม)

| **ขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์ม** | | |
|---|---|---|
| Input | ทรัพยากรที่ใช้ | สารเคมี ทะลายปาล์มน้ำมันสด |
| | พลังงานที่ใช้ | ไฟฟ้า น้ำมันเชื้อเพลิง |

| | | |
|---|---|---|
| Output | ของเสีย/เศษเหลือที่เกิดขึ้น | ทะลายปาล์มน้ำมันเปล่า เส้นใยปาล์ม กะลาปาล์ม กากปาล์ม น้ำเสีย |
| | ผลิตภัณฑ์ที่ได้ | น้ำมันปาล์มดิบ น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ เมล็ดในปาล์ม |

**ตารางที่** 4-6 รายการเข้า-ออก ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียและผลิตพลังงานหมุนเวียนในระบบ (โรงสกัดน้ำมันปาล์ม)

| **ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียและผลิตพลังงานหมุนเวียนในระบบ** | | |
|---|---|---|
| Input | ทรัพยากรที่ใช้ | น้ำเสียเศษเหลือจากกระบวนการผลิต |
| | พลังงานที่ใช้ | ไฟฟ้า น้ำมันเชื้อเพลิง |
| Output | ของเสีย/เศษเหลือที่เกิดขึ้น | กากตะกอนสิ่งเจือปน |
| | ผลิตภัณฑ์ที่ได้ | ก๊าซชีวภาพ ไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ พลังงานความร้อน |

*4.1.2.2 กรณีไม่พิจารณาการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ*

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลของพื้นที่ศึกษาโรงสกัดน้ำมันปาล์ม จำนวน 3 แห่ง ได้แก่ จังหวัดตรัง จังหวัดกระบี่ และจังหวัดชุมพร โดยเฉลี่ยพบว่าโรงงานใช้ระบบการผลิตแบบใช้ไอน้ำ (Stream Turbine) และมีกำลังการผลิตสูงสุดมากกว่า 45 ตันทะลายปาล์มน้ำมันสดต่อชั่วโมง โดยมีกำลังการผลิตจริงเท่ากับ 40 55 และ 55 ตันทะลายปาล์มน้ำมันสดต่อชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณความต้องการทะลายปาล์มน้ำมันสดต่อวันเพื่อผลิตน้ำมันปาล์มดิบเฉลี่ยเท่ากับ 960 1,300 และ 1,200 ตันต่อวัน ทั้งนี้ พบว่าบางโรงงานมีกระบวนการบำบัดน้ำเสียจากโรงสกัดฯ เพื่อกักเก็บก๊าซชีวภาพและผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับใช้ในโรงงาน เช่นเดียวกับการนำเศษเหลือจากกระบวนการผลิตนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานหมุนเวียนในระบบ ได้แก่ เส้นใยปาล์ม กะลาปาล์ม ทะลายปาล์มเปล่า เป็นต้น

จากข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 4-7 จะเห็นได้ว่า โรงสกัดฯ จ.ตรัง มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งโรงงาน เท่ากับ 5,740.80 เมกะวัตต์ต่อปี แต่มีการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพได้เท่ากับ 3,790.40 เมกะวัตต์ต่อปีดังนั้น คิดเป็นปริมาณไฟฟ้าที่นำเข้ามาใช้จริงจากระบบไฟฟ้าของประเทศเท่ากับ 1,950.40 เมกะวัตต์ต่อปีและใช้เชื้อเพลิงดีเซลสำหรับรถยก รถตักภายในโรงงาน รวมถึงการเริ่มดำเนินงานเฉลี่ยเท่ากับ 5,742 ลิตรต่อปี รวมถึงดินขาว (Kaolin) เพื่อใช้ในขั้นตอนการแยกเมล็ดในปาล์มและกะลาปาล์มออกจากกัน ปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 690 ตันต่อปี นอกจากนี้

เกิดเศษเหลือและของเสียจากระบบการผลิต ได้แก่ ทะลายปาล์มน้ำมันเปล่า เส้นใยปาล์ม กะลาปาล์ม และน้ำเสีย ซึ่งเมล็ดในปาล์ม และกะลาปาล์ม โรงสกัดฯได้จำหน่ายออกไปทั้งหมด จึงไม่พิจารณาค่าการปลดปล่อยภายในโรงสกัดฯ แต่โรงสกัดฯ จ.ตรัง มีการนำเส้นใยปาล์มไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำเพื่อให้ความร้อนแก่ระบบการผลิต รวมถึงการนำน้ำเสียกลับไปใช้ประโยชน์ใหม่ โดยนำก๊าซชีวภาพที่ได้ไปผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อจ่ายในโรงงาน ซึ่งสามารถผลิตได้ประมาณ 3,790.40 เมกะวัตต์ต่อปีเช่นเดียวกับโรงสกัดฯ จ.ชุมพร สามารถผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพเพื่อนำมาใช้ในโรงงานได้เฉลี่ยเท่ากับ 8,040 เมกะวัตต์ต่อปีทำให้ไม่ต้องนำเข้ากระแสไฟฟ้าจากสายส่งกลาง เนื่องจากสามารถผลิตไฟฟ้าใช้เองเพียงพอภายในโรงงาน เช่นเดียวกับสามารถผลิตพลังงานความร้อนสำหรับใช้ในระบบจากการใช้เชื้อเพลิงเศษเหลือจากกระบวนการผลิต

ในขณะที่โรงสกัดฯ จ.กระบี่ มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งโรงงาน เท่ากับ 7,848 เมกะวัตต์ต่อปีและใช้เชื้อเพลิงดีเซลสำหรับรถยก รถตักภายในโรงงานรวมถึงการเริ่มดำเนินงานเฉลี่ยเท่ากับ 8,650 ลิตรต่อปี รวมถึงดินขาว (Kaolin) เพื่อใช้ในขั้นตอนการแยกเมล็ดในปาล์มและกะลาปาล์มออกจากกัน ปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 900 ตันต่อปี ซึ่งสูงกว่าโรงสกัดฯ จ.ตรัง และ จ.ชุมพร เนื่องจากขนาดกำลังการผลิตที่สูงกว่าและจำนวนวันที่โรงงานดำเนินการผลิตจริงมากกว่า ทั้งนี้ โรงสกัดฯ จ.กระบี่ มีเพียงการนำเส้นใยปาล์มไปใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตไอน้ำเพื่อให้ความร้อนแก่ระบบ และไม่มีการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ แต่มีการนำน้ำเสียจากกระบวนการผลิตไปทำเป็นปุ๋ยชีวภาพสำหรับรดในสวนปาล์มน้ำมันของเกษตรกรในพื้นที่ใกล้เคียงของโรงงาน สำหรับเมล็ดในปาล์ม และกะลาปาล์ม โรงสกัดฯ ได้จำหน่ายออกไปทั้งหมด จึงไม่มีการพิจารณาค่าการปลดปล่อยภายในโรงสกัดฯ นี้เช่นเดียวกับโรงสกัดฯ จ.ตรังและ จ.ชุมพร

**ตารางที่ 4-7** แสดงปริมาณทรัพยากร และพลังงานที่ใช้ในโรงสกัดน้ำมันปาล์ม

| กิจกรรม | จ.ตรัง | จ.กระบี่ | จ.ชุมพร |
|---|---|---|---|
| 1. ระบบที่ใช้ | ใช้ไอน้ำ | ใช้ไอน้ำ | ใช้ไอน้ำ |
| 2.กำลังการผลิตจริง (ตัน/ชม.) | 40 | 55 | 55 |
| 3.วัตถุดิบที่ใช้ (ตัน/วัน) | 960 | 1,300 | 1,200 |
| 4.จำนวนวันที่ผลิต (วัน/ปี) | 184 | 300 | 335 |
| 5.ไฟฟ้า (เมกะวัตต์/ปี) | 5,740.80 | 7,848.00 | 36,180.00 |
| 6.ดินขาว (ตัน/ปี) | 690.00 | 900.00 | (ไม่มี) |
| 7.โซเดียมคลอไรด์ (ตัน/ปี) | (ไม่มี) | (ไม่มี) | 16.75 |

| กิจกรรม | จ.ตรัง | จ.กระบี่ | จ.ชุมพร |
|---|---|---|---|
| 8.กรดฟอสฟอริค (ตัน/ปี) | 149.96 | 390.00 | 315.00 |
| 9.ดินฟอกสี (ตัน/ปี) | 599.84 | 1,560.00 | 1,260.00 |
| 10.กรดซัลฟูริค (ตัน/ปี) | 224.94 | 585.00 | 472.50 |
| 11.ดีเซล (ลิตร/ปี) | 5,742.00 | 8,650.00 | 14,219.00 |
| 12.น้ำมันปาล์มดิบ (ตัน/ปี) | 29,992.00 | 78,000.00 | 63,000.00 |
| 13.น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (ตัน/ปี) | 28,492.40 | 74,100.00 | 59,850.00 |
| 14.ทะลายเปล่า(ตัน/ปี) | 35,328.00 | 85,800.00 | 54,250.00 |
| 15.เส้นใยปาล์ม (ตัน/ปี) | 19,430.40 | 50,700.00 | 49,000.00 |
| 16.เนื้อในปาล์ม (ตัน/ปี) | 9,715.20 | 19,500.00 | 17,500.00 |
| 17.กะลาปาล์ม (ตัน/ปี) | 13,248.00 | 27,300.00 | 24,500.00 |
| 18.น้ำเสีย (ลบ.ม./ปี) | 73,600.00 | 210,000.00 | 201,000.00 |
| 19.ค่า COD (ก่อนบำบัด) (มก./ล.) | 45,000-60,000 | 70,000.00 | 132,674.00 |
| 20.ค่า COD (หลังบำบัด) (มก./ล.) | 3,000.00 | (ไม่มี) | 26,138.00 |
| 21.ก๊าซชีวภาพ (ลบ.ม./ปี)[1] | 1,840,000.00 | (ไม่มี) | 5,025,000.00 |
| 22.ไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ[2] (เมกะวัตต์/ปี) | 3,790.40 | (ไม่มี) | 8,040.00 |

**หมายเหตุ** [1] น้ำเสีย 1 คิว สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 25 ลูกบาศก์เมตร

[2] ก๊าซชีวภาพ 25 ลูกบาศก์เมตร ผลิตไฟฟ้าได้ 2.06 กิโลวัตต์

จากข้อมูลในรายการเข้า-ออกของทรัพยากรและพลังงานที่ใช้ในตารางที่ 4-6 นำมาคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่า ขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบและการกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยเท่ากับ 0.82 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ทั้งนี้ จากการศึกษาของ อบก. พบว่าเมื่อพิจารณาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยการผลิต โรงงานที่มีกำลังการผลิตสูงจะมีแนวโน้มการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยการผลิตต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของงานวิจัยนี้ โดยปัจจัยหลักที่มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงของโรงสกัดน้ำมันปาล์มมาจากวัตถุดิบเป็นหลัก คือ ทะลายปาล์มน้ำมัน รองลงมาได้แก่ ปริมาณการใช้ไฟฟ้า และ สารเคมีตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4-8 นอกจากนี้การนำก๊าซชีวภาพที่ได้จากน้ำเสียของกระบวนการ

มาผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในโรงงานสามารถเป็นแนวทางหนึ่งของการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงได้ตามภาพที่ 4-1

**ตารางที่** 4-8 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงสกัดปาล์มน้ำมัน (ไม่พิจารณาการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ)

| **กิจกรรม** | EF | **จ.ตรัง** ton $CO_2e$ | **จ.กระบี่** ton $CO_2e$ | **จ.ชุมพร** ton $CO_2e$ |
|---|---|---|---|---|
| วัตถุดิบ | 0.11 ton $CO_2e$/ton FFB | 19,430.40 | 42,900.00 | 44,220.00 |
| ไฟฟ้า | 0.61 kg $CO_2e$/kWh | 1,188.38 | 195.03 | (ไม่มี) |
| ดินขาว | 0.22 kg $CO_2e$/kg | 149.52 | 195.03 | (ไม่มี) |
| โซเดียมคลอไรด์ | 0.20 kg $CO_2e$/kg | (ไม่มี) | (ไม่มี) | 3.38 |
| กรดฟอสฟอริค | 1.41 kg $CO_2e$/kg | 210.95 | 548.61 | 443.11 |
| กรดซัลฟูริค | 0.12 kg $CO_2e$/kg | 27.42 | 71.31 | 57.60 |
| ดีเซล | 2.71 kg $CO_2e$/L | 15.55 | 23.42 | 38.51 |
| เส้นใยปาล์ม | 1.16[1] kg $CO_2e$/ton | 22.58 | 58.91 | 56.94 |
| น้ำเสีย | 3.13[2] kg $CO_2e$/kg $CH_4$ | 0.69 | 45.94 | 16.42 |
| ไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ | 0.1966 ton $CO_2e$/MWh | 745.19 | (ไม่มี) | 1,580.66 |
| รวมปริมาณการปลดปล่อยต่อ RPO (ton $CO_2e$ / ton RPO) | | 0.76 | 0.66 | 1.06 |
| ปริมาณการปลดปล่อยเฉลี่ยสุทธิ (ton $CO_2e$ / ton RPO) | | <u>0.82</u> | | |

**หมายเหตุ**

[1] โปรแกรมคำนวณคาร์บอนฟุตพรินท์ขององค์กร (Scope 1.1 : การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่อยู่กับที่)

[2] คำนวณจากสูตร $E_{fj} = B_o$ x MCF = 0.25 kg$CH_4$/kg BOD x 0.5 (MCF value of Stagnant Sewer) x 25 kg $CO_2e$ = 3.125 kg $CO_2e$/kg $CH_4$

*4.1.2.3 กรณีพิจารณาการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ*

หากพิจารณาการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิในกระบวนการเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน ซึ่งมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ -0.54 ตันคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิเทียบเท่าต่อตันทะลายปาล์มน้ำมันสด และเมื่อนำมาใช้ในการคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงสกัดน้ำมันปาล์ม เนื่องจากวัตถุดิบหลักของขั้นตอนสกัดน้ำมันปาล์ม คือ ทะลายปาล์มน้ำมันสดจากสวนปาล์มน้ำมัน จะทำให้ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ -2.88 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ดังแสดงในตารางที่ 4-9

**ตารางที่ 4-9** ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงสกัดปาล์มน้ำมัน (พิจารณาการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ)

| **กิจกรรม** | EF | **จ.ตรัง** ton $CO_2e$ | **จ.กระบี่** ton $CO_2e$ | **จ.ชุมพร** ton $CO_2e$ |
|---|---|---|---|---|
| วัตถุดิบ | -0.54 ton $CO_2e$/ton FFB | - 95,385.60 | - 210,600.00 | - 189,000.00 |
| ไฟฟ้า | 0.61 kg $CO_2e$/kWh | 1,188.38 | 195.03 | (ไม่มี) |
| ดินขาว | 0.22 kg $CO_2e$/kg | 149.52 | 195.03 | (ไม่มี) |
| โซเดียมคลอไรด์ | 0.20 kg $CO_2e$/kg | (ไม่มี) | (ไม่มี) | 3.38 |
| กรดฟอสฟอริค | 1.41 kg $CO_2e$/kg | 210.95 | 548.61 | 443.11 |
| กรดซัลฟูริค | 0.12 kg $CO_2e$/kg | 27.42 | 71.31 | 57.60 |
| ดีเซล | 2.71 kg $CO_2e$/L | 15.55 | 23.42 | 38.51 |
| เส้นใยปาล์ม | 1.16[1] kg $CO_2e$/ton | 22.58 | 58.91 | 56.94 |
| น้ำเสีย | 3.13[2] kg $CO_2e$/kg $CH_4$ | 0.69 | 45.94 | 16.42 |
| ไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ | 0.1966 ton $CO_2e$/MWh | 745.19 | (ไม่มี) | 1,580.66 |
| รวมปริมาณการปลดปล่อยต่อ RPO (ton $CO_2e$ / ton RPO) | | - 3.26 | - 2.76 | - 2.83 |
| ปริมาณการปลดปล่อยเฉลี่ยสุทธิ (ton $CO_2e$ / ton RPO) | | <u>- 2.88</u> | | |

**หมายเหตุ**

[1] โปรแกรมคำนวณคาร์บอนฟุตพรินท์ขององค์กร (Scope 1.1 : การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่อยู่กับที่)

[2] คำนวณจากสูตร $E_{fj} = B_o$ x MCF = 0.25 kg$CH_4$/kg BOD x 0.5 (MCF value of Stagnant Sewer) x 25 kg $CO_2$e = 3.125 kg $CO_2$e/kg $CH_4$

### 4.1.3 รายการในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (โรงผลิตไบโอดีเซล)

*4.1.3.1 ข้อมูลกิจกรรมโรงผลิตไบโอดีเซล*

สำหรับกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (บี 100) ในโรงผลิตไบโอดีเซลนั้น แสดงรายละเอียดรายการเข้า-ออก ดังแสดงในตารางที่ 4-10

**ตารางที่ 4-10** รายการเข้า-ออก ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (โรงผลิตไบโอดีเซล)

| **ขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซล** | | |
|---|---|---|
| Input | ทรัพยากรที่ใช้ | สารเคมี |
| | พลังงานที่ใช้ | ไฟฟ้า น้ำมันเชื้อเพลิง |
| Output | ของเสีย/เศษเหลือที่เกิดขึ้น | กลีเซอรีน สารเคมี |
| | ผลิตภัณฑ์ที่ได้ | ไบโอดีเซล (บี 100) |

*4.1.3.2 กรณีไม่พิจารณาการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ*

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลในพื้นที่ศึกษาโรงผลิตไบโอดีเซล จำนวน 1 แห่ง ในจังหวัดชุมพร โดยใช้วัตถุดิบ คือ น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (Refined Bleached Deodorized : RPO) โดยใช้ระบบการผลิตแบบกะ (Batch Process) และไม่ใช้น้ำ (Dry Washing) ซึ่งมีกำลังการผลิตสูงสุด 200,000 ลิตรต่อวัน เฉลี่ยดำเนินการผลิต 300 วันต่อปี ทั้งนี้ ระบบการผลิตดังกล่าวไม่ก่อให้เกิดน้ำเสียจากระบบ รวมถึงประสิทธิภาพการดึงเมทานอลจากกระบวนการผลิตนำกลับมาใช้ใหม่สำหรับเป็นสารตั้งต้นในปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชั่น ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตของสารเคมีลงได้ คิดเป็นปริมาณร้อยละ 14 ของกลีเซอรีนที่ผลิตได้จากกระบวนการ ดังแสดงรายการข้อมูลในตารางที่ 4-11

**ตารางที่ 4-11** แสดงปริมาณทรัพยากร และพลังงานที่ใช้ในโรงผลิตไบโอดีเซล

| **กิจกรรม** | **ปริมาณที่ใช้** |
|---|---|
| ระบบที่ใช้ | ใช้ไอน้ำ |
| กำลังการผลิตจริง (ลิตร/วัน) | 100,000 |

| กิจกรรม | ปริมาณที่ใช้ |
|---|---|
| จำนวนวันที่ผลิต (วัน/ปี) | 300 |
| ไฟฟ้า (เมกะวัตต์/ปี) | 2,040.00 |
| เมทานอล (ตัน/ปี) | 4,091.71 |
| โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (ตัน/ปี) | 149.96 |
| น้ำมันเตา (ตัน/ปี) | 599.84 |
| กลีเซอรีน | 4,176.36 |

จากข้อมูลในรายการเข้า-ออกของทรัพยากรและพลังงานที่ใช้ในตารางที่ 4-11 นำมาคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่า ขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยเท่ากับ 1.10 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อไบโอดีเซล 1 ลิตร โดยมีการปลดปล่อยสูงสุดมาจากกลีเซอรีนที่ได้จากกระบวนการผลิต รองลงมาได้แก่ สารเคมี และไฟฟ้า ดังแสดงผลในตารางที่ 4-12

**ตารางที่ 4-12** ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงผลิตไบโอดีเซล (ไม่พิจารณาการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ)

| กิจกรรม | EF | ton $CO_2e$ |
|---|---|---|
| วัตถุดิบ | 0.82 ton $CO_2e$/ton FFB | 21,648.00 |
| ไฟฟ้า | 0.61 kg $CO_2e$/kWh | 1,242.97 |
| เมทานอล | 0.72 kg $CO_2e$/kg | 2,950.94 |
| โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ | 5.97 kg $CO_2e$/kg | 1,732.32 |
| น้ำมันเตา | 0.31 kg $CO_2e$/kg | 275.20 |
| กลีเซอรีน | 646.00 ton $CO_2e$/ton | 3,841.98 |
| รวมปริมาณการปลดปล่อย (ton $CO_2e$ /ton B100) | 1.26 | |
| **รวมปริมาณการปลดปล่อย (kg $CO_2e$ /liter B100)** | 1.10 | |

