บทที่ 3
วิธีการศึกษาวิจัย

ในบทที่ 2 ได้กล่าวถึง หลักการและทฤษฎีที่นำมาใช้ในการประเมินเอ็นเนอร์จีฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าปริมาณการใช้พลังงานและน้ำของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน สำหรับในบทนี้ จะแสดงแนวทางการดำเนินงานในการวิจัย โดยนำหลักการและทฤษฎีดังกล่าวมาใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานและน้ำของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน ซึ่งรูปแบบการดำเนินงานจะประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ 1) การวิเคราะห์ปริมาณเอ็นเนอร์จีฟุตพริ้นท์ที่เกิดขึ้นในการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน 2) การวิเคราะห์ปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ที่เกิดขึ้นในการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน 3) การวิเคราะห์แนวทางการจัดการพลังงานและน้ำเพื่อลดปริมาณเอ็นเนอร์จีฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน

ในการวิเคราะห์เอ็นเนอร์จีฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน จะทำการแบ่งขั้นตอนการศึกษาตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นตอนการเพาะปลูก 2) ขั้นตอนการขนส่งมายังโรงงาน 3) ขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ และ 4) ขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซล โดยแสดงในรูปผลรวมของปริมาณเอ็นเนอร์จีฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซล และผลรวมของปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซล โดยการดำเนินการวิจัยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยภายใต้หัวข้องานวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์เอ็นเนอร์จีฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สำหรับไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน

3.1.2 ทำการกำหนดหน่วยหน้าที่การทำงาน เป้าหมาย และขอบเขตการศึกษา

3.1.3 ทำการคัดเลือกพื้นที่ศึกษา โดยคัดเลือกจังหวัดที่เป็นตัวแทนสำหรับเก็บข้อมูลด้วยการวิเคราะห์จากระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

3.1.4 ประสานงานขอความร่วมมือไปยังหน่วยงานที่สนับสนุน และสถาบันต่างๆที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมการผลิตไบโอดีเซล เพื่อขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูล และจัดทำบัญชีรายการของการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.5 เก็บข้อมูลของแต่ละกิจกรรมทางด้านการใช้วัตถุดิบ สารเคมี พลังงาน และทรัพยากรตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน โดยเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการขนส่งปาล์มน้ำมันจากไร่มายังโรงงาน ขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ และขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซล

3.1.6 จัดทำข้อมูลวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันต่อหน่วยการทำงาน โดยตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลบนพื้นฐานการวิเคราะห์สมดุลมวลและสมดุลพลังงาน

3.1.7 นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ปริมาณเอ็นเนอร์จีฟุตพริ้นท์ของผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันตามหลักการการวิเคราะห์แบบผสม โดยแสดงให้อยู่ในรูปของค่าพลังงานสุทธิ และความคุ้มค่าทางพลังงาน

3.1.8 นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของปาล์มน้ำมันตามแนวทางการประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพืช

3.1.9 ข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันตามแนวทางการประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

3.1.10 นำข้อมูลที่ได้ทั้ง 2 วิธี มาวิเคราะห์แนวทางการจัดการพลังงานและน้ำเพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานและน้ำที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันอย่างเหมาะสม

3.1.11 สรุปผลการศึกษาวิจัย รวบรวมปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะ

3.1.12 จัดทำรายงานวิทยานิพนธ์ และการนำเสนอสรุปผลการศึกษาวิจัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัยในการกำหนดเป้าหมายและขอบเขต

การวิเคราะห์เอ็นเนอร์จีฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาค่าปริมาณการใช้พลังงานและน้ำ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

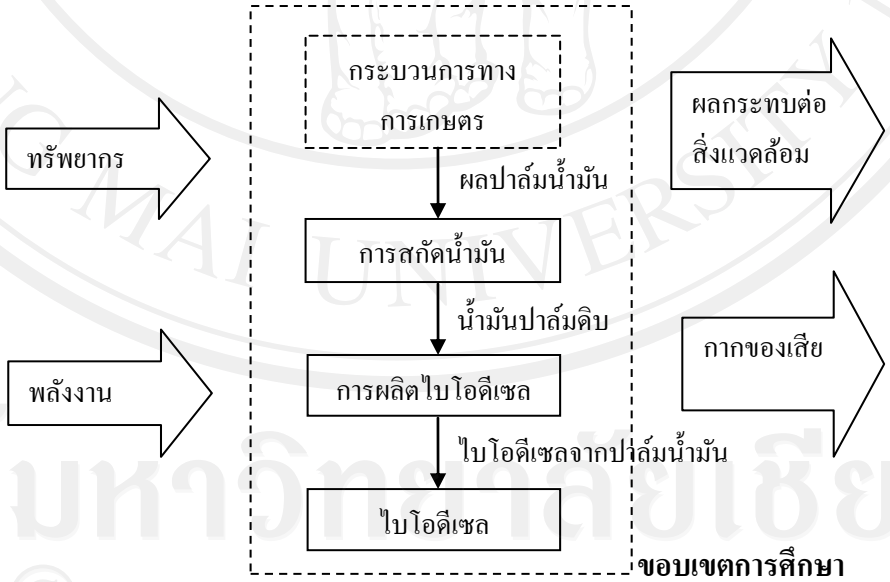
3.2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition)

3.2.1.1 การกำหนดเป้าหมาย

เพื่อวิเคราะห์เอ็นเนอร์จีฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สำหรับไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน และเสนอแนวทางการจัดการการใช้พลังงานและน้ำที่เหมาะสมสำหรับไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันอย่างประสิทธิภาพ

3.2.1.2 การกำหนดขอบเขต

วิเคราะห์เอ็นเนอร์จีฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สำหรับไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน โดยพิจารณาตั้งแต่กระบวนการเพาะปลูก การขนส่งจากไร่มายังโรงงาน การสกัดน้ำมัน และการผลิตไบโอดีเซล โดยจะมีการจัดทำแผนผังการไหลของวัสดุ (ไม่ต้องระบุการไหลของพลังงาน) ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาตลอดวัฏจักรชีวิต ภายใต้ขอบเขตที่กำหนดไว้ โดยแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ขอบเขตของระบบในการศึกษาการวิเคราะห์เอ็นเนอร์จีฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากรูปที่ 3.2 ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ จะแสดงถึงภาพรวมของวัตถุดิบทุกตัวที่ใช้ในกระบวนการผลิต กรณีที่มีวัตถุดิบที่มีส่วนประกอบหลักเป็นผลผลิตทางการเกษตรจะต้องมีกระบวนการอนุบาลกล้า การเตรียมดิน การเพาะปลูก การดูแลรักษา การเก็บเกี่ยว และจนถึงการขนส่งมายังโรงงานผลิตซึ่งเป็นขั้นตอนการได้มาวัตถุดิบ และขั้นตอนกระบวนการผลิต จะแสดงถึงภาพรวมในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลและการกำจัดของเสียภายในกระบวนการผลิต

3.2.2 การกำหนดหน่วยหน้าที่การศึกษา

การกำหนดหน้าที่การศึกษาขึ้นเพื่อใช้เป็นพื้นฐานสำหรับกำหนดการวัดหรือเก็บข้อมูลของสารขาเข้าและสารขาออกจากระบบที่ศึกษา ในงานวิจัยนี้กำหนดหน่วยหน้าที่ของการศึกษา (Functional unit: FU) คือ ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม 1 ลิตร

3.3 วิธีการดำเนินการวิจัยในการคัดเลือกพื้นที่ศึกษา

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการการคัดเลือกพื้นที่จากการวิเคราะห์เชิงทับซ้อน (Overlay) ด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ซึ่งผลที่ได้คือ แผนภาพความหนาแน่นของการกระจายตัวของพื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันทั้งในเขตพื้นที่ภาคเหนือและภาคใต้ และข้อมูลกลุ่มชุดดินของแต่ละจังหวัดในพื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมัน (ภาคผนวก ง) ซึ่งข้อมูลในส่วนนี้จะถูกนำมาคัดเลือกหาจังหวัดที่จะนำไปเป็นตัวแทนสำหรับสำรวจเพื่อจัดทำข้อมูลบัญชีรายการ (ภาคผนวก ก) นอกจากนั้นแล้วข้อมูลกลุ่มชุดดินของแต่ละจังหวัดในพื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันจะถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพืชต่อไป

3.4 วิธีการดำเนินการวิจัยในการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory: LCI)

ในขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการจะทำการเก็บข้อมูลจากแหล่งข้อมูลภายใต้กรอบการดำเนินการทาง LCA โดยจะมุ่งประเด็นการเก็บข้อมูลไปที่การใช้ทรัพยากรและพลังงาน และกากของเสียที่เกิดขึ้นตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบไปจนถึงกระบวนการผลิตในโรงงาน โดยทำการเก็บข้อมูลย้อนหลัง 1 ปี ตั้งแต่เดือนมกราคม – ธันวาคม ของปี 2554 ซึ่งข้อมูลทั้งหมดที่ถูกนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบไปด้วยข้อมูลที่เก็บได้จริงจากกระบวนการ (Primary data) และข้อมูลที่ได้จากการนำข้อมูลที่มีผู้ศึกษาไว้แล้วมาใช้ (Secondary data) โดยสามารถจัดทำบัญชีรายการตามการจำแนกกระบวนการได้ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.4.1 บัญชีรายการในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

การจัดทำบัญชีรายการในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ ประกอบไปด้วย บัญชีรายการเก็บข้อมูลของการใช้วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร และ 2) บัญชีรายการเก็บข้อมูลของการขนส่ง โดยทำการเก็บข้อมูลต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และ 3.2

ตารางที่ 3.1 บัญชีรายการเก็บข้อมูลการใช้วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร ในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