*4.1.3.3 กรณีพิจารณาการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ*

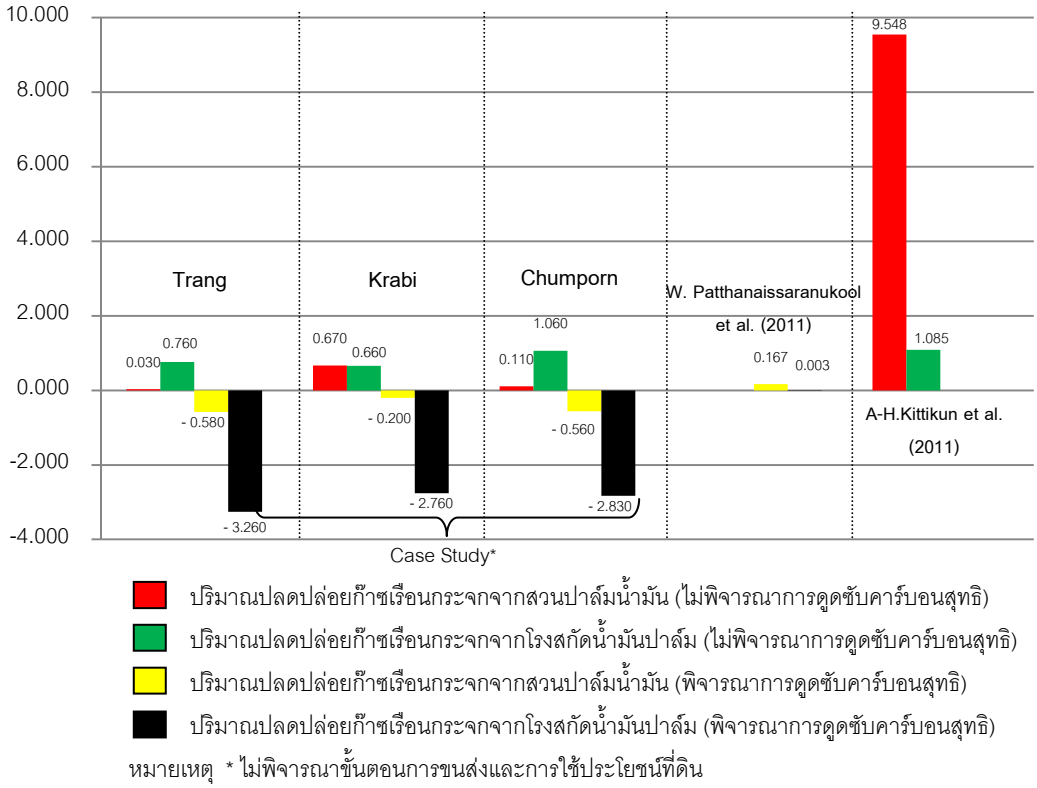
หากพิจารณาการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิตั้งแต่กระบวนการเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน การสกัดน้ำมันปาล์ม ซึ่งมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ

-0.54 ตันคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิเทียบเท่าต่อตันทะลายปาล์มน้ำมันสด และ -2.88 ตันคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิเทียบเท่าต่อตันน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ตามลำดับ โดยเมื่อนำมาใช้ในการคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงผลิตไบโอดีเซล เนื่องจากวัตถุดิบหลักของขั้นตอนผลิตไบโอดีเซล คือ น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์จากโรงสกัดน้ำมันปาล์ม จะทำให้ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ -2.29 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อไบโอดีเซล 1 ลิตร ดังแสดงในตารางที่ 4-13

**ตารางที่ 4-13** ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงผลิตไบโอดีเซล (พิจารณาการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ)

| **กิจกรรม** | EF | ton $CO_2e$ |
|---|---|---|
| วัตถุดิบ (ton $CO_2e$/ton FFB) | 0.82 ton $CO_2e$/ton FFB | -76,137.60 |
| ไฟฟ้า | 0.61 kg $CO_2e$/kWh | 1,242.97 |
| เมทานอล | 0.72 kg $CO_2e$/kg | 2,950.94 |
| โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ | 5.97 kg $CO_2e$/kg | 1,732.32 |
| น้ำมันเตา | 0.31 kg $CO_2e$/kg | 275.20 |
| กลีเซอรีน | 646.00 ton $CO_2e$/ton | 3,841.98 |
| รวมปริมาณการปลดปล่อย (ton $CO_2e$ /ton B100) | -2.64 | |
| **รวมปริมาณการปลดปล่อย (kg $CO_2e$ / liter B100)** | -2.29 | |

จากการคำนวณและวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน 1 ลิตร ตั้งแต่กระบวนการปลูกปาล์มน้ำมันไปจนถึงการผลิตไบโอดีเซล (บี100) โดยไม่พิจารณาขั้นตอนการขนส่งและการใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่า กรณีไม่พิจารณาการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยเท่ากับ 1.10 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อไบโอดีเซล 1 ลิตร และหากพิจารณาการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิจะมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยเท่ากับ -2.29 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อไบโอดีเซล 1 ลิตร ดังแสดงในภาพที่ 4-1




**ภาพที่** 4-1 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสวนปาล์มน้ำมัน และโรงสกัดน้ำมันปาล์ม

## 4.2 ข้อเสนอแนะต่อแนวทางการลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน ทั้ง 2 กรณีในการพิจารณาศักยภาพการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมที่ใช้

แนวทางการลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน สามารถแบ่งได้เป็น 3 แนวทางสำคัญ ดังนี้

4.2.1 แนวทางลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสวนปาล์มน้ำมัน

- ลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี และเพิ่มปริมาณการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ หรือปุ๋ยหมักชีวภาพ
- นำของเสียหรือเศษเหลือในสวนปาล์มน้ำมัน อาทิ ทางใบปาล์มน้ำมัน ทะลายปาล์มน้ำมันเปล่า มาทำเป็นปุ๋ยชีวภาพใช้ในสวนปาล์ม

4.2.2 แนวทางลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงสกัดน้ำมันปาล์ม

- นำเศษเหลือจากกระบวนการสกัดฯ อาทิ ทะลายปาล์มเปล่า เส้นใยปาล์ม กะลาปาล์ม มาใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อให้ความร้อนแก่ระบบ
- ผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับใช้ภายในโรงงานจากการกักเก็บก๊าซชีวภาพของน้ำเสียหลังกระบวนการผลิต ซึ่งหากมีปริมาณเหลือจากการใช้ภายในระบบสามารถขายกระแสไฟฟ้าเข้าระบบส่วนกลางได้

4.2.3 แนวทางลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงผลิตไบโอดีเซล

- ปรับปรุงหรือเปลี่ยนเครื่องจักรที่มีอายุการใช้งานเกินกว่าที่ระบุไว้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรให้สูงขึ้น ทำให้สามารถลดการใช้พลังงานลงได้

## 4.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมตามนโยบายการส่งเสริมการผลิตและใช้ไบโอดีเซลเพื่อทดแทนดีเซลของประเทศไทยของกระทรวงพลังงาน

จากกรณีที่รัฐบาลโดยกระทรวงพลังงานได้กำหนดเป้าหมายเพิ่มปริมาณการผลิตและใช้ไบโอดีเซลเป็น 5.97 ล้านลิตรต่อวันภายในปี 2564 เมื่อพิจารณาการผลิตไบโอดีเซลนั้นหากมีการนำไบโอดีเซลผสมกับน้ำมันดีเซลในสัดส่วนต่างๆกันจะส่งผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แตกต่างกันตามไปด้วย ดังแสดงในตารางที่ 4-14

**ตารางที่ 4-14** การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากไบโอดีเซลและดีเซล

| ประเภทเชื้อเพลิง | ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก | |
|---|---|---|
| | ไม่พิจารณาการดูดซับคาร์บอนสุทธิ | พิจารณาการดูดซับคาร์บอนสุทธิ |
| ดีเซล (Diesel) | 2.71 | |
| บี 3 (B 3) | 2.66 | 2.56 |
| บี 5 (B 5) | 2.63 | 2.46 |
| บี 10 (B 10)* | 2.55 | 2.21 |
| บี 20 (B 20)* | 2.39 | 1.71 |

* **หมายเหตุ** การพิจารณาใช้ บี 10 หรือ บี 20 นั้น ควรจะพิจารณาในประเด็นอื่นเพิ่มเติมนอกเหนือจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังนี้

- ควรคำนึงถึง ผลกระทบของการใช้ไบโอดีเซลแต่ละสัดส่วนในเครื่องยนต์
- ควรคำนึงถึง การจัดหาวัตถุดิบภายในประเทศ (ปาล์มน้ำมัน) เพื่อใช้ในการผลิตไบโอดีเซล
- ควรคำนึงถึง ผลกระทบด้านราคาของน้ำมันปาล์มที่ใช้สำหรับบริโภคกับการนำมาเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตพลังงาน

# รายการอ้างอิง

**ภาษาไทย**

นโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, สำนักงาน. **รายงานฉบับสมบูรณ์ การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย**. ในรายงานแห่งชาติฉบับที่ 2. กรุงเทพมหานคร. 143 หน้า, 2553.

นโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, สำนักงาน.**รายงานภาพรวมพลังงานของประเทศไทย ปี 2555**[ออนไลน์]. แหล่งที่มา:http://doc- eppo.eppo.go.th/Energy Situation/News.htm [11 มกราคม 2556]

นโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, สำนักงาน. **สถานการณ์พลังงานไทย ปี 2555 และแนวโน้มปี 2556**[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://doc- eppo.eppo.go.th/Energy Situation/EnerSituation_YF.htm [11 มกราคม 2556]

ปราณี หนูทองแก้ว.**การประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2551.

พรชัย เหลืองอาภาพงศ์.**คัมภีร์ปาล์มน้ำมัน พืชเศรษฐกิจเพื่อบริโภคและอุปโภค**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มติชน, 2549.

พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, กรม. **แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (2555-2564):AEDP**[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.dede.go.th/dede/images/stories/aedp25.pdf[14 มกราคม 2556]

พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, กรม. **ศักยภาพชีวมวลเชิงพื้นที่ของประเทศไทย ปี 2552**[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.dede.go.th/dede/index.php?option=com_content&view=article&id=130:2010-05-07-08-10-57&catid=58&Itemid=68[14 มกราคม 2556]

วิชาการเกษตร,กรม. **การแปรรูปปาล์มน้ำมัน: กระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม**[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.doa.go.th/palm/linkTechnical/efficiency.html [9 มกราคม 2556]

ศักดิ์รพี คนซื่อ, หาญพล พึ่งรัศมี, วรณี แพ่งจันทึก, ภณิดา ช้ายขวัญ และ ไพรัช อุศุภรัตน์.**การวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าจากการผลิตน้ำมัน**

**ปาล์มโอเลอิน**. การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 7, หน้า 801-806.7-8 ธันวาคม 2553 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

เศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, สำนักงาน.**โครงการการผลิตปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มเพื่อพลังงานชีวภาพอย่างยั่งยืน**, 2555.

เศรษฐกิจการเกษตร, สำนักงาน.**การศึกษาเรื่องการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรม น้ำมันปาล์มไทย. ในการฝึกอบรมหลักสูตรการผลิตน้ำมันปาล์มอย่างยั่งยืน**, 28 พฤศจิกายน 2554 ณ โรงแรม โรสการ์เด้น ริเวอร์ไซด์ นครปฐม

เศรษฐกิจการเกษตร, สำนักงาน.**ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร : ปาล์มน้ำมัน**[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/download/prcai/farmcrop/palm52-54.pdf [5มกราคม 2556]

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) และ สำนักพัฒนาความยั่งยืนองค์กรเครือเจริญโภคภัณฑ์,**โปรแกรมคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร สำหรับองค์กรธุรกิจในประเทศไทย**, 2554.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน),**แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร โครงการส่งเสริมการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร**, 2554.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน),**แนวทางการศึกษาและกำหนดค่า Carbon Intensity ของอุตสาหกรรมเคมี อาหาร สิ่งทอ แก้ว และเซรามิค**, 2554.

อรัญ หันพงศ์กิตติกูล มูฮัมหมัด เจ๊ะอามู และฉวีวรรณ มลิวัลย์, **การประเมินขั้นต้นของการเกิดก๊าซเรือนกระจกจากสวนปาล์มและการสกัดน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทย**. วารสารหาดใหญ่วิชาการ 7 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2552): 97-106.

**<u>ภาษาอังกฤษ</u>**

Henson, I.E. Comparative Ecophysiology of Oil Palm and Tropical Rainforest.In Oil Palm and the Environment.**A Malaysian Perspective (Gurmit Singh et al., eds.)**. Malaysian Oil Palm Growers Council, Kuala Lumpur (1999): 9-39.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**[Online]. Available from:http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB [2013,January 11]

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**[Online]. Available from:http://www.ipcc-nggip. iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/V5_6_Ch6_Wastewater.pdf [2013,January 11]

K. Chuchuoy, W. Paengjuntuek, P. Usubharatana and H. Phungrassami.Preliminary Study of Thailand Carbon Reduction Label : A Case Study of Crude Palm Oil Production.**European Journal of Scientific Research** 34(2) (2009): 252-259.

Khasanah N., van Noordwijk M., Ekadinata A., Dewi S., Rahayu S., Ningsih H., Setiawan A., Dwiyanti E. and Octaviani R.The Carbon Footprint of Indonesian Palm Oil Production.**Technical Brief** No.25: palm oil series. Bogor, Indonesia, World Agroforestry Centre-ICRAF, SEA Regional Office. 10p.

Kiichiro Hayashi.Environmental Impact of Palm Oil Industry in Indonesia.**Proceeding of International Symposium on Eco Topia Science 2007**, ISETS07: 2007.

L. Reijnders and M. A. J. Huijbregts.Palm Oil and The Emission of Carbon-Based Greenhouse Gases.**Journal of Cleaner Production** 16 (2008): 477-482.

Mohd Nor Azman Hassana, Paulina Jaramillo, W. Michael Griffin,Life Cycle GHG Emissions from Malaysian Oil Palm Bioenergy Development : The Impact on Transportation Sector's Energy Security.**Energy Policy** 39(5) (2011): 2615-2625.

S. Pleanjai, S.H. Gheewala and S. Garivait.Environmental Evaluation of Biodiesel Production from Palm Oil in a Life Cycle Perspective.**Asian J. Energy Environ**8 (1 and 2)(2007): 15-32.

Vijaya, S., Ma A. N., Choo Y. M. and Nik Meriam, N S.Life Cycle Inventory of the Production of Crude Palm Oil-A Gate to Gate Case Study of 12 Palm Oil Mills, **Journal of Oil Palm Research** 20 (June 2008): 484-494.

Withida Patthanaissaranukool and Chongchin Polprasert.Carbon Mobilization in Oil Palm Plantation and Milling Based on a Carbon-Balanced Model-A Case Study in Thailand. **EnvironmentAsia** 4(2)(2011): 17-26.

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก
# ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ในงานวิจัย

**ตาราง ก-1** ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยแบ่งตามประเภทอุตสาหกรรม

| ลำดับที่ | ชื่อ | รายละเอียด | หน่วย | ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก | แหล่งข้อมูลอ้างอิง | วันที่ปรับปรุงข้อมูล |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **กลุ่มเคมีภัณฑ์ (Chemicals)** | | | | | | |
| 1 | Kaolin | Kaolin, at plant | kg | 0.2167 | Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a | Update_24Sep12 |
| 2 | Methanol | Methanol, at plant | kg | 0.7212 | Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a | Update_24Sep12 |
| 3 | Potassium hydroxide | | kg | 5.9653 | Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid | |
| 4 | Sulfuric Acid | Sulfuric Acid, liquid, at plant | kg | 0.1219 | Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a | Update_24Sep12 |
| 5 | Phosphoric Acid | Phosphoric liquid, industrial grade, 85% in $H_2O$, at plant | kg | 1.4067 | Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a | Update_24Sep12 |
| 6 | Sodium Chloride | Sodium Chloride, powder, at plant | kg | 0.1937 | Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a | Update_24Sep12 |

| ลำดับที่ | ชื่อ | รายละเอียด | หน่วย | ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก | แหล่งข้อมูลอ้างอิง | วันที่ปรับปรุงข้อมูล |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **กลุ่มพลังงาน: เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงแข็ง** | | | | | | |
| 7 | Diesel-Combustion | | L | 2.7080 | IPCC 2007 | |
| 8 | Benzene-Combustion | Use calorific value from DEDE | L | 2.1896 | IPCC 2007 | |
| 9 | Fuel Oil | | kg | 0.3057 | Thai national database | Update_24Sep12 |
| **กลุ่มไฟฟ้า** | | | | | | |
| 10 | Electricity, grid mix | Thai Electricity, grid mix 2009 | kWh | 0.6093 | Thai national database | Update_24Sep12 |
| **กลุ่มเคมีเกษตร** | | | | | | |
| 11 | Fertilizer N | | kg | 2.6000 | Japan CF | |
| 12 | Fertilizer P | | kg | 0.2520 | Japan CF | |
| 13 | Fertilizer K | | kg | 0.1600 | Japan CF | |
| 14 | Dolomite (Fertilizer Mg) | | kg | 0.0265 | Ecoinvent 2.0 | |
| 15 | Compost | | kg | 0.1097 | Ecoinvent 2.0 | |
| 16 | Urea | $N_2O$ Calculation from Fertilizer application (IPCC method) | kg | 5.5300 | Ecoinvent 2.0 | |

| ลำดับที่ | ชื่อ | รายละเอียด | หน่วย | ค่าสัมประสิทธ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก | แหล่งข้อมูลอ้างอิง | วันที่ปรับปรุงข้อมูล |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 17 | Fertilizer ammonium phosphate | | kg | 3.7700 | Ecoinvent 2.0 | |
| 18 | Fertilizer potassium chloride | | kg | 0.5330 | Ecoinvent 2.0 | |
| 19 | Glyphosate | | kg | 16.0000 | Ecoinvent 2.0 | |
| 20 | Paraquat | Substitute with 2,4-D, at regional storehouse/ RER S | kg | 3.2300 | Ecoinvent 2.0 | |
| **การผลิตไบโอดีเซล** | | | | | | |
| 21 | Glycerin | Cradle to Gate | ton | 646.0000 | | |

ที่มา : อบก., 2554

**การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของก๊าซมีเทน**

IPCC 2006 ได้กำหนดวิธีการคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากบ่อบำบัดน้ำเสีย โดยสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของก๊าซมีเทนจากน้ำเสีย แสดงตามสมการ

$$EF_j = B_o \times MCF_j$$

เมื่อ

EF = ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของก๊าซมีเทน , $kgCH_4/kg$ BOD

j = ประเภทการบำบัดน้ำเสีย

$B_o$ = กำลังการผลิตสูงสุดของก๊าซมีเทน= 0.25 $kgCH_4/kg$ BOD

$MCF_j$ = ค่าสัมประสิทธิ์ที่ถูกต้องของก๊าซมีเทน = 0.5

สำหรับงานวิจัยนี้พิจารณาประเภทการบำบัดน้ำเสียแบบ Stagnant sewer และคำนวณค่า $B_o$ (กำลังการผลิตสูงสุดของก๊าซมีเทน) โดยอาศัยค่าอ้างอิงที่ใช้ในการคำนวณ ดังแสดงในตารางที่ ก-2 ได้เท่ากับ 0.25 $kgCH_4/kg$ BOD

**ตารางที่ ก-2** ค่า $B_o$ ของน้ำเสียจากกระบวนการผลิต

| **ค่า $B_o$ ของน้ำเสียจากกระบวนการผลิต** |
|---|
| 0.60 $kgCH_4/kg$ BOD |
| **0.25 $kgCH_4/kg$ COD** |

ที่มา : 2006 IPCC, 2008

สำหรับค่า MCFในงานวิจัยนี้พิจารณาประเภทการบำบัดน้ำเสียแบบ Stagnant sewer จึงมีค่าเท่ากับ 0.5 ดังแสดงในตารางที่ ก-3

**ตารางที่ ก-3** ค่า MCF ของน้ำเสียจากกระบวนการผลิต

| ประเภทการบำบัดน้ำเสีย | MCF | ช่วงระหว่าง |
|---|---|---|
| ระบบที่ไม่มีการบำบัดน้ำเสีย | | |
| กรณีปล่อยไหลลงทะเล แม่น้ำ ทะเลสาป | 0.1 | 0 - 0.2 |
| Stagnant Sewer | 0.5 | 0.4 - 0.8 |
| ระบบที่มีการบำบัดน้ำเสีย | | |
| กรณีที่ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน | 0 | 0 - 0.1 |
| กรณีที่ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังหมักไร้ออกซิเจนและไม่มีการนำ $CH_4$ กลับมาใช้ | 0.8 | 0.8 - 1.0 |
| กรณีใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อบำบัดไร้ออกซิเจนที่มีความลึกน้อยกว่า 2 ม. | 0.2 | 0 - 0.3 |
| กรณีที่ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อบำบัดไร้ออกซิเจนที่มีความลึกมากกว่า 2 ม. | 0.8 | 0.8 - 1.0 |

ที่มา : 2006 IPCC, 2008

**การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของไฟฟ้าที่ผลิตจากก๊าซชีวภาพ**

วิธีการคำนวณ

ข้อมูลที่ใช้ ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก = 54.6 ton$CO_2$e/TJ(อบก., 2553)

ค่าปริมาณไฟฟ้า = 3.6 MJ/kWh(สนพ., 2547)

ปริมาณ 3.6 MJ = 1 kWh

ปริมาณ 1 TJ = 1/3.6 = 277.78 MWh

ปริมาณไฟฟ้า 277.78 MWhน้ำเสียปลดปล่อย 54.6 ton$CO_2$e

ปริมาณไฟฟ้า 1 MWhน้ำเสียปลดปล่อย 54.6/ 277.78

= 0.1966 ton$CO_2$e/MWh

**การคำนวณค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิ โดยพิจารณาการดูดกลับของก๊าซเรือนกระจก (ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์)**

ในงานวิจัยได้ใช้ค่าอ้างอิงการดูดกลับของก๊าซเรือนกระจกสุทธิของปาล์มน้ำมันเฉลี่ยจากผลการศึกษาของ Henson,1999 ที่มีค่าเท่ากับ 64.5 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเฮกตาร์ต่อปี หรือ 10.32 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อไร่ต่อปี ดังแสดงในตารางที่ ก-4

**ตารางที่ ก-4** อัตราการดูดกลืนสุทธิอัตราการสังเคราะห์แสง อัตราการหายใจของปาล์มน้ำมันเทียบกับป่าพาโซล(Pasoh)ของประเทศมาเลเซีย

| | **ป่าพาโซล(Pasoh) ประเทศมาเลเซีย** | **ปาล์มน้ำมัน** | |
|---|---|---|---|
| | | **ผลการศึกษา** | **ค่าเฉลี่ยของประเทศ** |
| Gross assimilation (ton $CO_2$/ha/yr) | 163.5 | 161.0 | 97.9 |
| Total Respiration (ton $CO_2$ /ha/yr) | 121.1 | 96.5 | 64.7 |
| Net assimilation (ton $CO_2$ /ha/yr) | 42.4 | **64.5** | 33.2 |

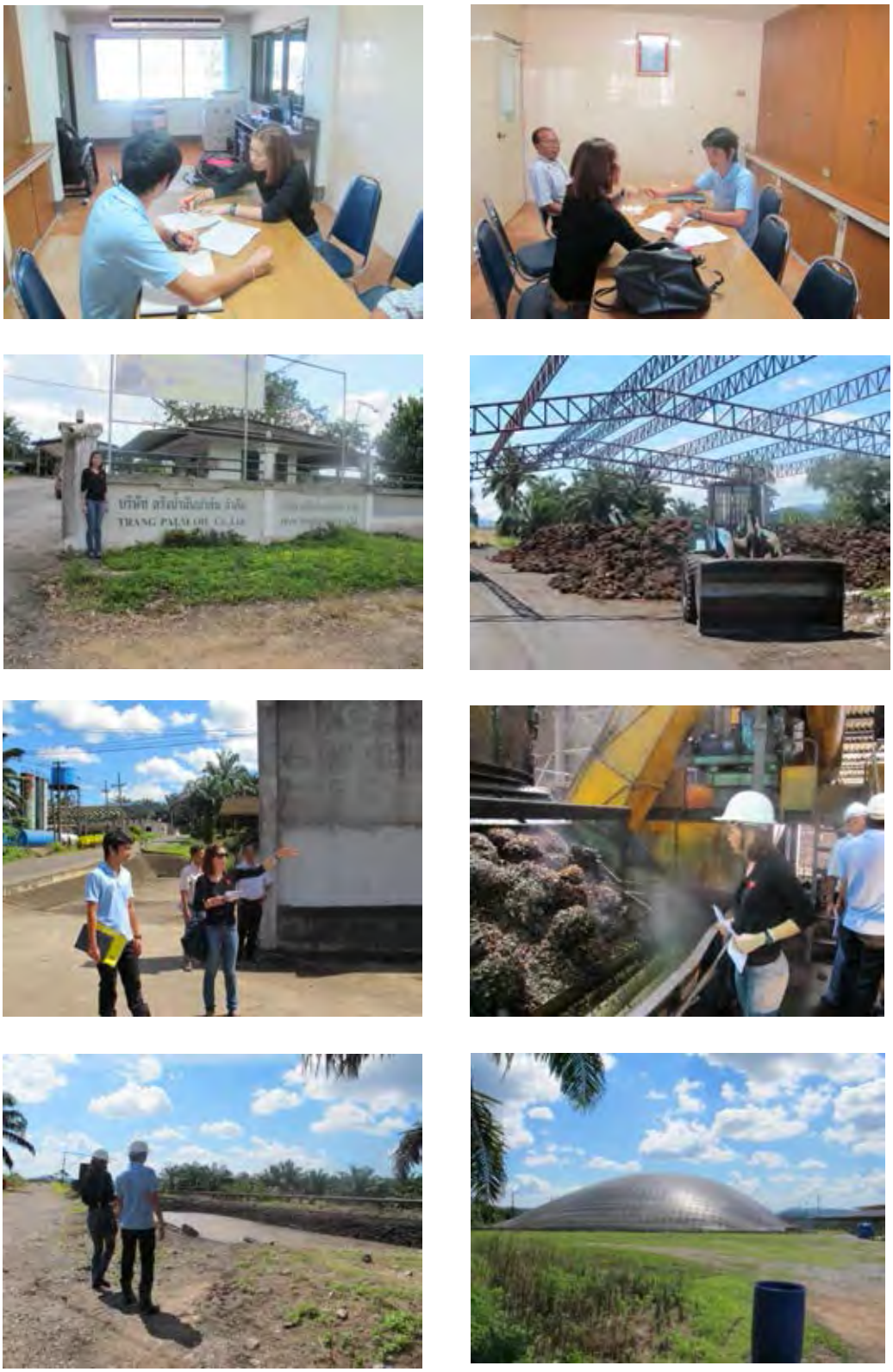
ที่มา : Henson I.E.,1999

# ภาคผนวก ข
# ภาพการสำรวจพื้นที่และเก็บรวบรวมข้อมูล

**ภาพที่ ข-1** ขณะทำการสำรวจและรวบรวมข้อมูลสวนปาล์มน้ำมัน จ.ตรัง

**ภาพที่ ข**-2 ขณะทำการสำรวจและรวบรวมข้อมูลสวนปาล์มน้ำมัน จ.กระบี่

**ภาพที่ ข**-3 ขณะทำการสำรวจและรวบรวมข้อมูลสวนปาล์มน้ำมัน จ.ชุมพร



**ภาพที่ ข-4** ขณะทำการสำรวจและรวบรวมข้อมูลโรงสกัดน้ำมันปาล์ม จ.ตรัง

**ภาพที่ ข-5** ขณะทำการสำรวจและรวบรวมข้อมูลโรงสกัดน้ำมันปาล์ม จ.กระบี่

**ภาพที่ ข-6** ขณะทำการสำรวจและรวบรวมข้อมูลโรงสกัดน้ำมันปาล์ม จ.ชุมพร

**ภาพที่ ข-7** ขณะทำการสำรวจและรวบรวมข้อมูลโรงผลิตไบโอดีเซล จ.ชุมพร

# ภาคผนวก ค
# แบบสอบถามสำรวจข้อมูล

**แบบสำรวจการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ สวนปาล์มน้ำมัน**

ผู้กรอกข้อมูล..... วันที่กรอกข้อมูล.....

---

**ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัว**

1.1 เลขที่ตั้ง (สวนปาล์มน้ำมัน)..... หมู่ที่..... ตำบล.....

อำเภอ..... จังหวัด..... รหัสไปรษณีย์.....

1.2 ชื่อ-นามสกุล..... โทรศัพท์.....

บ้านเลขที่..... หมู่ที่..... ตำบล..... อำเภอ.....

จังหวัด..... รหัสไปรษณีย์.....

1.3 เพศ[ ] 1.ชาย [ ] 2.หญิง

1.4 อายุ..... ปี

1.5 การศึกษาสูงสุด

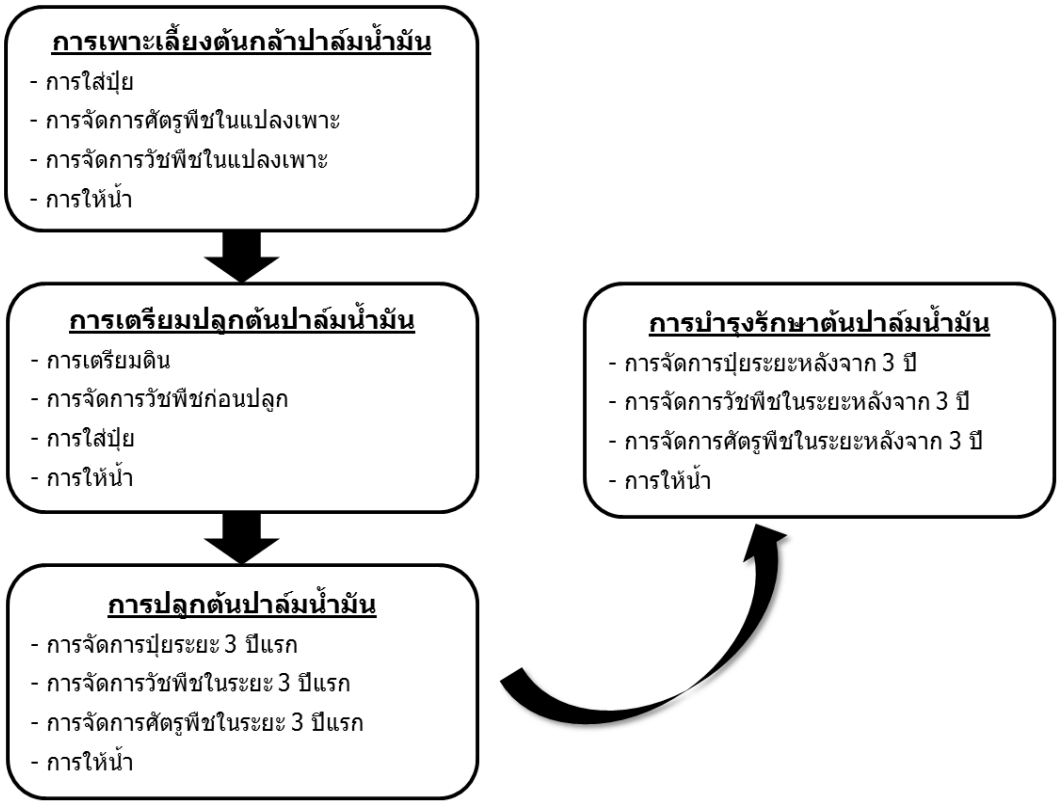
1.5.1 [ ] ไม่เรียนหนังสือ 1.5.2 [ ] ประถมศึกษา 1.5.3 [ ] มัธยมศึกษา

1.5.4 [ ] อนุปริญญา 1.5.5 [ ] ปริญญาตรี 1.5.6 [ ] สูงกว่าปริญญาตรี

1.6 จำนวนพื้นที่..... ไร่..... งาน..... ตารางวา

1.7 จำนวนต้น/ไร่..... ต้น/ไร่

**<u>ส่วนที่ 2</u>** **ข้อมูลการเพาะเลี้ยงต้นกล้าปาล์มน้ำมัน**




แผนผังแสดงกระบวนการปลูกปาล์มน้ำมัน

ที่มา : พรชัย เหลืองอาภาพงศ์, คัมภีร์ปาล์มน้ำมันพืชเศรษฐกิจเพื่ออุปโภคและบริโภค,2549

2.1 ระยะเวลาในเพาะเลี้ยงต้นกล้า.....เดือน

2.2พันธุ์ที่ใช้ในการปลูก

[ ] ดูรา (Dura) [ ] พิสิฟิร่า (Pisifera) [ ] เทเนร่า (Tenera)

[ ] สุราษฎร์ธานี 1 [ ] สุราษฎร์ธานี 2 [ ] สุราษฎร์ธานี 3

[ ] สุราษฎร์ธานี 4 [ ] สุราษฎร์ธานี 5 [ ] โกลเด้น เทเนร่า

[ ] ไนจีเรีย [ ] คอสตาริกา [ ] เดลี่-ลาเม่

[ ] อื่น ๆ.....

2.3 ลักษณะดินที่ใช้(วัสดุปลูก).....

2.4 การเพาะเลี้ยงต้นกล้าปาล์มน้ำมันระยะแรก [ ] ใส่ปุ๋ย [ ] ไม่ใส่ปุ๋ย (ข้ามไปตอบ ข้อ 2.5)

2.4.1 ชนิดของปุ๋ยที่ใช้ในการปรับปรุงดิน

[ ] ปุ๋ยอินทรีย์ [ ] ปุ๋ยคอก [ ] ปุ๋ยหมัก

[ ] ปุ๋ยพืชสด [ ] ปุ๋ยเคมี ( ) 15-15-6-4 ( ) 12-12-17-2

( ) 0-0-60 ( ) กลีเซอไรท์

( ) อื่นๆ .....

2.4.2 อัตราการใส่ปุ๋ย.....กิโลกรัม/ไร่

2.5การเพาะเลี้ยงต้นกล้าปาล์มน้ำมันระยะหลัง

2.5.1 ชนิดของปุ๋ยเคมีที่ใส่

[ ] 15-15-6-4 [ ] 12-12-17-2 [ ] 12-12-17-1

[ ] 0-0-60 [ ] กลีเซอไรท์[ ] อื่นๆ .....

2.5.2 การจัดการกำจัดศัตรูพืชในแปลงเพาะ (หมายถึง โรค แมลงศัตรู และ สัตว์ศัตรูปาล์มน้ำมัน)

[ ] มีการจัดการศัตรูพืช อัตราที่ใช้.....(ซีซี/ไร่)

โปรดระบุสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ 1.....

2.....

3.....

4.....

5.....

[ ] ไม่มีการจัดการศัตรูพืช (ข้ามไปตอบ ข้อ 2.5.3)

2.5.3 การจัดการกำจัดวัชพืชในแปลงเพาะ

[ ] มีการจัดการวัชพืช อัตราที่ใช้ .....(ซีซี/ไร่)

โปรดระบุสารกำจัดวัชพืชที่ใช้ 1.....

2.....

3.....

4.....

5.....

[ ] ไม่มีการจัดการวัชพืช (ข้ามไปตอบ ข้อ 2.5.4)

2.5.4 การจัดการระบบน้ำในแปลงเพาะ

(1) แหล่งน้ำในพื้นที่แปลงเพาะกล้าปาล์มน้ำมัน

[ ] ไม่มี [ ] มี (โปรดตอบคำถามในข้อ (2) – (4) )

(2) แหล่งน้ำที่ใช้ในพื้นที่แปลงเพาะกล้าปาล์มน้ำมัน

[ ] น้ำชลประทาน [ ] แหล่งน้ำตามธรรมชาติ [ ] น้ำบาดาล

[ ] อื่นๆ .....

(3) รอบการให้น้ำต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

[ ] ทุกวัน (จำนวน.....ครั้ง/วัน) [ ] วันเว้นวัน [ ] 1 ครั้ง / 2 วัน

[ ] 1 ครั้ง / 3 วัน [ ] อื่น ๆ .....

(4) ระบบการให้น้ำในแปลงเพาะกล้าปาล์มน้ำมัน

[ ] ใช้เครื่องสูบน้ำ

(4.1) เชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับเครื่องสูบน้ำ

( ) ไฟฟ้า ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

(4.2) ข้อมูลเครื่องสูบน้ำ

( ) ขนาดปั๊มหรือมอเตอร์.....แรงม้า

( ) กำลังไฟฟ้า..วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] ใช้ปั๊มน้ำ

(4.3) เชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับปั๊มน้ำ

( ) ไฟฟ้า ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

(4.4) ข้อมูลปั๊มน้ำ

( ) ขนาดปั๊มหรือมอเตอร์.....แรงม้า

( ) กำลังไฟฟ้า..วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] อาศัยแรงโน้มถ่วง โดยปล่อยตามร่อง

[ ] สปริงเกอร์ แรงดันน้ำ.....บาร์ รัศมีการฉีด.....เมตร

[ ] อื่นๆ .....

**<u>ส่วนที่ 3</u> ข้อมูลการเตรียมปลูกต้นปาล์มน้ำมัน**

3.1 การเตรียมดิน

3.1.1 การปรับปรุงดิน

[ ] ไม่มีการใส่ปุ๋ย

[ ] มีการใส่ปุ๋ย

(1) ชนิดของปุ๋ยที่ใช้ในการปรับปรุงดิน

( ) ปุ๋ยอินทรีย์ ( ) ปุ๋ยคอก ( ) ปุ๋ยหมัก

( ) ปุ๋ยพืชสด ( ) ปุ๋ยเคมี

[ ] 15-15-15 [ ]46-0-0

[ ] 18-46-0 [ ] 0-60-60

[ ] กีเซอไรท์ [ ] โบเรท [ ] อื่นๆ .....

.....

(2) อัตราการใส่ปุ๋ย.....กิโลกรัม/ไร่

3.1.2 ในการเตรียมดินมีการไถพรวนดินหรือไม่ [ ] ไม่มี (ข้ามไป ข้อ 3.2) [ ] มี

3.1.3 ประเภทของรถไถที่ใช้ในการพรวนดิน

[ ] รถไถเดินตาม [ ] รถแทรคเตอร์ขนาดเล็ก

[ ] รถแทรคเตอร์ขนาดใหญ่ [ ] อื่น ๆ .....

3.1.4 ประเภทของเชื้อเพลิงที่ใช้

[ ] น้ำมันเบนซิน [ ] น้ำมันดีเซล

[ ] อื่น ๆ .....

3.1.5 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้.....ลิตร/ไร่

3.1.6 ค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงที่ใช้.....บาท/ไร่

3.2 การจัดการวัชพืชก่อนปลูก

[ ] ใช้วิธีการไถกลบ

[ ] ใช้วิธีการเผา

[ ] ใช้สารกำจัดวัชพืช (โปรดระบุ)

1. ..... อัตราการใช้ ..... ลิตร/ไร่

2. ..... อัตราการใช้ ..... ลิตร/ไร่

3. ..... อัตราการใช้ ..... ลิตร/ไร่

4. ..... อัตราการใช้ ..... ลิตร/ไร่

[ ] อื่นๆ (โปรดระบุ) .....

**<u>ส่วนที่ 4</u> ข้อมูลการปลูกปาล์มน้ำมัน**

4.1 การจัดการปุ๋ยระยะ 3 ปีแรก

4.1.1 ชนิดปุ๋ยที่ใส่

[ ] ปุ๋ยอินทรีย์ [ ] ปุ๋ยคอก

[ ] ปุ๋ยพืชสด [ ] ปุ๋ยหมัก

[ ] ปุ๋ยเคมี

( ) 21-0-0 ปริมาณที่ใส่ ..... กรัม/ต้น

( ) 0-3-0 ปริมาณที่ใส่ ..... กรัม/ต้น

( ) 0-0-60 ปริมาณที่ใส่ ..... กรัม/ต้น

( ) 18-46-0 ปริมาณที่ใส่ ..... กรัม/ต้น

( ) กลีเซอไรท์ ปริมาณที่ใส่ ..... กรัม/ต้น

( ) โบเรท ปริมาณที่ใส่ ..... กรัม/ต้น

( ) อื่นๆ ..... ปริมาณที่ใส่ ..... กรัม/ต้น

4.1.2 จำนวนครั้งในการใส่ปุ๋ยต่อปี

[ ] 1 ครั้ง/ปี [ ] 2 ครั้ง/ปี [ ] 3 ครั้ง/ปี [ ] อื่นๆ ..... ครั้ง/ปี

4.2 การจัดการวัชพืชในระยะ 3 ปีแรก

[ ] ใช้วิธีการไถกลบ โดยใช้เครื่องจักร/อุปกรณ์ อาทิ เครื่องตัดหญ้า รถไถ เป็นต้น

[ ] ใช้วิธีการเผา

[ ] ใช้สารกำจัดวัชพืช (โปรดระบุ)

1. ..... อัตราการใช้ ..... ลิตร/ไร่

2. ..... อัตราการใช้ ..... ลิตร/ไร่

3. ..... อัตราการใช้ ..... ลิตร/ไร่

4. ..... อัตราการใช้ ..... ลิตร/ไร่

[ ] อื่นๆ (โปรดระบุ) .....

4.2.1 เฉพาะกรณีที่ใช้วิธีการไถกลบ (หากไม่ได้เลือกวิธีนี้ ข้ามไปตอบข้อ 4.2.2)

- ประเภทของเชื้อเพลิงที่ใช้

[ ] น้ำมันเบนซิน [ ] น้ำมันดีเซล

[ ] อื่น ๆ .....

- ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ ..... ลิตร/ไร่
- ค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงที่ใช้ ..... บาท/ไร่

4.2.2 จำนวนครั้งในการกำจัดวัชพืชต่อปี

[ ] 1 ครั้ง/ปี [ ] 2 ครั้ง/ปี [ ] 3 ครั้ง/ปี [ ] อื่นๆ ..... ครั้ง/ปี

4.3 การจัดการศัตรูพืชในระยะ 3 ปีแรก (หมายถึง โรคศัตรู แมลงศัตรู และ สัตว์ศัตรูปาล์มน้ำมัน)

[ ] ใช้แรงงานคน

[ ] ใช้วัสดุคลุม

[ ] ใช้สารกำจัดศัตรูพืช (โปรดระบุ)

1. ..... อัตราการใช้ ..... ลิตร/ไร่

2. ..... อัตราการใช้ ..... ลิตร/ไร่

3. ..... อัตราการใช้ ..... ลิตร/ไร่

4. ..... อัตราการใช้ ..... ลิตร/ไร่

[ ] อื่นๆ (โปรดระบุ) .....

4.4 ระบบการให้น้ำในสวนปาล์มน้ำมัน

[ ] ใช้เครื่องสูบน้ำ

4.4.1 เชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับเครื่องสูบน้ำ

( ) ไฟฟ้า ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

4.4.2 ข้อมูลเครื่องสูบน้ำ

( ) ขนาดปั๊มหรือมอเตอร์.....แรงม้า

( ) กำลังไฟฟ้า วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] ใช้ปั๊มน้ำ

4.4.3 เชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับปั๊มน้ำ

( )ไฟฟ้า ( )น้ำมันดีเซล ( )น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

4.4.4 ข้อมูลปั๊มน้ำ

( ) ขนาดปั๊มหรือมอเตอร์.....แรงม้า

( ) กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] อาศัยแรงโน้มถ่วง โดยปล่อยตามร่อง

[ ] สปริงเกอร์ แรงดันน้ำ.....บาร์ รัศมีการฉีด.....เมตร

[ ] อื่นๆ .....

4.4.5 รอบการให้น้ำต้นปาล์มน้ำมันต่อเดือน

[ ] 1 ครั้ง/เดือน [ ] 2 ครั้ง/เดือน [ ] 3 ครั้ง/เดือน

[ ] 4 ครั้ง/เดือน [ ] อื่น ๆ .....

4.5 การเก็บเกี่ยวผลผลิต

[ ] ใช้แรงงานคน

[ ] ใช้เครื่องจักร

- ประเภทของเชื้อเพลิงที่ใช้

  ( )น้ำมันดีเซล ( )น้ำมันเบนซิน ( ) อื่นๆ .....

- ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้.....ลิตร/ไร่
- ค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงที่ใช้.....บาท/ไร่

[ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....

4.6 การลำเลียงผลผลิตขึ้นรถบรรทุก (หากไม่มี ข้ามไปตอบ ข้อ 4.7)

[ ] ใช้แรงงานคน

[ ] ใช้เครื่องจักร(โปรดระบุ).....

- ประเภทของเชื้อเพลิงที่ใช้

  ( )น้ำมันดีเซล ( )น้ำมันเบนซิน ( ) อื่นๆ .....

- ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้.....ลิตร/ไร่

[ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....

4.7 ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่.....กิโลกรัม/ไร่

4.8 เศษเหลือจากกระบวนการปลูกปาล์มน้ำมัน

4.8.1 ชนิดเศษเหลือจากกระบวนการปลูกปาล์มน้ำมัน

[ ] ช่อดอกปาล์มน้ำมันระยะแรกที่ถูกแทงทิ้ง

[ ] ทางใบปาล์มน้ำมัน

[ ] ทะลายปาล์มน้ำมันเปล่า

[ ] อื่น ๆ .....

4.8.2 ปริมาณเศษเหลือจากกระบวนการปลูกปาล์มน้ำมัน(ต่อเดือน).....กิโลกรัม/ไร่

4.8.3 วิธีกำจัดเศษเหลือจากกระบวนการปลูกปาล์มน้ำมัน

[ ] เผา [ ] กองรวมเพื่อใช้เป็นวัสดุคลุมดิน [ ] ทำปุ๋ยไว้ใช้ในสวน

[ ] อื่น ๆ .....

4.9 กระบวนการกำจัดกากของเสียแต่ละชนิด

.....

.....

.....

4.10 มาตรการในการลดของเสียจากกระบวนการผลิต

.....

.....

.....

ตารางสรุปชนิดของพลังงานและปัจจัยการผลิตที่ใช้รวมและมีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก สวนปาล์มน้ำมัน.....

| **ชนิดพลังงาน** | **ปริมาณที่ใช้**(kWh/year) | | |
|---|---|---|---|
| ไฟฟ้า | [ ] ผลิตไฟฟ้าใช้เอง | | |
| | [ ] ผลิตไฟฟ้าออกขาย | | |
| | [ ] ซื้อไฟฟ้ามาใช้เอง | | |
| **ชนิดพลังงาน** | **การใช้พลังงาน** | | |
| | **หน่วย** | **ปริมาณที่ใช้/หน่วย** | **ค่าแฟคเตอร์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก** |
| [ ] น้ำมันเตา | | | |
| [ ] น้ำมันดีเซล | | | |
| [ ] ก๊าซเชื้อเพลิงเหลว | | | |
| [ ] ก๊าซธรรมชาติ | | | |
| [ ] ถ่านหิน | | | |
| [ ] พลังงานหมุนเวียน (โปรดระบุ)..... | | | |
| [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ)..... | | | |

**แบบสำรวจการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม**

ผู้กรอกข้อมูล..... วันที่กรอกข้อมูล.....

---

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัว

1.1 เลขที่ตั้ง (โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม)..... หมู่ที่..... ตำบล.....
อำเภอ..... จังหวัด..... รหัสไปรษณีย์.....

1.2 ชื่อ-นามสกุล..... โทรศัพท์.....
บ้านเลขที่..... หมู่ที่..... ตำบล..... อำเภอ.....
จังหวัด..... รหัสไปรษณีย์.....

1.3 เพศ[ ] 1.ชาย [ ] 2.หญิง

1.4 อายุ..... ปี ตำแหน่ง.....

1.5 จำนวนพื้นที่..... ไร่..... งาน..... ตารางวา

1.6 ลักษณะโรงงาน

[ ] โรงงานสกัดน้ำมันเนื้อในปาล์ม ผลิตภัณฑ์ คือ น้ำมันเนื้อในดิบ (Crude Palm Kernel Oil)

[ ] โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ผลิตภัณฑ์ คือ น้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil)

[ ] โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มรวม ผลิตภัณฑ์ คือ น้ำมันปาล์มดิบรวม (Crude Oil)

[ ] อื่น ๆ.....

1.7 ลักษณะการประกอบกิจการ

[ ] บริษัทมหาชน

[ ] กิจการร่วมทุนในกลุ่มคนไทย

[ ] กิจการร่วมทุนกับต่างชาติ (ระบุสัดส่วนไทย ..... %)

[ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....

1.8 ระบบที่ใช้ในการสกัดน้ำมันปาล์ม

[ ] แบบใช้ไอน้ำ

[ ] แบบไม่ใช้ไอน้ำ (แบบแห้ง)

[ ] อื่นๆ (ระบุ).....

1.9 ระบบบริหารจัดการของโรงงาน

[ ] ISO 9001

[ ] ISO 14001

[ ] อื่นๆ (ระบุ).....

1.10 กำลังการผลิตของโรงงาน.....ตัน/ชั่วโมง

1.11 เวลาทำงานปกติของโรงงาน

[ ] 8 ชั่วโมง/วัน [ ] 16 ชั่วโมง/วัน [ ] 24 ชั่วโมง/วัน

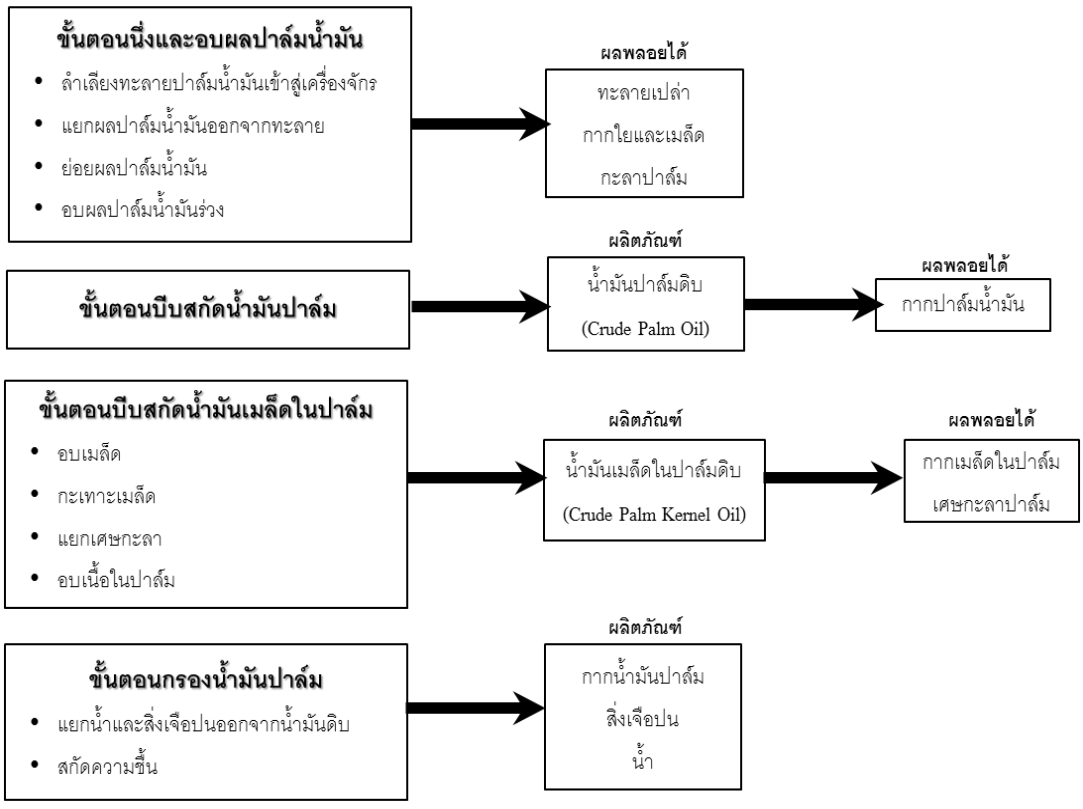
[ ] อื่นๆ (ระบุ) .....

1.12 โรงงานดำเนินการผลิต.....วัน/ปี

ในกรณีที่ไม่ได้ดำเนินการผลิตต่อเนื่องตลอดทั้งปี โปรดระบุเดือนที่ทำการผลิตจริง

.....

**<u>ส่วนที่ 2</u> ข้อมูลขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์มจากโรงงาน**




**แผนผังแสดงกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม**

ที่มา : พรชัย เหลืองอาภาพงศ์, คัมภีร์ปาล์มน้ำมันพืชเศรษฐกิจเพื่ออุปโภคและบริโภค,2549

2.1 ขั้นตอนการนึ่งและอบผลปาล์มน้ำมัน

2.1.1 เครื่องจักรที่ใช้

1).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

2).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

3).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

4).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้.....(โปรดระบุหน่วย)

5).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้.....(โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้.....(โปรดระบุหน่วย)

2.1.2 เศษเหลือ / ของเสีย ที่เกิดจากขั้นตอนการนึ่งและอบผลปาล์มน้ำมัน

(1) ปริมาณเศษเหลือ / ของเสียต่อรอบการผลิต

(1.1) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.2) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.3) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.4) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.5) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(2) กระบวนการกำจัดเศษเหลือ / ของเสีย (สอดคล้องกับ ข้อ 2.1.2 (1) )

(2.1) [ ] ทำเชื้อเพลิงทดแทน

(2.1.1) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.2) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.3) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.4) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.5) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2) [ ] นำกลับมาใช้ใหม่ในระบบ

(2.2.1) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.2) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.3) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.4) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.5) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.3) [ ] ทำปุ๋ยอินทรีย์สำหรับใช้ในสวนปาล์มน้ำมัน หรือ จำหน่าย

(2.3.1) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณความชื้น.....% โดยน้ำหนัก
- ปริมาณอินทรียวัตถุ.....% โดยน้ำหนัก
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง.....
- C : N Ratio.....

(2.3.2) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณความชื้น.....% โดยน้ำหนัก
- ปริมาณอินทรียวัตถุ.....% โดยน้ำหนัก
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง.....

- C : N Ratio.....

(2.3.3) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณความชื้น.....% โดยน้ำหนัก
- ปริมาณอินทรียวัตถุ.....% โดยน้ำหนัก
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง.....
- C : N Ratio.....

(2.3.4) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณความชื้น.....% โดยน้ำหนัก
- ปริมาณอินทรียวัตถุ.....% โดยน้ำหนัก
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง.....
- C : N Ratio.....

(2.3.5) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณความชื้น.....% โดยน้ำหนัก
- ปริมาณอินทรียวัตถุ.....% โดยน้ำหนัก
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง.....
- C : N Ratio.....

2.2 ขั้นตอนการบีบสกัดน้ำมันปาล์ม (Crude Palm Oil)

2.2.1 เครื่องจักรที่ใช้

1).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้.....(โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้.....(โปรดระบุหน่วย)

2).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

3).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

4).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

5).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

2.2.2 เศษเหลือ / ของเสีย ที่เกิดจากขั้นตอนการนึ่งและอบผลปาล์มน้ำมัน

(1) ปริมาณเศษเหลือ / ของเสียต่อรอบการผลิต

(1.1) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.2) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.3) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.4) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.5) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(2) กระบวนการกำจัดเศษเหลือ / ของเสีย (สอดคล้องกับ ข้อ 2.1.2 (1) )

(2.1) [ ] ทำเชื้อเพลิงทดแทน

(2.1.1) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.2) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.3) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.4) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.5) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2) [ ] นำกลับมาใช้ใหม่ในระบบ

(2.2.1) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.2) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.3) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)

- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ) ..... กิโลจูล/หน่วย

(2.2.4) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้ ..... (โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ) ..... กิโลจูล/หน่วย

(2.2.5) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้ ..... (โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ) ..... กิโลจูล/หน่วย

(2.3) [ ] ทำปุ๋ยอินทรีย์สำหรับใช้ในสวนปาล์มน้ำมัน หรือ จำหน่าย

(2.3.1) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณความชื้น ..... % โดยน้ำหนัก
- ปริมาณอินทรียวัตถุ ..... % โดยน้ำหนัก
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง .....
- C : N Ratio .....

(2.3.2) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณความชื้น ..... % โดยน้ำหนัก
- ปริมาณอินทรียวัตถุ ..... % โดยน้ำหนัก
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง .....
- C : N Ratio .....

(2.3.3) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณความชื้น ..... % โดยน้ำหนัก
- ปริมาณอินทรียวัตถุ ..... % โดยน้ำหนัก
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง .....
- C : N Ratio .....

(2.3.4) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณความชื้น ..... % โดยน้ำหนัก
- ปริมาณอินทรียวัตถุ ..... % โดยน้ำหนัก
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง .....
- C : N Ratio .....

(2.3.5) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณความชื้น.....% โดยน้ำหนัก
- ปริมาณอินทรียวัตถุ.....% โดยน้ำหนัก
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง.....
- C : N Ratio.....

2.3 ขั้นตอนการบีบสกัดน้ำมันเมล็ดในปาล์ม (Crude Palm Kernel Oil) (หากไม่มี ข้ามไปข้อ 2.5)

2.3.1 เครื่องจักรที่ใช้

1).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

2).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

3).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

4).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

5).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

2.3.2 เศษเหลือ / ของเสีย ที่เกิดจากขั้นตอนการนึ่งและอบผลปาล์มน้ำมัน

(1) ปริมาณเศษเหลือ / ของเสียต่อรอบการผลิต

(1.1) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.2) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.3) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.4) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.5) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(2) กระบวนการกำจัดเศษเหลือ / ของเสีย (สอดคล้องกับ ข้อ 2.1.2 (1) )

(2.1) [ ] ทำเชื้อเพลิงทดแทน

(2.1.1) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.2) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.3) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.4) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.5) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2) [ ] นำกลับมาใช้ใหม่ในระบบ

(2.2.1) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.2) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.3) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.4) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.5) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.3) [ ] ทำปุ๋ยอินทรีย์สำหรับใช้ในสวนปาล์มน้ำมัน หรือ จำหน่าย

(2.3.1) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณความชื้น.....% โดยน้ำหนัก
- ปริมาณอินทรียวัตถุ.....% โดยน้ำหนัก
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง.....

- C : N Ratio.....

(2.3.2) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณความชื้น.....% โดยน้ำหนัก
- ปริมาณอินทรียวัตถุ.....% โดยน้ำหนัก
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง.....
- C : N Ratio.....

(2.3.3) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณความชื้น.....% โดยน้ำหนัก
- ปริมาณอินทรียวัตถุ.....% โดยน้ำหนัก
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง.....
- C : N Ratio.....

(2.3.4) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณความชื้น.....% โดยน้ำหนัก
- ปริมาณอินทรียวัตถุ.....% โดยน้ำหนัก
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง.....
- C : N Ratio.....

(2.3.5) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณความชื้น.....% โดยน้ำหนัก
- ปริมาณอินทรียวัตถุ.....% โดยน้ำหนัก
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง.....
- C : N Ratio.....

2.4 ขั้นตอนการกรองแยกน้ำมันปาล์ม

2.4.1 เครื่องจักรที่ใช้

1).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

2).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

3).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

4).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

5).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

2.4.2 เศษเหลือ / ของเสีย ที่เกิดจากขั้นตอนการนึ่งและอบผลปาล์มน้ำมัน

(1) ปริมาณเศษเหลือ / ของเสียต่อรอบการผลิต

(1.1) .....ปริมาณ..... (โปรดระบุหน่วย)

(1.2) .....ปริมาณ..... (โปรดระบุหน่วย)

(1.3) .....ปริมาณ..... (โปรดระบุหน่วย)

(1.4) .....ปริมาณ..... (โปรดระบุหน่วย)

(1.5) .....ปริมาณ..... (โปรดระบุหน่วย)

(2) กระบวนการกำจัดเศษเหลือ / ของเสีย (สอดคล้องกับ ข้อ 2.1.2 (1) )

(2.1) [ ] ทำเชื้อเพลิงทดแทน

(2.1.1) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.2) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.3) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.4) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.5) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2) [ ] นำกลับมาใช้ใหม่ในระบบ

(2.2.1) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.2) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.3) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.4) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.5) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.3) [ ] ทำปุ๋ยอินทรีย์สำหรับใช้ในสวนปาล์มน้ำมัน หรือ จำหน่าย

(2.3.1) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณความชื้น.....% โดยน้ำหนัก
- ปริมาณอินทรียวัตถุ.....% โดยน้ำหนัก
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง.....
- C : N Ratio.....

(2.3.2) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณความชื้น.....% โดยน้ำหนัก
- ปริมาณอินทรียวัตถุ.....% โดยน้ำหนัก
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง.....
- C : N Ratio.....

(2.3.3) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณความชื้น.....% โดยน้ำหนัก
- ปริมาณอินทรียวัตถุ.....% โดยน้ำหนัก
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง.....
- C : N Ratio.....

(2.3.4) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณความชื้น ..... % โดยน้ำหนัก
- ปริมาณอินทรียวัตถุ ..... % โดยน้ำหนัก
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง .....
- C : N Ratio .....

(2.3.5) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณความชื้น ..... % โดยน้ำหนัก
- ปริมาณอินทรียวัตถุ ..... % โดยน้ำหนัก
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง .....
- C : N Ratio .....

ตารางสรุปชนิดของพลังงานและปัจจัยการผลิตที่ใช้รวมและมีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม.....

| **ชนิดพลังงาน** | **ปริมาณที่ใช้**(kWh/year) | | |
|---|---|---|---|
| ไฟฟ้า | [ ] ผลิตไฟฟ้าใช้เอง | | |
| | [ ] ผลิตไฟฟ้าออกขาย | | |
| | [ ] ซื้อไฟฟ้ามาใช้เอง | | |
| **ชนิดพลังงาน** | **การใช้พลังงาน** | | |
| | **หน่วย** | **ปริมาณที่ใช้/หน่วย** | **ค่าแฟคเตอร์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก** |
| [ ] น้ำมันเตา | | | |
| [ ] น้ำมันดีเซล | | | |
| [ ] ก๊าซเชื้อเพลิงเหลว | | | |
| [ ] ก๊าซธรรมชาติ | | | |
| [ ] ถ่านหิน | | | |
| [ ] พลังงานหมุนเวียน (โปรดระบุ)..... | | | |
| [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ)..... | | | |

**แบบสำรวจการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ โรงงานผลิตไบโอดีเซล**

ผู้กรอกข้อมูล..... วันที่กรอกข้อมูล.....

---

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัว

1.1 เลขที่ตั้ง (โรงงานผลิตไบโอดีเซล)..... หมู่ที่..... ตำบล.....
อำเภอ..... จังหวัด..... รหัสไปรษณีย์.....

1.2 ชื่อ-นามสกุล..... โทรศัพท์.....
บ้านเลขที่..... หมู่ที่..... ตำบล..... อำเภอ.....
จังหวัด..... รหัสไปรษณีย์.....

1.3 เพศ[ ] 1.ชาย [ ] 2.หญิง

1.4 อายุ..... ปี ตำแหน่ง.....

1.5 จำนวนพื้นที่..... ไร่..... งาน..... ตารางวา

1.6 เลขที่ทะเบียนโรงงาน..... จัดตั้งเมื่อวันที่..... เดือน..... ปี.....

1.7 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

[ ] น้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil) [ ] น้ำมันปาล์มโอเลอิน(RBD Palm Olein)

[ ] น้ำมันปาล์มกึ่งบริสุทธิ์ (RBD Palm Oil) [ ] น้ำมันไขปาล์มกึ่งบริสุทธิ์ (RBD Palm Stearin)

[ ] อื่น ๆ.....

1.8 ลักษณะการประกอบกิจการ

[ ] บริษัทมหาชน [ ] กิจการร่วมทุนในกลุ่มคนไทย

[ ] กิจการร่วมทุนกับต่างชาติ (ระบุสัดส่วนไทย ..... %)

[ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....

1.9 ระบบบริหารจัดการของโรงงาน

[ ] ISO 9001 [ ] ISO 14001

[ ] อื่นๆ (ระบุ).....

1.10 กำลังการผลิตของโรงงาน..... ลิตร/วัน

1.11 เวลาทำงานปกติของโรงงาน

[ ] 8 ชั่วโมง/วัน [ ] 16 ชั่วโมง/วัน [ ] 24 ชั่วโมง/วัน

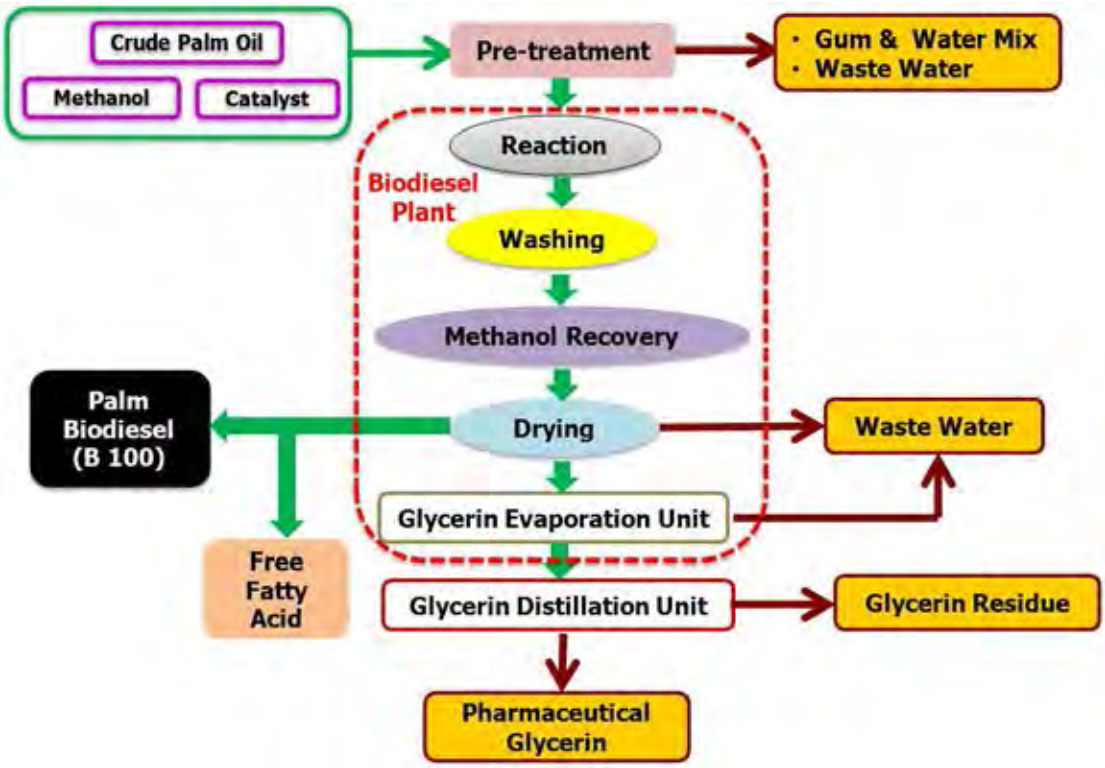
[ ] อื่นๆ (ระบุ) .....

1.12 โรงงานดำเนินการผลิต.....วัน/ปี

ในกรณีที่ไม่ได้ดำเนินการผลิตต่อเนื่องตลอดทั้งปี โปรดระบุเดือนที่ทำการผลิตจริง

.....

**ส่วนที่ 2** **ข้อมูลขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซล**




**แผนผังกระบวนการผลิตไบโอดีเซล**

**ที่มา** : http://www.bangchak.co.th

**2.1 ขั้นตอนการสกัดยางเหนียวและลดกรดไขมัน** (Pre-treatment)

2.1.1 เครื่องจักรที่ใช้

1)..... ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

2)..... ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....ตต์ ระยะเวลาดำเนินการ ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

3)..... ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....ตต์ ระยะเวลาดำเนินการ ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

2.1.2 สารเคมีที่ใช้ในขั้นตอนการสกัดยางเหนียวและลดกรดไขมัน

(1.1) .....ปริมาณ..... (โปรดระบุหน่วย)

(1.2) .....ปริมาณ..... (โปรดระบุหน่วย)

(1.3) .....ปริมาณ..... (โปรดระบุหน่วย)

(1.4) .....ปริมาณ..... (โปรดระบุหน่วย)

(1.5) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

2.1.3 ค่าความเป็นกรดของน้ำมันปาล์มดิบ ....มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ / กรัมน้ำมัน

2.1.4 ปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันปาล์มดิบ(กรดไขมันปาล์มมิติก).....% โดยน้ำหนัก

2.1.5 ผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนนี้.....(หากไม่มี ข้ามไปข้อ 2.1.6)

2.1.6 เศษเหลือ / ของเสีย ที่เกิดจากขั้นตอนการสกัดยางเหนียวและลดกรดไขมัน

(1) ปริมาณเศษเหลือ / ของเสียต่อรอบการผลิต

(1.1).....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.2).....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.3) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(2) กระบวนการกำจัดเศษเหลือ / ของเสีย (สอดคล้องกับ ข้อ 2.1.6 (1) )

(2.1) [ ] ทำเชื้อเพลิงทดแทน

(2.1.1) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.2) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.3) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.4) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.5) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2) [ ] นำกลับมาใช้ใหม่ในระบบ

(2.2.1) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)

- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.2) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.3) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.4) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.5) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.3) [ ] อื่นๆ

.....

.....

.....

.....

.....

## 2.2 ขั้นตอนการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชั่น (Reaction)

2.2.1 เครื่องจักรที่ใช้

1).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้.....(โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้.....(โปรดระบุหน่วย)

2).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

3).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

2.2.2 สารเคมีที่ใช้ในขั้นตอนการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชั่น

(1.1) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.2) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.3) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.4) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.5) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

2.2.3 ผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนนี้.....(หากไม่มี ข้ามไปข้อ 2.2.4)

2.2.4 เศษเหลือ / ของเสีย ที่เกิดจากขั้นตอนการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชั่น

(1) ปริมาณเศษเหลือ / ของเสียต่อรอบการผลิต

(1.1).....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.2).....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.3) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(2) กระบวนการกำจัดเศษเหลือ / ของเสีย (สอดคล้องกับ ข้อ 2.2.4 (1) )

(2.1) [ ] ทำเชื้อเพลิงทดแทน

(2.1.1) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.2) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.3) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.4) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.5) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2) [ ] นำกลับมาใช้ใหม่ในระบบ

(2.2.1) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.2) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.3) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.4) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.5) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.3) [ ] อื่นๆ

.....

.....

.....

.....

**2.3 ขั้นตอนการล้างทำความสะอาด (Washing)**

2.3.1 เครื่องจักรที่ใช้

1).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้.....(โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้.....(โปรดระบุหน่วย)

2).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้.....(โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้.....(โปรดระบุหน่วย)

3).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้.....(โปรดระบุหน่วย)

2.3.2 สารเคมีที่ใช้ในขั้นตอนการล้างทำความสะอาด

(1.1) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.2) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.3) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.4) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.5) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

2.3.3 ผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนนี้.....(หากไม่มี ข้ามไปข้อ 2.3.4)

2.3.4 เศษเหลือ / ของเสีย ที่เกิดจากขั้นตอนการล้างทำความสะอาด

(1) ปริมาณเศษเหลือ / ของเสียต่อรอบการผลิต

(1.1) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.2) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.3) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(2) กระบวนการกำจัดเศษเหลือ / ของเสีย (สอดคล้องกับ ข้อ 2.3.4 (1) )

(2.1) [ ] ทำเชื้อเพลิงทดแทน

(2.1.1) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.2) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.3) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.4) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.5) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)

- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2) [ ] นำกลับมาใช้ใหม่ในระบบ

(2.2.1) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.2) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.3) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.4) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.5) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.3) [ ] อื่นๆ

.....

.....

.....

.....

.....

**2.4 ขั้นตอนการกลั่นเพื่อดึงเมทานอลที่เหลือนำกลับมาใช้ใหม่** (Methanol Recovery)

2.4.1 เครื่องจักรที่ใช้

1).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

2).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

3).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

2.4.2 สารเคมีที่ใช้ในขั้นตอนการกลั่นเพื่อดึงเมทานอลที่เหลือนำกลับมาใช้ใหม่

(1.1) .....ปริมาณ..... (โปรดระบุหน่วย)

(1.2) .....ปริมาณ..... (โปรดระบุหน่วย)

(1.3) .....ปริมาณ..... (โปรดระบุหน่วย)

(1.4) .....ปริมาณ..... (โปรดระบุหน่วย)

(1.5) .....ปริมาณ..... (โปรดระบุหน่วย)

2.4.3 ผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนนี้.....(หากไม่มี ข้ามไปข้อ 2.4.4)

2.4.4 เศษเหลือ / ของเสีย ที่เกิดจากขั้นตอนการกลั่นเพื่อดึงเมทานอลที่เหลือนำกลับมาใช้ใหม่

(1) ปริมาณเศษเหลือ / ของเสียต่อรอบการผลิต

(1.1) .....ปริมาณ..... (โปรดระบุหน่วย)

(1.2) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.3) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(2) กระบวนการกำจัดเศษเหลือ / ของเสีย (สอดคล้องกับ ข้อ 2.4.4 (1) )

(2.1) [ ] ทำเชื้อเพลิงทดแทน

(2.1.1) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.2) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.3) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.4) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.5) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2) [ ] นำกลับมาใช้ใหม่ในระบบ

(2.2.1) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.2) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.3) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.4) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.5) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.3) [ ] อื่นๆ

.....

.....

.....

.....

.....

**2.5 ขั้นตอนการกำจัดน้ำออกจากไบโอดีเซล** (Drying)

2.5.1 เครื่องจักรที่ใช้

1).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้.....(โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้.....(โปรดระบุหน่วย)

2).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้.....(โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้.....(โปรดระบุหน่วย)

3).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้.....(โปรดระบุหน่วย)

2.5.2 สารเคมีที่ใช้ในขั้นตอนการกำจัดน้ำออกจากไบโอดีเซล

(1.1) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.2) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.3) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.4) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.5) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

2.5.3 ผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนนี้.....(หากไม่มี ข้ามไปข้อ 2.5.4)

2.5.4 เศษเหลือ / ของเสีย ที่เกิดจากขั้นตอนการกำจัดน้ำออกจากไบโอดีเซล

(1) ปริมาณเศษเหลือ / ของเสียต่อรอบการผลิต

(1.1) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.2) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.3) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(2) กระบวนการกำจัดเศษเหลือ / ของเสีย (สอดคล้องกับ ข้อ 2.5.4 (1) )

(2.1) [ ] ทำเชื้อเพลิงทดแทน

(2.1.1) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.2) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.3) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.4) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.5) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2) [ ] นำกลับมาใช้ใหม่ในระบบ

(2.2.1) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.2) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.3) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.4) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.5) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.3) [ ] อื่นๆ

.....

.....

.....

.....

**2.6 ขั้นตอนการทำกลีเซอรีนให้บริสุทธิ์ที่** 80% (Glycerin Evaporation Unit)

2.6.1 เครื่องจักรที่ใช้

1).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

2).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

3).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

2.6.2 สารเคมีที่ใช้ในขั้นตอนการทำกลีเซอรีนให้บริสุทธิ์ที่ 80%

(1.1) .....ปริมาณ..... (โปรดระบุหน่วย)

(1.2) .....ปริมาณ..... (โปรดระบุหน่วย)

(1.3) .....ปริมาณ..... (โปรดระบุหน่วย)

(1.4) .....ปริมาณ..... (โปรดระบุหน่วย)

(1.5) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

2.6.3 ผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนนี้.....(หากไม่มี ข้ามไปข้อ 2.6.4)

2.6.4 เศษเหลือ / ของเสีย ที่เกิดจากขั้นตอนการทำกลีเซอรีนให้บริสุทธิ์ที่ 80%

(1) ปริมาณเศษเหลือ / ของเสียต่อรอบการผลิต

(1.1) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.2) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(1.3) .....ปริมาณ.....(โปรดระบุหน่วย)

(2) กระบวนการกำจัดเศษเหลือ / ของเสีย (สอดคล้องกับ ข้อ 2.6.4 (1) )

(2.1) [ ] ทำเชื้อเพลิงทดแทน

(2.1.1) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.2) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.3) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.4) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.1.5) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2) [ ] นำกลับมาใช้ใหม่ในระบบ

(2.2.1) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.2) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.3) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.4) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.2.5) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ).....กิโลจูล/หน่วย

(2.3) [ ] อื่นๆ

.....

.....

.....

.....

.....

**2.7 ขั้นตอนการทำกลีเซอรีนให้บริสุทธิ์ที่ 99.7% (Glycerin Distillation Unit)**

2.7.1 เครื่องจักรที่ใช้

1).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้.....(โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้.....(โปรดระบุหน่วย)

2).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

3).....ทำหน้าที่.....

ประสิทธิภาพเครื่องจักร (โปรดระบุ).....

พลังงานที่ใช้ [ ] ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า .....วัตต์ ระยะเวลาดำเนินการ.....ชั่วโมง

[ ] เชื้อเพลิงที่ใช้ ( ) น้ำมันดีเซล ( ) น้ำมันเบนซิน

( ) อื่นๆ .....

ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

สารเคมีที่ใช้.....ปริมาณที่ใช้..... (โปรดระบุหน่วย)

2.7.2 สารเคมีที่ใช้ในขั้นตอนการทำกลีเซอรีนให้บริสุทธิ์ที่ 99.7%

(1.1) .....ปริมาณ..... (โปรดระบุหน่วย)

(1.2) .....ปริมาณ..... (โปรดระบุหน่วย)

(1.3) .....ปริมาณ..... (โปรดระบุหน่วย)

(1.4) .....ปริมาณ..... (โปรดระบุหน่วย)

(1.5) .....ปริมาณ..... (โปรดระบุหน่วย)

2.7.3 ผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนนี้.....(หากไม่มี ข้ามไปข้อ 2.7.4)

2.7.4 เศษเหลือ / ของเสีย ที่เกิดจากขั้นตอนการทำกลีเซอรีนให้บริสุทธิ์ที่ 99.7%

(1) ปริมาณเศษเหลือ / ของเสียต่อรอบการผลิต

(1.1) .....ปริมาณ..... (โปรดระบุหน่วย)

(1.2) .....ปริมาณ..... (โปรดระบุหน่วย)

(1.3) .....ปริมาณ..... (โปรดระบุหน่วย)

(2) กระบวนการกำจัดเศษเหลือ / ของเสีย (สอดคล้องกับ ข้อ 2.7.4 (1) )

(2.1) [ ] ทำเชื้อเพลิงทดแทน

(2.1.1) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้.....(โปรดระบุหน่วย)

- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ) ..... กิโลจูล/หน่วย

(2.1.2) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้ ..... (โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ) ..... กิโลจูล/หน่วย

(2.1.3) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้ ..... (โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ) ..... กิโลจูล/หน่วย

(2.1.4) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้ ..... (โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ) ..... กิโลจูล/หน่วย

(2.1.5) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้ ..... (โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ) ..... กิโลจูล/หน่วย

(2.2) [ ] นำกลับมาใช้ใหม่ในระบบ

(2.2.1) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้ ..... (โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ) ..... กิโลจูล/หน่วย

(2.2.2) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้ ..... (โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ) ..... กิโลจูล/หน่วย

(2.2.3) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้ ..... (โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ) ..... กิโลจูล/หน่วย

(2.2.4) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้ ..... (โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ) ..... กิโลจูล/หน่วย

(2.2.5) ประเภทเศษเหลือ / ของเสีย .....

- ปริมาณที่ผลิตได้ ..... (โปรดระบุหน่วย)
- ค่าความร้อนที่ได้(ถ้าทราบ) ..... กิโลจูล/หน่วย

(2.3) [ ] อื่นๆ

---

---

---

---

---

ตารางสรุปชนิดของพลังงานและปัจจัยการผลิตที่ใช้รวมและมีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

โรงงานผลิตไบโอดีเซล.....

| **ชนิดพลังงาน** | **ปริมาณที่ใช้**(kWh/year) | | |
|---|---|---|---|
| ไฟฟ้า | [ ] ผลิตไฟฟ้าใช้เอง | | |
| | [ ] ผลิตไฟฟ้าออกขาย | | |
| | [ ] ซื้อไฟฟ้ามาใช้เอง | | |
| **ชนิดพลังงาน** | **การใช้พลังงาน** | | |
| | **หน่วย** | **ปริมาณที่ใช้/หน่วย** | **ค่าแฟคเตอร์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก** |
| [ ] น้ำมันเตา | | | |
| [ ] น้ำมันดีเซล | | | |
| [ ] ก๊าซเชื้อเพลิงเหลว | | | |
| [ ] ก๊าซธรรมชาติ | | | |
| [ ] ถ่านหิน | | | |
| [ ] พลังงานหมุนเวียน (โปรดระบุ)..... | | | |
| [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ)..... | | | |

# ภาคผนวก ง
# เอกสารเผยแพร่ผลงานวิทยานิพนธ์

## เอกสารเผยแพร่ผลงานวิทยานิพนธ์

ผู้วิจัยได้รับการตอบรับเพื่อเผยแพร่ผลงานวิทยานิพนธ์ โดยแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ การนำเสนอแบบบรรยาย (Oral Presentation) และ การนำเสนอด้วยโปสเตอร์ (Poster presentation) ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. **การนำเสนอแบบบรรยาย** (Oral Presentation)

ผู้วิจัยได้รับการตอบรับให้เสนอผลงานวิจัยในงานสัมมนา 2013/2nd International Conference on Energy and Environmental Protection (ICEEP 2013) ณ เมืองกุ้ยหลิน ประเทศจีน ระหว่างวันที่ 19-21 เมษายน 2556 หัวข้อย่อย Environmental Engineering เรื่อง **"Analysis of Energy Consumption and GHG Emission in Biodiesel (B100) Production: A Case Study of Oil Palm Plantation,Crushing Mill and Biodiesel Plant in Thailand"** และงานวิจัยได้รับการตีพิมพ์ลงวารสารวิชาการระดับนานาชาติ **"Advanced Materials Research"** ซึ่งสามารถถูกสืบค้นได้จากEI COMPENDEX Elsevier SCOPUS Chemical Abstracts และ Thomson ISTP/CPCI.

2. **การนำเสนอแบบโปสเตอร์** (Poster Presentation)

ผู้วิจัยได้รับการตอบรับให้เสนอผลงานวิจัยในงานประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 9 (9thConference on Energy Network of Thailand) ณ ชลพฤกษ์ รีสอร์ท จังหวัดนครนายก ระหว่างวันที่ 8-10พฤษภาคม 2556 ซึ่งจัดโดยคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร หัวข้อย่อย Environmental Management เรื่อง**"การวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ : กรณีศึกษาตัวอย่างสวนปาล์มน้ำมันและโรงสกัดน้ำมันปาล์มของประเทศไทย"** และจากการประชุมฯครั้งนี้ผู้วิจัยได้รับรางวัล **"บทความดีเด่น** (Best Paper Award)"

# เอกสารเผยแพร่

## การนำเสนอแบบบรรยาย (Oral Presentation)

# Analysis of Energy Consumption and GHG Emission in Biodiesel (B100) Production: A Case Study of Oil Palm Plantation,Crushing Mill and Biodiesel Plant in Thailand

Aroonsuk Sangsaard[1,a] and Supawat Vivanpatarakij[2,b]

[1]Energy and Technology Management, Chulalongkorn University, Thailand

[2]Energy Research Institute, Chulalongkorn University, Thailand

[a]agiftgal@gmail.com, [b]supawat@eri.chula.ac.th

Keywords :Energy Consumption, GHG Emission, Biodiesel, Oil Palm

**Abstract.** The biodiesel (B100) production starting from the plantation, crushing mill and biodiesel plant can generate high amount of Greenhouse Gas (GHG) emission which is harmful to the global environment. To reduce the GHG emission, an efficient managing strategy of the entire production process must be introduced. This paper presents a case study of the GHG emission analysis in Trang, Krabi and Chumporn province in 2013. The entire year data of each activity such as amount of energy, fertilizer and herbicides used, main product, residues produced in oil palm plantation, milling and biodiesel plant were analyzed and calculated by the basis of Gate to Gate. The result shows that the production process in the plantation generates the GHG emission of -0.54 ton $CO_2$-eq /ton FFB while the GHG emitted from the crushing mill is at -2.89 ton $CO_2$-eq /ton RPO and from the biodiesel plant is at -2.30 kg $CO_2$-eq /liter B100.These calculated values show that the biodiesel production can alleviate the greenhouse effect. If the bio solid residues are used as a mixture for fertilizer and the wastewater is used to produce the biogas to generate electricity, the GHG emission can then be reduced.

## 1. Introduction

The ongoing fuel price crisis and global warming become a worldwide interesting issue. Alternative energy is an option derived from natural resources and hence considered clean and environmentally friendly, which has high potential to be used in place of fossil energy. Renewable research and development on the alternative energy have continuously been undertaken by several organizations, both at the local level initiated by local intellect and at the government level. In [1], the nation's fuel demand was very high, especially diesel of which the average demand was recorded at 56.1 million liters/day in 2012. It is expected that the demand would rise up to 57.6 million liters/day in 2013, [2]. To support these expected demand, the Thai government set a policy to promote the production and use of alternative energy from domestic raw materials.

Biodiesel (B100) is classified as one of alternative energy due to its replacement to diesel and its composition from many kinds of raw materials such as oil crop ; soybean, sunflower, castor, oil palm and jatropha. In diesel production process, the crude palm oil (CPO) is considered as a major raw material, which can be extracted from fresh fruit bunch (FFB) of palm trees. The oil palm is a kind of oil crop that can provide higher yield per Rai, compared to others, [3]. This could be seen in countries with high production of palm oil, namely Indonesia, Malaysia and Thailand, extensively expending their oil palm plantations. However, in the biodiesel production process by using palm oil, it generates greenhouse gas emission (GHG emission), which harmful to the environment. In palm fields, large amount of the emissions comes from fertilization application, which contributes to 80% of the total emissions,[4]. This is because oil palm trees require intensive fertilization throughout the period of FFB production (25 years).The GHG emits during the extraction process of the CPO

by crushing mills as the wastewater treatment process emits large amount of Methane Gas($CH_4$), accountable for 95% of total emission in the plant, [5]. Recently, many researchers pay more attention to reduce the $CH_4$ emission. As results, a solution is to turn the $CH_4$ from the production process to biogas, which can be used as source in the process of electricity generation.

Most of the big oil palm plantations, crushing mills and B100 plants are located in the southern part of Thailand, representing 90% of total production in the country, [6]. As such, the amount of GHG emitted from the CPO production is considered high. The samples of crushing mills with the concern of environment put wastewater treatment system in the place. This wastewater is used in the biogas production, which further will become a source for the electricity generation. This produced electricity is used for all facilities in the plant. This recycle process is incredible benefit, resulting in GHG reduction and cost saving of producers.

To boost up the efficiency and sustainability of Thailand's biodiesel production along with the environmental care, an investigation and analysis of energy consumption and GHG emission in the biodiesel production is definitely required. In this paper, the objective is to collect, calculate and analyze actual GHG emissions starting from plantation, the CPO production process until the B100 production process. The amount of GHG emission is calculated based on emission factor of 2006 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2006) in [7] and Thailand Greenhouse Gas Management Organization (TGO) in [8]in kilogram $CO_2$ equivalent per liter B100 (kg $CO_2$-eq /liter B100). Additionally, the analyzed results will be used as guidelines for the further researches on the reduction on GHG emission.

## 2. Methodology

*Field survey and data collection*

The field survey and the collection of primary data are carried out with the analysis on the GHG emission from the production of FFB, CPO and B100. The analysis factors the activities of energy consumption and wastes from the process, taking into account the average activities of the consumption and emission taken place in plantations, crushing mills and biodiesel plants throughout the year. The details are shown in Fig.1.

The field survey and data collection take place at plantations, crushing mills and biodiesel plant in the South of Thailand. The samples are selected from three provinces Trang, Krabi and Chumporn Province.

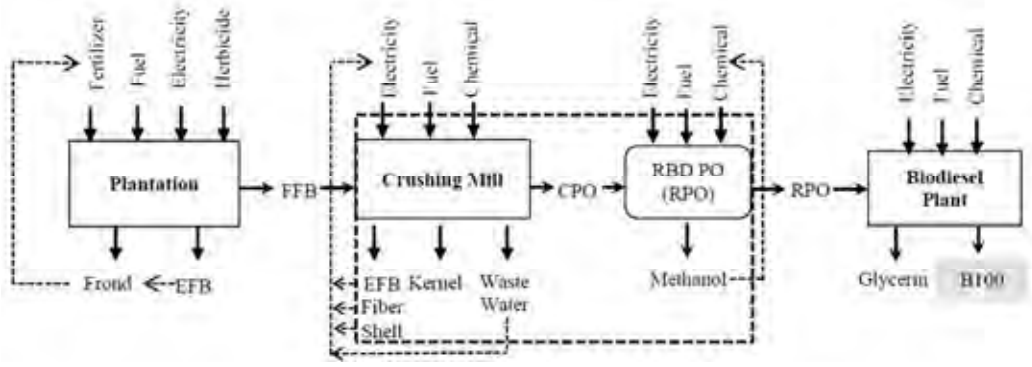



**Figure1.** Flow diagram of activities for oil palm plantation, crushing mill and biodiesel plant.

The calculation of the amount of GHG emissions herein is the estimation of $CO_2$ emission stemming from activity data, calculated from the amount of energy consumption and the $CO_2$

emission factor by activity type, with reference to the estimation methodologies and $CO_2$ emission factors prescribed in the 2006 Guidelines of IPCC and TGO, and shown in ton $CO_2$ equivalent per liter B100 (ton $CO_2$-eq /liter B100).The scope of the $CO_2$ emission calculation on Gate to Gate basis and using the following calculation formula in Eq. 1.

$$CO_2 \text{ Emission} = \text{Activity Data} \times \text{Emission Factor} \qquad (1)$$

## 3. Results and Discussion

*Carbon emission from oil palm plantation, crushing mill and biodiesel plant*

The research covers the activities starting from the plantation to harvest of FFB (excluding logistic process). The result of the research shows that GHG emission from the plantation is -0.54 ton $CO_2$-eq/ton FFB mainly from the frond, a waste from the process. According to the Table 1, if the GHG emission from frond is not taken into account, like the research studied in [5], the amount of the GHG emission /ton FFB is 0.11 ton $CO_2$-eq /ton FFB which is close to that of [5]. Using the frond as compost for fertilizing palm trees is an alternative to reduction of the GHG emission from the process as illustrated in Fig. 1.

The carbon absorbed by palm trees throughout their lifetime was recorded at 64.50 ton $CO_2$/ha/yr or 10.32 ton $CO_2$ /Rai/yr in [9]. This result of the research also accords with Henson's since the GHG emission from the palm plantation averages out -0.54 ton $CO_2$-eq/ton FFB, meaning that the living palm trees absorb carbon while emitting GHG into the atmosphere.

**Table 1** Activities and GHG Emission from Plantation

| Process/Activity | Value | | | Emission Factor | $CO_2$ Emission (ton $CO_2$e) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | | A | B | C |
| Fertilizer | | | | | | | |
| • Organic (kg / yr) | 14,300.00 | NA | NA | 0.1097 | 1.57 | NA | NA |
| • Urea (kg / yr) | 1,001.00 | 37,290.00 | 611,600.00 | 5.5300 | 5.54 | 206.21 | 3,382.15 |
| • $(NH_4)_3PO_4$ (18-46-0) (kg / yr) | 1,001.00 | 20,130.00 | 22,000.00 | 3.7700 | 3.77 | 75.89 | 82.94 |
| • (KCL) (0-0-60) (kg / yr) | 429.00 | 77,055.00 | 726,000.00 | 0.5330 | 0.23 | 41.07 | 386.96 |
| • Dolomite (kg / yr) | | | 682,000.00 | 0.0265 | NA | NA | 18.07 |
| Weed Control | | | | | | | |
| • Paraquat (L /yr) | NA | NA | 3,333.40 | 3.2300 | NA | NA | 2.15 |
| • Glyphosate (L /yr) | 520.00 | 116.70 | NA | 16.0000 | 3.99 | 0.90 | NA |
| • Diesel (L / yr) | NA | 1,222.22 | NA | 2.7080 | NA | 3.31 | NA |
| • Benzene (L / yr) | NA | 733.33 | NA | 2.1896 | NA | 1.61 | NA |
| Frond (ton / yr) | 314.60 | 605.00 | 24,200.00 | 3.3000** | 1,038.18 | 1,996.50 | 79,860.00 |
| Production (ton/Rai*) | 3.80 | 5.00 | 3.50 | | | | |
| Total (ton $CO_2$e) | | | | | 1,053.28 | 2,325.49 | 83,732.27 |
| Net assimilation of oil palm (ton$CO_2$/Rai/yr) | | | | 10.3200*** | (1,341.60) | (2,580.00) | (103,200.00) |
| Net $CO_2$ emission(ton$CO_2$/Rai/yr) | | | | | (288.32) | (254.51) | (19,467.73) |
| **Grand Total (ton$CO_2$/ton FFB)** | | | | | **(0.58)** | **(0.20)** | **(0.56)** |
| **Average of Grand Total (ton$CO_2$/ton FFB)** | | | | | **(0.54)** | | |

* 6.25 Rai = 1 ha

** Calculatedfrom:Average of Waste (IPCC 2006 Vol.5) 3.27-3.33 kg $CO_2$-eq/kg)

*** Derived from: Henson(1999) = 64.50 ton $CO_2$/ha/yr

The average of GHG emission at the crushing mills is -2.89 ton $CO_2$-eq /ton RPO. The highest emission amount comes from the use of electricity supplied by Grid Mix to the mills, chemical used in the process and the use of diesel for initial start-up of the process and for the operation of wheel loaders and forklifts in the mills as illustrated in Table 2. However, the re-use of bio solid residues such as EFB, fibers, shell and wastewater as fuel to generate biogas for electricity generation to be used in the mills can reduce the GHG emission.

**Table 2** Activities and GHG Emission from Crushing Mill

| Process/Activity | Value | | | Emission | $CO_2$ Emission (ton $CO_2e$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | Factor | A | B | C |
| Raw Material (ton$CO_2$ / ton FFB) | | | | (0.54) | (95,385.60) | (210,600.00) | (189,000.00) |
| Electricity (MW / yr) | 5740.80 | 7848.00 | 36180 | 0.6093 | 1188.38 | 4781.79 | 17145.70 |
| Kaolin (ton / yr) | 690.00 | 900.00 | NA | 0.2167 | 149.52 | 195.03 | NA |
| Sodium Chloride (ton / yr) | NA | NA | 16.75 | 0.2020 | NA | NA | 3.38 |
| Phosphuric Acid (ton / yr) | 149.96 | 390.00 | 315.00 | 1.4067 | 210.95 | 548.61 | 443.11 |
| Bleaching Earth (ton / yr) | 599.84 | 1,560.00 | 1,260.00 | | | | |
| Sulfuric Acid (ton / yr) | 224.94 | 585.00 | 472.50 | 0.1219 | 27.42 | 71.31 | 57.60 |
| Diesel (L / yr) | 5,742.00 | 8,650.00 | 14,219.00 | 2.708 | 15.55 | 23.42 | 38.51 |
| CPO (ton / yr) | 29,992.00 | 78,000.00 | 63,000.00 | | | | |
| RPO (ton / yr) | 28,492.40 | 74,100.00 | 59,850.00 | | | | |
| EFB (ton / yr) | 35,328.00 | 85,800.00 | 54,250.00 | | | | |
| Fiber (ton / yr) | 19,430.40 | 50,700.00 | 49,000.00 | 1.162 | 22.58 | 58.91 | 56.94 |
| Palm Kernel (ton / yr) | 9,715.20 | 19,500.00 | 17,500.00 | | | | |
| Shell (ton / yr) | 13,248.00 | 27,300.00 | 24,500.00 | | | | |
| Wastwater (Q / yr) | 73,600.00 | 210,000.00 | 201,000.00 | 3.125 | 0.69 | 45.94 | 16.42 |
| COD (before) (mg / L) | 45000-60000 | 70,000.00 | 132,674.00 | | | | |
| COD (After) (mg / L) | 3,000.00 | NA | 26,138.00 | | | | |
| Biogas (m3 / yr) | 1,840,000.00 | NA | 5,025,000.00 | | | | |
| Electricity from Biogas (MW / yr) | 3,790.40 | NA | 8,040.00 | 1.796 | 3.30 | NA | 9.02 |
| Total (ton $CO_2e$) | | | | | (93,767.21) | (204,874.98) | (171,229.31) |
| **Grand Total (ton $CO_2$ / ton RPO)** | | | | | **(3.29)** | **(2.76)** | **(2.86)** |
| **Average of Grand Total (ton $CO_2$ / ton RPO)** | | | | | **(2.89)** | | |

The average GHG emission at the biodiesel plant is -2.64 ton $CO_2$-eq /ton B100 or -2.30 kg $CO_2$-eq /literB100. The highest emission amount comes from the use of electricity supplied by Grid Mix to the plant and chemical used in the process as illustrated in Table 3.

**Table 3** Activities and GHG Emission from Biodiesel Plant

| Process/Activity | Value | Emission Factor | $CO_2$ Emission (ton $CO_2e$) |
|---|---|---|---|
| Raw Material (ton $CO_2$ / ton RPO) | | (2.89) | (76,296.00) |
| Capacity (L / day) | 100,000.00 | | |
| Operating day (day / yr) | 300.00 | | |
| RPO (ton / yr) | 26,400.00 | | |
| Methanol (ton / yr) | 4,752.00 | 0.7212 | 2,950.94 |
| Potassium Hydroxide (ton / yr) | 290.40 | 5.9653 | 1,732.32 |
| Fuel Oil (ton / yr) | 1,230.00 | 0.3057 | 275.20 |
| Electricity (MW / yr) | 2,040.00 | 0.6093 | 1,242.97 |
| Glycerin (ton / yr) | 4,716.36 | 646.0000 | 3,841.98 |
| Total (ton $CO_2e$) | | | (66,252.59) |
| **Grand Total (ton $CO_2$ / ton B100)** | | | **(2.64)** |
| **Grand Total (kg $CO_2$ / liter B100)** | | | **(2.30)** |

## 4. Conclusion

This study focuses on the GHG emission from the biodiesel production based on the data corrected from related activities such as the resources and energy consumption, residues or wastes from the process starting from the oil palm plantation, crushing mills and biodiesel plant. The analysis applies the calculation of GHG emission multiplied by data collected from the activities. The result shows that the average of GHG emission at plantations is -0.54 ton $CO_2$-eq /ton FFB, while the average of GHG emission at the crushing mills and the biodiesel plant are -2.89 ton $CO_2$-eq /ton RPO and -2.30 kg $CO_2$-eq /liter B100, respectively. Consequentially, the usage of blended-biodiesel will be decreased the GHG emission from diesel engine ($EF_{Diesel}$= 2.71, $EF_{B5}$ = 2.46, $EF_{B10}$= 2.21 and $EF_{B20}$ = 1.71).

## Acknowledgments

The authors greatly appreciate the Energy Conservation Promotion Fund for year 2012, granted by Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy, through Graduate School, Energy and Technology Management Program, Chulalongkorn University for the financial support to this research.

## References

[1] Information on http://www.eppo.go.th/doc/report-2555/annual-eppo-2555.pdf
[2] Department Operation Center, Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy
[3] Pornchai Lueang-a-papong: *The Book of Oil Plam, Industrial Crop for Consumption* (Matichon Publications, Thailand 2006)
[4] Withida Patthanaissaranukool and Chongchin Polprasert, Carbon Mobilization in Oil Palm Plantation and Milling Based on a Carbon-Balanced Model-A Case Study in Thailand. *Environment Asia* 2011; 4(2): 17-26.
[5] A. H-Kittikun, M. Cherabu, and C. Maliwan, Preliminary Evaluation of Greenhouse Gases Production from Oil Palm Plantation and Crude Palm Oil Extraction in Thailand. *Hatyai Journal* 2009; 7(2): July-December 2009.
[6] Information on http://www.oae.go.th/download/prcai/farmcrop/palm52-54.pdf
[7] Information on http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB
[8] Information on http://www.tgo.or.th/download/seminar/presentation/seminar/presentation/040511/CarbonIntensity_ERI.pdf
[9] Henson I.E. 1999. Comparative ecophysiology of oil palm and tropical rain forest. IN Gurmit S., Lim K.H., Teo L., David Lee K (editors) Oil palm and the environment, Malaysian Oil Palm Growers Council, 9-39.

**ภาพที่ ง-1** ขณะนำเสนอผลงานวิจัยแบบบรรยาย (Oral Presentation)

# เอกสารเผยแพร่
# การนำเสนอแบบโปสเตอร์(Poster Presentation)

รหัสบทความ:
EVM002

การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 9
8-10 พฤษภาคม 2556 จังหวัดนครนายก

# การวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ: กรณีศึกษาตัวอย่างสวนปาล์มน้ำมันและโรงสกัดน้ำมันปาล์มของประเทศไทย

# Analysis of Energy Consumption and GHG Emission in Crude Palm Oil (CPO) Production: A Case Study of Oil Palm Plantation and Crushing Mill in Thailand

อรุณสุข แสงสอาด[1] และ สุภวัฒน์ วิวรรธ์ภัทรกิจ[2]*

[1]หลักสูตรเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[2]*สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330
*ผู้ติดต่อ: Email :supawat@eri.chula.ac.th โทรศัพท์ 0 2218 8089 โทรสาร 0 2254 7579

**บทคัดย่อ**

การศึกษานี้เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตน้ำมันปาล์มดิบจากสวนปาล์มน้ำมันและโรงสกัดน้ำมันปาล์มในจังหวัดตรังและกระบี่ ตั้งแต่การเพาะปลูก จนถึงกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ โดยใช้ข้อมูลกิจกรรมการใช้ทรัพยากร พลังงานที่ใช้ และของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตที่พิจารณาทั้งกิจกรรมเฉลี่ยทั้งปีจากการใช้และการปลดปล่อยภายในสวนปาล์มน้ำมันและโรงสกัดน้ำมันปาล์มเท่านั้น และแสดงผลให้อยู่ในรูปของตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันน้ำมันปาล์มดิบ ทั้งนี้ อาศัยวิธีการคำนวณโดยนำค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกคูณกับข้อมูลกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้น พบว่า กระบวนการผลิตปาล์มน้ำมันจากสวนปาล์มน้ำมันโดยเฉลี่ยมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 3.04 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันทะลายปาล์มน้ำมัน และมีปริมาณการปลดปล่อยเฉลี่ยของโรงสกัดน้ำมันปาล์มจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบเท่ากับ 16.01 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันน้ำมันปาล์มดิบ ทั้งนี้ หากมีการนำของเสียหรือเศษเหลือจากกระบวนการผลิตไปใช้ประโยชน์ใหม่ อาทิ ทางใบปาล์มน้ำมันเพื่อทำปุ๋ย น้ำเสียเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า จะสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงได้

***คำหลัก***: ก๊าซเรือนกระจก, น้ำมันปาล์มดิบ, สวนปาล์มน้ำมัน, โรงสกัดน้ำมันปาล์ม

***Abstract***

The crude palm oil (CPO) production from the plantation and crushing mill generate high amount of Greenhouse Gas (GHG) emission, which is harmful the environment in global. To reduce the GHG emission, an efficient strategy must be introduced by considering the entirely production process. This paper presents a case study for analyzing the GHG emission at Trang and Krabi province in 2013. The entire year data of each activity such as quantities of energy, fertilizer and herbicides used, main product, residues produced in oil palm plantation and milling will be analyzed and calculated by using Gate to Gate method. As result, it was found that the production process in the plantation generates the GHG emission of 3.04 ton $CO_2$-eq /ton FFB and the GHG emitted from the crushing mill at 16.01 ton $CO_2$-eq /ton CPO. Both calculated values represent the GHG emission in the harmful case to environment. Therefore, if the bio solid residues are used of compost mixed with fertilizer and the wastewater is produced the biogas for generating electricity, it can reduce the GHG emission.

***Keywords***: GHG Emission, Crude Palm Oil, Oil Palm Plantation, Crushing Mill

รหัสบทความ:
EVM002

การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 9
8-10 พฤษภาคม 2556 จังหวัดนครนายก

## 1. บทนำ

เนื่องจากวิกฤตการณ์ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงและภาวะโลกร้อนที่เกิดขึ้นในขณะนี้ส่งผลให้นานาประเทศทั่วโลกหันมาให้ความสนใจกับการใช้พลังงานหมุนเวียนทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลกันมากขึ้น ประเทศไทยเป็นอีกประเทศหนึ่งที่รัฐบาลให้ความสนใจในเรื่องนี้อย่างมากโดยมีนโยบายส่งเสริมการผลิตและใช้พลังงานทดแทนทุกรูปแบบที่อาศัยวัตถุดิบซึ่งสามารถผลิตได้เองภายในประเทศ จากหลายปีที่ผ่านมาประเทศไทยมีความต้องการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในปริมาณค่อนข้างสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำมันดีเซลที่มีปริมาณการใช้เฉลี่ย 56.1 ล้านลิตรต่อวัน (ปี 2555) [1] และคาดการณ์ว่าจะมีปริมาณการใช้เพิ่มขึ้นอีกในปี พ.ศ. 2556 ประมาณ 57.6 ล้านลิตรต่อวัน คิดเป็นสัดส่วนเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.6 [2]

น้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil : CPO) จัดเป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตเชื้อเพลิงเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนน้ำมันดีเซลได้ เรียกว่า ไบโอดีเซล (Biodiesel) น้ำมันปาล์มดิบนั้นผลิตได้จากทะลายปาล์มน้ำมัน (Fresh Fruit Bunch : FFB) ซึ่งเป็นผลผลิตจากต้นปาล์มน้ำมัน (Palm Tree) ปาล์มน้ำมัน (Oil Palm) จัดว่าเป็นพืชน้ำมันชนิดหนึ่งที่สามารถให้ผลผลิตน้ำมันต่อไร่สูง เมื่อเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ [3] ด้วยเหตุนี้ ประเทศที่มีศักยภาพในการผลิตปาล์มน้ำมัน เช่น อินโดนีเซีย มาเลเซีย และไทย จึงมีการขยายพื้นที่เพาะปลูกอย่างกว้างขวางและรวดเร็ว โดยเฉพาะประเทศไทย ปัจจุบันรัฐบาลโดยกระทรวงพลังงานได้กำหนดเป้าหมายเพิ่มปริมาณการผลิตและใช้ไบโอดีเซลเป็น 5.97 ล้านลิตรต่อวันภายในปี 2564 ซึ่งคาดว่าจะต้องมีการขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลประมาณ 5.5 ล้านไร่ หรือมีการเพิ่มผลผลิตปาล์มน้ำมันให้ได้ 3.2 ตันต่อไร่ต่อปี (มีปริมาณน้ำมัน 18%) [4]

อย่างไรก็ตามกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบนั้นล้วนเกี่ยวข้องกับการใช้ทรัพยากร และพลังงานในการผลิตทั้งสิ้น เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการเพาะปลูก การบำรุงรักษา การเก็บเกี่ยว การขนส่งผลผลิต และการสกัดน้ำมันปาล์ม ซึ่งขั้นตอนเหล่านี้อาจก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังนั้น เพื่อให้การผลิตน้ำมันปาล์มดิบของประเทศไทยเป็นไปอย่างมีศักยภาพและยั่งยืน จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาวิเคราะห์การใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ เพื่อให้ทราบถึงปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นอย่างแท้จริง ตั้งแต่ขั้นตอนการเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน ไปจนถึงกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ และเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นต่อไป

สำหรับสวนปาล์มน้ำมัน พบว่า มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดจากขั้นตอนการใส่ปุ๋ยคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 80 ของการปลดปล่อยทั้งหมด [5] เนื่องจากต้นปาล์มน้ำมันต้องใช้ปุ๋ยในการเจริญเติบโตและการผลิตทะลายปาล์มน้ำมันที่มีคุณภาพ ตลอดช่วงอายุการให้ผลผลิต (25 ปี) เช่นเดียวกับกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบจากโรงสกัดน้ำมันปาล์มที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกชนิดก๊าซมีเทน ($CH_4$) ในปริมาณมากจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน คิดเป็นสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 95 ของการปลดปล่อยทั้งหมดในโรงงาน [6] ซึ่งปัจจุบันหลายโรงงานหันมาให้ความสนใจในเรื่องการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกชนิดนี้จากกระบวนการผลิตมากขึ้น โดยการดักเก็บก๊าซมีเทนเพื่อผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ (Biogas)

เนื่องจากพื้นที่ภาคใต้เป็นพื้นที่ที่ตั้งหลักของสวนปาล์มน้ำมันและโรงสกัดน้ำมันปาล์มรายใหญ่จำนวนมาก คิดเป็นสัดส่วนผลผลิตเท่ากับร้อยละ 90 ของผลผลิตทั้งประเทศ [7] จึงถือได้ว่ามีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตน้ำมันปาล์มดิบในปริมาณที่สูง และโดยส่วนใหญ่แล้วเกษตรกรหรือเจ้าของสวนปาล์มน้ำมันและเจ้าของโรงสกัดน้ำมันปาล์ม มักจะไม่ทราบว่าสวนปาล์มน้ำมันหรือโรงสกัดน้ำมันปาล์มของตนเองมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศเฉลี่ยประมาณเท่าไรต่อปี จากตัวอย่างของโรงสกัดน้ำมันปาล์มที่มีการบริหารจัดการโรงงานโดยคำนึงถึงสภาพแวดล้อมภายนอก จึงมีการจัดทำระบบบำบัดน้ำเสีย และนำน้ำเสียนั้นไปผ่านกระบวนการเพื่อให้เกิดก๊าซ และนำก๊าซที่ได้ไปผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อใช้ภายในโรงงานทั้งระบบ ซึ่งนอกจากจะเป็นการลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นภายในโรงงานแล้ว ยังสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ และลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของระบบลงได้อีกด้วย

ดังนั้น โครงการวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ ซึ่งคำนวณโดยใช้วิธีอ้างอิงค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของคณะกรรมการ

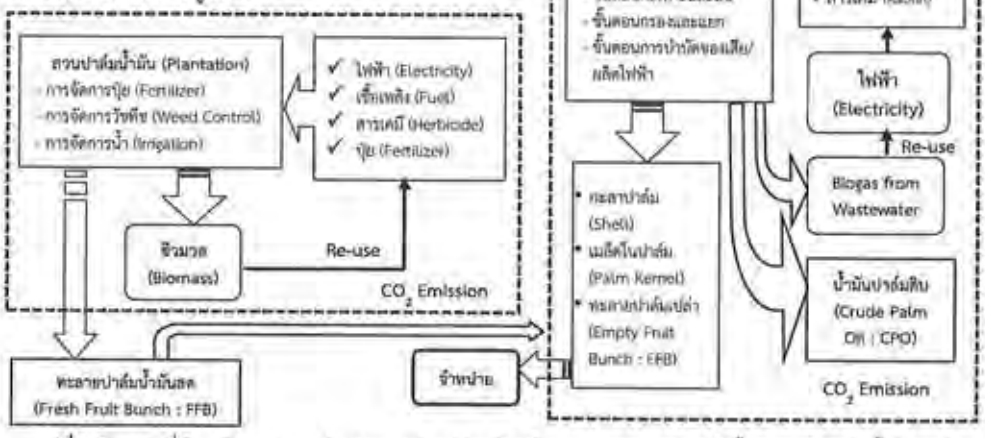
ระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (2006 Intergovernmental Panel on Climate Change) หรือ IPCC 2006 [8] และองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. [9] เพื่อให้ได้มาซึ่งปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ โดยแสดงผลให้อยู่ในรูปหน่วยตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันน้ำมันปาล์มดิบ และเพื่อนำผลที่ได้มาใช้ในการจัดทำแนวทางการศึกษาการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นต่อไป

## 2. แผนการดำเนินงานวิจัย

### 2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาวิจัยนี้ได้ดำเนินการสำรวจและรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ โดยทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตปาล์มน้ำมัน และน้ำมันปาล์มดิบ อาทิ ชนิดและปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต รูปแบบการบริหารจัดการสวนปาล์มน้ำมันและโรงสกัดน้ำมันปาล์มในพื้นที่ภาคใต้ วิธีการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ใช้แต่ละกิจกรรมของกระบวนการผลิตนั้นๆ เป็นต้น

ทั้งนี้ เป็นการสำรวจและรวบรวมข้อมูลจากพื้นที่จริง โดยได้ทำการคัดเลือกพื้นที่ศึกษาวิจัย จำนวน 2 จังหวัด คือ จังหวัดตรัง และ จังหวัดกระบี่ เพื่อรวบรวมข้อมูลกิจกรรมจากสวนปาล์มน้ำมัน และโรงสกัดน้ำมันปาล์มสำหรับใช้งานวิจัยนี้ตามรูปที่ 1




รูปที่ 1 กิจกรรมที่นำมาพิจารณาการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสวนปาล์มน้ำมันและโรงสกัดน้ำมันปาล์ม

### 2.2 การวิเคราะห์และคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง

ดำเนินการคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยนำค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกคูณกับข้อมูลของกิจกรรมต่างๆที่เกิดขึ้น โดยพิจารณาข้อมูลกิจกรรมเฉลี่ยทั้งปี ซึ่งอ้างอิงจาก IPCC 2006 และ อบก. และแสดงผลให้อยู่ในรูปหน่วยตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันน้ำมันปาล์มดิบ ทั้งนี้กรอบการพิจารณาเป็นแบบ Gate to Gate สำหรับวิธีการคำนวณแสดงตามสมการที่ 1

$$CO_2 \text{ Emission} = \text{Activity Data} \times \text{Emission Factor} \quad (1)$$

*2.2.1 ปริมาณปุ๋ยที่ใช้*

การคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยโดยใช้วิธีน้ำปริมาณปุ๋ยที่มีการใช้จริงคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามประเภทและสูตรของปุ๋ยที่ใช้

ทั้งนี้ ปุ๋ยที่ใช้ในการพิจารณาแบ่งแยกเป็นปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี โดยปุ๋ยเคมีพิจารณาเทียบค่าการปลดปล่อยจากแม่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ในที่นี้เทียบจากปุ๋ยยูเรีย แอมโมเนียมฟอสเฟต และโพแทสเซียมคลอไรด์ ตามลำดับ โดยใช้วิธีการคำนวณตามสมการที่ 1

*2.2.2 ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้*

คำนวณโดยใช้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริงจากระบบการผลิต ตามสมการที่ 1 แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

- ไฟฟ้าที่มาจากระบบพลังงานแบบผสม คือ ไฟฟ้าแบบ Grid mix ซึ่งจะใช้ค่าเฉลี่ยการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไฟฟ้าที่เป็นค่ากลางของประเทศ เท่ากับ 0.6093 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง
- ไฟฟ้าที่มาจากแหล่งพลังงานเดียว สำหรับงานวิจัยนี้คือไฟฟ้าที่ผลิตได้จากก๊าซชีวภาพของโรงสกัดน้ำมันปาล์ม

*2.2.3 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้*

คำนวณโดยใช้ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้จริงคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ (ค่าสัมประสิทธิ์การเผาไหม้เชื้อเพลิง)ตามสมการที่ 1

*2.2.4 ปริมาณสารเคมีที่ใช้*

อาศัยวิธีการนำปริมาณสารเคมีที่ใช้จริงคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดสารเคมีที่ใช้ตามสมการที่ 1

*2.2.5 ปริมาณน้ำเสียจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม*

IPCC 2006 [10] ได้กำหนดวิธีการคำนวณหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากบ่อบำบัดน้ำเสีย โดยสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของก๊าซมีเทนจากน้ำเสียแสดงตามสมการที่ 2

$$EF_j = B_o \times MCF_j \qquad (2)$$

เมื่อ EF = Emission Factor, $kgCH_4/kg$ BOD
j = Each Treatment/Discharge Pathway or System
$B_o$ = Maximum $CH_4$ Producing Capacity = 0.25 $kgCH_4/kg$ BOD [10]
$MCF_j$ = Methane Correction Factor = 0.5 [10]

## 3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลการสำรวจข้อมูลกิจกรรมจากสวนปาล์มน้ำมันและโรงสกัดน้ำมันปาล์มในจังหวัดตรัง และ จังหวัดกระบี่ มีรายละเอียดดังนี้ สวนปาล์ม จ.ตรัง มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 130 ไร่ ระยะปลูกต่อต้น 9 x 9 x 9 เมตร เฉลี่ยปลูกจำนวน 22 ต้นต่อไร่ และลักษณะพื้นที่เดิมเป็นที่นายกร่อง สำหรับสวนปาล์ม จ.กระบี่ มีลักษณะพื้นที่เดิมเป็นสวนยางพาราเก่ามีขนาดพื้นที่เท่ากับ 250 ไร่ ระยะปลูกต่อต้น 9 x 9 x 9 เมตรและมีจำนวนต้นต่อไร่เท่ากับ 22 ต้น เช่นเดียวกันกับสวนปาล์ม จ.ตรัง และรายละเอียดข้อมูลที่ใช้ในการพิจารณาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นของทั้ง 2 สวน ดังแสดงตามตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** ข้อมูลสวนปาล์มน้ำมัน

| | จ.ตรัง | จ.กระบี่ |
|---|---|---|
| 1. ขนาดพื้นที่ (ไร่) | 130 | 250 |
| 2. จำนวนต้นปาล์ม (22 ต้น/ไร่) | 2,860 | 5,500 |
| 3. ระยะปลูกต่อต้น(เมตร) | 9 x 9 x 9 | 9 x 9 x 9 |
| 4. พันธุ์ที่ใช้ปลูก | ยูนิวานิช | ยูนิวานิช |
| 5. ลักษณะพื้นที่สวน | ที่นายกร่อง | สวนยางพาราเก่า |
| 6. การจัดการปุ๋ย | | |
| 6.1 ปุ๋ยอินทรีย์ (กก./ปี) | 14,300.00 | (ไม่มี) |
| 6.2 ปุ๋ยยูเรีย (กก./ปี) | 1,001.00 | 37,290.00 |
| 6.3 ปุ๋ยสูตร 18-46-0 (กก./ปี) | 1,001.00 | 20,130.00 |
| 6.4 ปุ๋ยสูตร 0-0-60 (กก./ปี) | 429.00 | 77,055.00 |
| 7. การจัดการวัชพืช | | |
| 7.1 ไกลโฟเสท (ลิตร/ปี) | 520.00 | 116.70 |
| 7.2 เชื้อเพลิง | | |
| • ดีเซล (ลิตร/ปี) | (ไม่มี) | 1,222.22 |
| • เบนซิน (ลิตร/ปี) | (ไม่มี) | 733.33 |
| 8. การจัดการน้ำ | (ไม่มี) | (ไม่มี) |
| 9. ทางใบปาล์ม (ต้น/ปี) | 514.80 | 990.00 |
| 10. ไฟฟ้า | (ไม่มี) | (ไม่มี) |
| 11. ผลผลิตต่อไร่ (ตัน/ปี) | 3.80 | 5.00 |
| 12. ผลผลิต (ตัน/ปี) | 494.00 | 1,250.00 |

จากข้อมูลดังแสดงตามตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่า สวน จ.ตรัง มีปริมาณการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เท่ากับ 14,300 กิโลกรัมต่อปี ในขณะที่สวนปาล์ม จ.กระบี่ ไม่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เนื่องจากอายุต้นปาล์มน้ำมันที่แตกต่างกันจึงมีความต้องการปุ๋ยไม่เท่ากัน สำหรับการจัดการวัชพืช พบว่า สวน จ.ตรัง มีเพียงการใช้สารกำจัดวัชพืช (ไกลโฟเสท) เท่านั้นเฉลี่ยใช้ประมาณ 520 ลิตรต่อปี โดยไม่มีการใช้เชื้อเพลิงประกอบกับขนาดพื้นที่ไม่ใหญ่มากจึงใช้แรงงานคนตายหญ้าอีกทางหนึ่ง ในขณะที่สวน จ.กระบี่ มีการใช้เครื่องจักรและเครื่องฉีดพ่นกำจัดวัชพืช จึงมีการใช้เชื้อเพลิงดีเซลและเบนซินปริมาณเท่ากับ 1,222.22 และ 733.33 ลิตรต่อปี เนื่องจากมีพื้นที่ขนาดใหญ่กว่า

**ตารางที่ 2** ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสวนปาล์มน้ำมัน

| | EF | ตรัง | กระบี่ |
|---|---|---|---|
| | | (ton $CO_2$-eq) | |
| 1. การจัดการปุ๋ย | | | |
| 1.1 ปุ๋ยยูเรีย | 0.1097 (kg $CO_2$-eq /kg) | 1.57 | (ไม่มี) |
| 1.2 ปุ๋ยรีก | 5.5300 (kg $CO_2$-eq /kg) | 5.54 | 206.21 |
| 1.3 16-16-0 | 3.7700 (kg $CO_2$-eq /kg) | 3.77 | 75.89 |
| 1.4 0-0-60 | 0.5530 (kg $CO_2$-eq /kg) | 0.23 | 41.07 |
| รวมการปลดปล่อยจากการจัดการปุ๋ย | (kg $CO_2$-eq /kg) | 11.11 | 323.17 |
| 2. การจัดการวัชพืช | | | |
| 2.1 ไกลโฟเสท | 16.0000 (kg $CO_2$-eq /kg) | 3.99 | 0.90 |
| 2.2 ดีเซล | 2.7080 (kg $CO_2$-eq /l) | (ไม่มี) | 3.31 |
| 2.3 เบนซิน | 2.1896 (kg $CO_2$-eq /l) | (ไม่มี) | 1.61 |
| รวมการปลดปล่อยจากการจัดการวัชพืช | | 3.99 | 5.82 |
| 3.ของเสีย (ทางใบปาล์ม) | 3.3000* (kg $CO_2$-eq /kg) | 1,698.84 | 3,267.00 |
| รวมการปลดปล่อย (M $CO_2$-eq) | | 1,713.94 | 3,595.99 |
| รวมการปลดปล่อย (ton $CO_2$-eq /ton FFB) | | 3.47 | 2.88 |
| **รวมการปลดปล่อยเฉลี่ย(ton $CO_2$-eq /ton FFB)** | | 3.04 | |

* ค่าสูงหน่วนเฉลี่ยของชีวมวลที่เหลือจากระบบการ = 3.27 - 3.33 kg $CO_2$-eq /kg

จากการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่า สวน จ.ตรังมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดจากของเสียในสวนปาล์มน้ำมัน คือ ทางใบปาล์มหลังตัดแต่ง คิดเป็นปริมาณเฉลี่ยประมาณ 1.7 พันตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันทะลายปาล์มน้ำมัน เช่นเดียวกับสวน จ.กระบี่ปริมาณเฉลี่ย 3.6 พันตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันทะลายปาล์มน้ำมัน แต่เมื่อพิจารณาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวม พบว่า สวน จ.ตรังมีปริมาณการปลดปล่อยเท่ากับ 3.47 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันทะลายปาล์มน้ำมัน ซึ่งสูงกว่าสวน จ.กระบี่ ที่มีปริมาณการปลดปล่อยเท่ากับ 2.88 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันทะลายปาล์มน้ำมัน ทั้งนี้ เนื่องจากผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ที่ต่ำกว่าและพื้นที่สวนมีขนาดเล็กกว่า ถึงแม้ว่าสวน จ.กระบี่ จะมีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและสารเคมีในขั้นตอนการกำจัดวัชพืชมากกว่า แต่ด้วยผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ที่สูงกว่าและขนาดพื้นที่ใหญ่กว่า จึงทำให้ผลที่ได้แตกต่างกัน ซึ่งปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยเฉลี่ยของสวนปาล์มน้ำมันเท่ากับ 3.04 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันทะลายปาล์มน้ำมัน

จากข้อมูลในตารางที่ 2 หากไม่พิจารณาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากทางใบปาล์มเช่นเดียวกับงานวิจัยของอรัญและคณะ [5] ที่ไม่มีการพิจารณาของเสียที่มาจากทางใบปาล์มน้ำมัน โดยให้ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อตันทะลายปาล์มน้ำมันใกล้เคียงกันจากสวนปาล์มน้ำมัน จ.ตรัง และ จ.กระบี่ ซึ่งสามารถหาค่าการปลดปล่อยได้เท่ากับ 0.03 และ 0.26 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันทะลายปาล์มน้ำมันตามลำดับ ทั้งนี้ หากมีการนำของเสียจากสวนปาล์มน้ำมัน (ทางใบปาล์มน้ำมัน) ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ จัดเป็นแนวทางหนึ่งในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการลงได้อีก ตามรูปที่ 1

สำหรับข้อมูลกิจกรรมของโรงสกัดน้ำมันปาล์มใน จ.ตรังและจ.กระบี่ มีผลการสำรวจและรวบรวมข้อมูล ดังนี้ โรงสกัดฯ จ.ตรัง ใช้ระบบที่ใช้ไอน้ำในการผลิต โดยมีกำลังการผลิตจริงเท่ากับ 40 ตันทะลายปาล์มน้ำมันสดต่อชั่วโมง เฉลี่ยสามารถผลิตน้ำมันปาล์มดิบได้ประมาณ 30,000 ตันต่อวัน ส่วนโรงสกัดฯ จ.กระบี่ ใช้ระบบการผลิตแบบใช้ไอน้ำเช่นเดียวกัน โดยมีกำลังการผลิตจริงเท่ากับ 55 ตันทะลายปาล์มน้ำมันสดต่อชั่วโมง ผลิตน้ำมันปาล์มดิบได้เฉลี่ยประมาณ 78,000 ตันต่อวัน ทั้งนี้รายละเอียดข้อมูลที่ใช้ในการพิจารณาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆที่เกิดขึ้นของทั้ง 2 โรงงาน ดังแสดงตามตารางที่ 3

**ตารางที่ 3** ข้อมูลโรงสกัดปาล์มน้ำมัน

| | จ.ตรัง | จ.กระบี่ |
|---|---|---|
| 1. ลักษณะโรงงาน | CPO | CPO |
| 2. ระบบที่ใช้ | ใช้ไอน้ำ | ใช้ไอน้ำ |
| 3. กำลังการผลิตติดตั้ง/กำลังการผลิตสูงสุด/กำลังการผลิตจริง (ตัน/ชั่วโมง) | 45/60(40) | 60/90(55) |
| 4. ปริมาณการผลิต(ตัน/วัน) | 960.00 | 1,300.00 |
| 5. โรงงานดำเนินการผลิตจริง (วัน/ปี) | 180.00 | 300.00 |

ตารางที่ 3 ข้อมูลโรงสกัดปาล์มน้ำมัน (ต่อ)

| | จ.ตรัง | จ.กระบี่ |
|---|---|---|
| กิจกรรมที่ใช้ในการผลิต | | |
| 6. ไฟฟ้าที่ใช้ทั้งโรงงาน (MW/ปี) | 5,740.80 | 7,848.00 |
| 7. สารเคมี (Kaolin) (ตัน/ปี) | 690.00 | 900.00 |
| 8. ดีเซล(ทั้งโรงงาน) (ลิตร/ปี) | 5,742.00 | 8,650.00 |
| ผลผลิตที่ได้ | | |
| 9. น้ำมันปาล์มดิบ (CPO) (ตัน/ปี) | 29,992.00 | 78,000.00 |
| 10. ทะลายปาล์มเปล่า (EFB) (ตัน/ปี) | 35,328.00 | 85,800.00 |
| 11. เส้นใยปาล์ม (ตัน/ปี) | 19,430.40 | 50,700.00 |
| 12. เมล็ดในปาล์ม (ตัน/ปี) | 9,715.20 | 19,500.00 |
| 13. กะลาปาล์ม (ตัน/ปี) | 13,248.0 | 37,800.00 |
| 14. น้ำเสียทั้งระบบ (ลิ/ปี) | 75,600.0 | 210,000.0 |
| 15. COD ก่อนบำบัด (มก./ล.) | 45,000-60,000 | 70,000 |
| 16. COD หลังบำบัด (มก./ล.) | 3,000 | (ไม่มี) |
| 17. ก๊าซชีวภาพ (ลบ.ม./ปี) | 1,840,000.00 | (ไม่มี) |
| 18. ไฟฟ้าผลิตจากก๊าซชีวภาพ (MW/ปี) | 3,790.40 | (ไม่มี) |

จากข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่า โรงสกัดฯ จ.ตรัง มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งโรงงาน เท่ากับ 5,740.80 เมกะวัตต์ต่อปี แต่มีการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพได้เท่ากับ 3,790.40 เมกะวัตต์ต่อปีดังนั้น คิดเป็นปริมาณไฟฟ้าที่นำเข้ามาใช้จริงจากระบบไฟฟ้าของประเทศเท่ากับ 1,950.40 เมกะวัตต์ต่อปีและใช้เชื้อเพลิงดีเซลสำหรับรถยก รถตักภายในโรงงานรวมถึงการเริ่มดำเนินงานเฉลี่ยเท่ากับ 5,742 ลิตรต่อปี รวมถึงสารเคมี (Kaolin) เพื่อใช้ในขั้นตอนการแยกเมล็ดในปาล์มและกะลาปาล์มออกจากกัน ปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 690 ตันต่อปี นอกจากนี้เกิดเศษเหลือและของเสียจากระบบการผลิต ได้แก่ ทะลายปาล์มน้ำมันเปล่า เส้นใยปาล์ม กะลาปาล์ม และน้ำเสีย ซึ่งเมล็ดในปาล์ม และกะลาปาล์ม โรงสกัดฯ ได้จำหน่ายออกไปทั้งหมด จึงไม่พิจารณาค่าการปลดปล่อยภายในโรงสกัดฯ แต่โรงสกัดฯ จ.ตรัง มีการนำเส้นใยปาล์มไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำเพื่อให้ความร้อนแก่ระบบการผลิต รวมถึงการนำน้ำเสียกลับไปใช้ประโยชน์ใหม่ โดยนำก๊าซชีวภาพที่ได้ไปผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อจ่ายในโรงงาน ซึ่งสามารถผลิตได้ประมาณ 3,790.40 เมกะวัตต์ต่อปี

สำหรับโรงสกัดฯ จ.กระบี่ มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งโรงงาน เท่ากับ 7,848 เมกะวัตต์ต่อปีและใช้เชื้อเพลิงดีเซลสำหรับรถยก รถตักภายในโรงงานรวมถึงการเริ่มดำเนินงานเฉลี่ยเท่ากับ 8,650 ลิตรต่อปี รวมถึงสารเคมี (Kaolin) เพื่อใช้ในขั้นตอนการแยกเมล็ดในปาล์มและกะลาปาล์มออกจากกัน ปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 900 ตันต่อปี ซึ่งสูงกว่าโรงสกัดฯ จ.ตรัง เนื่องจากขนาดกำลังการผลิตที่สูงกว่าและจำนวนวันที่โรงงานดำเนินการผลิตจริงมากกว่า ทั้งนี้ โรงสกัดฯ จ.กระบี่ มีเพียงการนำเส้นใยปาล์มไปใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตไอน้ำเพื่อให้ความร้อนแก่ระบบ และไม่มีการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ แต่นำน้ำเสียที่ได้ไปทำเป็นปุ๋ยชีวภาพสำหรับรดในสวนปาล์มน้ำมันของเกษตรกรในพื้นที่ใกล้เคียงของโรงงาน สำหรับเมล็ดในปาล์ม และกะลาปาล์ม โรงสกัดฯได้จำหน่ายออกไปทั้งหมด จึงไม่มีการพิจารณาค่าการปลดปล่อยภายในโรงสกัดฯ นี้เช่นเดียวกับโรงสกัดฯ จ.ตรัง

ตารางที่ 4 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงสกัดน้ำมันปาล์ม

| | EF | จ. ตรัง (ton $CO_2e$) | จ. กระบี่ (ton $CO_2e$) |
|---|---|---|---|
| 1.วัตถุดิบ | 3.04* (ton $CO_2$-eq /ton FFB | 536,985.60 | 1,185,600.00 |
| กิจกรรมที่ใช้ในการผลิต | | | |
| 2. ไฟฟ้าที่ใช้ทั้งโรงงาน | 0.6093 (kg $CO_2$-eq /kWh) | 1,188.38 | 4,781.79 |
| 3. สารเคมี (Kaolin) | 0.2167 (kg $CO_2$-eq /kg) | 149.52 | 195.03 |
| 4. ดีเซล (ทั้งโรงงาน) | 2.7080 (kg $CO_2$-eq /l) | 15.55 | 23.42 |
| รวมการปลดปล่อยจากกิจกรรม | | 1,353.45 | 5,000.24 |
| ผลผลิตที่ได้ | | | |
| 5. เส้นใยปาล์ม | 1.162 (kg $CO_2$-eq /ton) | 22.58 | 58.91 |
| 6. น้ำเสียทั้งระบบ | 3.125 (kg $CO_2$-eq /kg $CH_4$) | 0.69 | 65.94 |
| 7. ไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ | 1.796 (kg $CO_2$-eq /m.$^3$) | 3.30 | (ไม่มี) |
| รวมการปลดปล่อยจากผลผลิตที่ได้ | | 26.57 | 104.85 |
| รวมค่าการปล่อย (ton $CO_2e$) | | 538,365.62 | 1,190,705.09 |
| รวมค่าการปล่อย (ton $CO_2e$ /ton CPO) | | 17.95 | 15.27 |
| **รวมการปลดปล่อยเฉลี่ย(ton $CO_2$-eq /ton CPO)** | | **16.01** | |

* ได้เป็นค่าเฉลี่ยเพื่อพิจารณาผลจากกิจกรรมของโรงสกัดน้ำมันปาล์มเป็นหลัก

จากการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงสกัดน้ำมันปาล์ม พบว่า โรงสกัดฯ จ.ตรัง มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมเท่ากับ 17.95 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันน้ำมันปาล์มดิบ ในขณะที่ โรงสกัดฯ จ.กระบี่ มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมเท่ากับ 15.27 ตันคาร์บอนไดออกไซด์

เทียบเท่าต่อตันน้ำมันปาล์มดิบ จากการศึกษาของ อบก. [11] พบว่า เมื่อพิจารณาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยการผลิต โรงงานที่มีกำลังการผลิตสูงจะมีแนวโน้มการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยการผลิตต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของงานวิจัยนี้ ทั้งนี้ ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงของโรงสกัดน้ำมันปาล์มมาจากวัตถุดิบเป็นหลัก คือ ทะลายปาล์มน้ำมัน นอกจากนี้การนำก๊าซชีวภาพที่ได้จากน้ำเสียของกระบวนการมาผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในโรงงานสามารถเป็นแนวทางหนึ่งของการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงได้ตามรูปที่ 1

## 4. สรุปผลการวิจัย

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ โดยพิจารณาจากข้อมูลของกิจกรรมตั้งแต่การใช้ทรัพยากร และพลังงานที่ใช้ รวมถึงเศษเหลือหรือของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ตั้งแต่การเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน ไปจนถึงกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ โดยใช้วิธีการคำนวณจากการนำค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกคูณกับข้อมูลของกิจกรรมต่างๆที่เกิดขึ้น พบว่า กระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยเฉลี่ยเท่ากับ 3.04 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันทะลายปาล์มน้ำมัน ซึ่งมีปริมาณการปลดปล่อยสูงจากของเสีย (ทางใบปาล์มน้ำมัน)ที่เกิดขึ้นในสวนปาล์มน้ำมัน และทำให้มีการปลดปล่อยจากโรงสกัดน้ำมันปาล์มเฉลี่ยเท่ากับ 16.01 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันน้ำมันปาล์มดิบ โดยคิดเป็นสัดส่วนการปลดปล่อยสูงที่สุดกว่าร้อยละ 99 มาจากวัตถุดิบเป็นหลัก ทั้งนี้ หากมีการนำของเสียหรือเศษเหลือจากกระบวนการผลิตนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่อาทิ ทางใบปาล์มน้ำมันจากสวนปาล์มน้ำมันไปผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพ น้ำเสียจากกระบวนการนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นต้น จะสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงได้อีก

## 5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน แผนพลังงานทดแทน ประจำปีงบประมาณ 2555

## 6. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน(สนพ.) กระทรวงพลังงาน, *"รายงานภาพรวมพลังงานของประเทศไทยปี 2555,"* ศูนย์พยากรณ์และสารสนเทศพลังงาน, 2555.

[2] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน(สนพ.) กระทรวงพลังงาน, *"สถานการณ์พลังงานไทยปี 2555 และ แนวโน้มปี 2556,"* ศูนย์พยากรณ์และสารสนเทศพลังงาน, 2555.

[3] พรชัย เหลืองอาภาพงศ์, คัมภีร์ปาล์มน้ำมัน พืชเศรษฐกิจเพื่อบริโภคและอุปโภค. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มติชน, 2549.

[4] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน, "แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25 % ใน 10 ปี (2555-2564) : AEDP," [บทความออนไลน์]. สืบค้นได้จาก :<http://www.dede.go.th/dede/images/stories/aedp25.pdf >. January 14, 2013.

[5] WithidaPatthanaissaranukool and Chongchin Polprasert, Carbon Mobilization in Oil Palm Plantation and Milling Based on a Carbon-Balanced Model-A Case Study in Thailand. *EnvironmentAsia*2011; 4(2): 17-26.

[6] A. H-Kittikun, M. Cherabu, and C. Maliwan, Preliminary Evaluation of Greenhouse Gases Production from Oil Palm Plantation and Crude Palm Oil Extraction in Thailand. *Hatyai Journal* 2009; 7(2): July-December 2009.

[7] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, "ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร : ปาล์มน้ำมัน," [บทความออนไลน์]. Available from: <http://www.oae.go.th/download/prcai/farmcrop/palm52-54.pdf>. January 5, 2013.

[8] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories," [Online Document]. Available from: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB>. January 8, 2013.

[9] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), "แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร," [บทความออนไลน์]. Available from: <http://onreda.mnre.go.th/km/edoc/km54/

CFO.pdf>.January 11, 2013.

[10] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories," [Online Document]. Available from : < http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_volume5/V5_6_Ch6_Wastewater.pdf>. January 11,2013.

[11] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), "แนวทางการศึกษาและกำหนดค่า Carbon Intensity ของอุตสาหกรรมเคมี อาหาร สิ่งทอ แก้ว และเซรามิค," [บทความออนไลน์]. สืบค้นได้จาก: <http://www.tgo.or.th/download/seminar/presentation/040511/CarbonIntensity_ERI.pdf>. January 15, 2013.

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล และ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

ขอมอบเกียรติบัตรฉบับนี้เพื่อแสดงว่า

**อรุณสุข แสงสอาด และ สุภวัฒน์ วิวรรธ์ภัทรกิจ**

**ได้รับรางวัล บทความดีเด่น (Best Paper Award)**

ชื่อบทความ **การวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ: กรณีศึกษาตัวอย่างสวนปาล์มน้ำมันและโรงสกัดน้ำมันปาล์มของประเทศไทย**

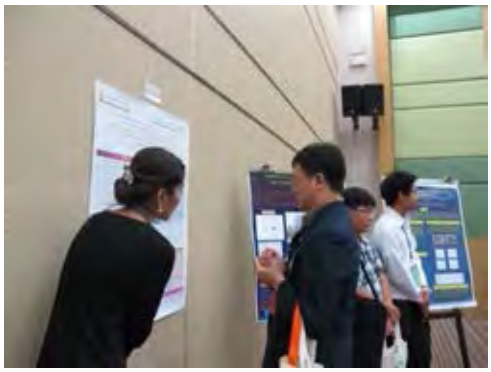
**ในงานประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ ๙**

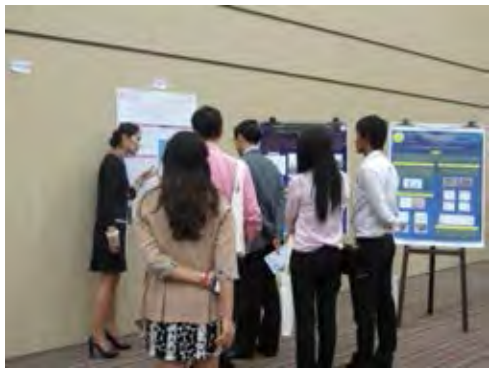
ให้ไว้ ณ วันที่ ๙ พฤษภาคม ๒๕๕๖

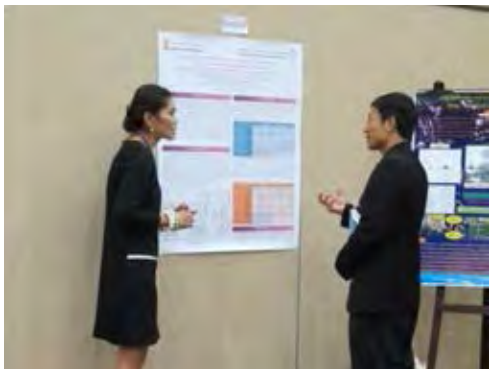
**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สลิลทิพย์ สินธุสนธิชาติ**
รองประธานคณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการ
เครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ ๙

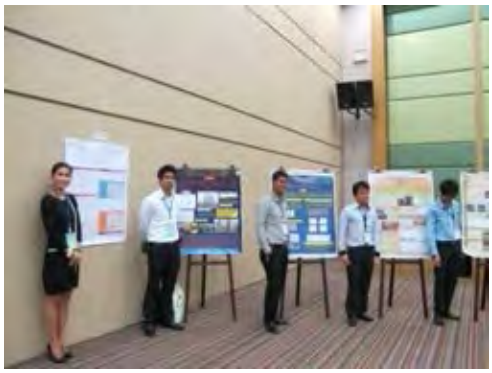
**รองศาสตราจารย์ ดร. สมิทธ์ เอี่ยมสอาด**
ประธานคณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการ
เครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ ๙

การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ ๙
9th Conference on Energy Network of Thailand
ขอมอบประกาศนียบัตรนี้ไว้เพื่อแสดงว่าบทความวิจัย
เรื่อง
การวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ
กรณีศึกษาตัวอย่างสวนปาล์มน้ำมันและโรงสกัดน้ำมันปาล์มของประเทศไทย
โดย
อรุณสุข แสงสอาด สุภวัฒน์ วิวรรธ์ภัทรกิจ
ได้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
และได้นำเสนอในการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ ๙
ระหว่างวันที่ ๘-๑๐ พฤษภาคม ๒๕๕๖ ณ ชลพฤกษ์ รีสอร์ท อำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สลิลทิพย์ สินธุสนธิชาติ
รองประธานคณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการ
เครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ ๙
รองศาสตราจารย์ ดร.สมิทธ์ เอี่ยมสอาด
ประธานคณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการ
เครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ ๙









**ภาพที่ ง-2** ขณะนำเสนอผลงานวิจัยแบบโปสเตอร์ (Poster Presentation)

# ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวอรุณสุข แสงสอาด เกิดเมื่อวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2527 สถานที่เกิด จังหวัดเชียงใหม่ จบการศึกษาระดับปริญญาตรีจากคณะเกษตรศาสตร์ ภาควิชาส่งเสริมและเผยแพร่การเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (เกียรตินิยมอันดับ 2) ปี พ.ศ. 2549 และในปีเดียวกันเริ่มทำงานในตำแหน่งผู้ช่วยนักวิจัย ศูนย์วิจัยพลังงานชีวมวล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งดำเนินโครงการวิจัยหลักเกี่ยวกับการศึกษาความเป็นไปได้ของการปลูกพืชน้ำมันในพื้นที่ตัวอย่างเขตภาคเหนือ และงานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับการผลิตพลังงานทดแทนจากพืชน้ำมัน อาทิ ไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันและสบู่ดำ เชื้อเพลิงอัดแท่งตะเกียบจากชีวมวลและเศษเหลือทางการเกษตร

จนถึง ปี พ.ศ. 2553 ได้ย้ายเข้ามาทำงานที่สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ สำนักงานปลัดกระทรวงพลังงาน กระทรวงพลังงาน ในตำแหน่ง เจ้าหน้าที่วิเคราะห์นโยบายและแผน สังกัดกลุ่มยุทธศาสตร์ โดยรับผิดชอบในหน้าที่เกี่ยวกับการจัดทำแผนยุทธศาสตร์ของกระทรวงพลังงานและภารกิจอื่นตามที่ได้รับมอบหมาย

ปี พ.ศ. 2555 จนถึงปัจจุบัน ดำรงตำแหน่ง เลขานุการอาวุโส สังกัดสายงานกลยุทธ์และบริหารสินทรัพย์ บริษัท ผลิตไฟฟ้า จำกัด (มหาชน) ณ สำนักงานใหญ่ (อาคารเอ็กโก) ถนนวิภาวดีรังสิต หลักสี่ กรุงเทพฯ

ปี พ.ศ. 2555 ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยแก่นักศึกษาระดับอุดมศึกษา(ปริญญาโท) ประจำปีงบประมาณ 2555 จากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน และ ทุนสนับสนุนสำหรับนิสิตระดับปริญญาโทในการเดินทางไปเสนอผลงานทางวิชาการในต่างประเทศจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2556

ปี 2556 มีผลงานทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ลงวารสารทางวิชาการ Advanced Materials Research: Environmental Science and Engineering เรื่อง Analysis of Energy Consumption and GHG Emission in Biodiesel (B100) Production : A Case Study of Oil Palm Plantation, Crushing Mill and Biodiesel Plant in Thailand และถูกได้รับให้นำเสนอผลงานวิจัยในงานสัมมนาระดับนานาชาติ 2013/2$^{nd}$ International Conference on Energy and Environmental Protection (ICEEP 2013)ณ เมืองกุ้ยหลิน ประเทศจีน ในเดือนเมษายน 2556 นอกจากนี้ได้รับรางวัล "บทความดีเด่น (Best Paper Award)" จากงานประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 9 (9$^{th}$Conference on Energy Network of Thailand) ณ จังหวัดนครนายก ในเดือนพฤษภาคม 2556