กระบวนการหลัก	กระบวนการย่อย	ข้อมูลที่เก็บรวบรวม
กระบวนการทางการเกษตร	การเตรียมกล้าพันธุ์ • การเตรียมเมล็ดพันธุ์ • การเตรียมต้นกล้า • การดูแลรักษา	ปริมาณเมล็ดพันธุ์ ปริมาณสารเคมี ปริมาณปุ๋ย ปริมาณพลังงานไฟฟ้า ปริมาณของเสียและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม
	การเตรียมดิน • การขุดหลุม • ปรับพื้นที่	ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง
	การเพาะปลูก • การบำรุงรักษา • การตัดแต่งทางใบ • การเก็บเกี่ยว	ปริมาณทะลายปาล์มสด ปริมาณสารเคมี ปริมาณปุ๋ย ปริมาณพลังงานไฟฟ้า ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง ปริมาณของเสียและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 3.2 บัญชีรายการเก็บข้อมูลของการขนส่งในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

กระบวนการหลัก	กระบวนการย่อย	ข้อมูลที่เก็บรวบรวม
การขนส่งวัตถุดิบมายังโรงงาน	การขนส่งปาล์มน้ำมันจากแหล่งพื้นที่เพาะปลูกมายังโรงงาน	ปริมาณน้ำหนักของวัตถุดิบ ประเภทรถบรรทุก ระยะทางการขนส่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.4.2 บัญชีรายการในช่วงการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน

ในการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน ประกอบด้วย 2 กระบวนการย่อย คือ การสกัดน้ำมันปาล์มดิบ และการผลิตไบโอดีเซล (ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน) โดยแสดงรายละเอียดบัญชีรายการการเก็บข้อมูลดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 บัญชีรายการเก็บข้อมูลการใช้วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากร ในขั้นตอนของการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน

กระบวนการหลัก	กระบวนการย่อย	ข้อมูลที่เก็บรวบรวม
กระบวนการผลิตไบโอดีเซล	**การสกัดน้ำมันปาล์มดิบ** • การเก็บรวบรวมวัตถุดิบ • การนึ่ง • การนวดและแยกทะลายปาล์ม • การหีบน้ำมัน • การกรองแยกน้ำมัน • การรวบรวมเมล็ดในปาล์ม • การเก็บสำรองน้ำมันปาล์มดิบ	ปริมาณปาล์มน้ำมัน ปริมาณน้ำ ปริมาณพลังงานไฟฟ้า ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง ปริมาณผลิตภัณฑ์พลอยได้ ปริมาณกากของเสีย ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม
	การผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน • การกำจัดยางเหนียว • การกำจัดน้ำ • การลดกรดไขมัน • การทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน • การแยกกลีเซอรีนออกจากไบโอดีเซล • การล้างทำความสะอาด • การฟอกสี • การกรองอนุภาค	ปริมาณน้ำมันปาล์มดิบ ปริมาณน้ำ ปริมาณสารเคมี ปริมาณพลังงานไฟฟ้า ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง ปริมาณผลิตภัณฑ์พลอยได้ ปริมาณกากของเสีย ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตารางบัญชีรายการ 3.1 - 3.3 สามารถจัดประเภทข้อมูลที่ต้องการในขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการในแต่ละกระบวนการย่อยได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1. ชนิดและปริมาณของวัสดุที่ใช้ในกระบวนการ
2. ชนิดและปริมาณของเชื้อเพลิงหรือพลังงานที่ใช้ในกระบวนการ
3. ชนิดและปริมาณผลกระทบหรือของเสียที่ออกจากกระบวนการ

3.5 วิธีการดำเนินการวิจัยในการวิเคราะห์เอ็นเนอร์จีฟุตพริ้นท์

เมื่อได้ข้อมูลบัญชีรายการแล้ว นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเอ็นเนอร์จีฟุตพริ้นท์ เป็นค่าในการวิเคราะห์พลังงานสุทธิตลอดวัฏจักรชีวิตของไบโอดีเซล ในหน่วยการทำงานที่ ไบโอดีเซล 1 ลิตร นอกจากนั้นยังทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงพลังงานของการผลิตไบโอดีเซลจากวัตถุดิบปาล์มน้ำมันในเขตพื้นที่ภาคเหนือและภาคใต้อีกด้วย

โดยค่าพลังงานสุทธิคือ ความแตกต่างระว่างพลังงานที่ได้จากไบโอดีเซลกับพลังงานที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล 1 หน่วย โดยค่าพลังงานที่ได้สามารถวัดได้จากค่าความร้อนต่ำ (Low Heating Value: LHV) (ค่าพลังงานความร้อน แสดงดังภาคผนวก ข) ดังนั้นในการหาค่าพลังงานสุทธิจึงต้องมีค่าพลังงานที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซล โดยค่าพลังงานที่ใช้ตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซล มีดังต่อไปนี้

3.5.1 พลังงานที่ใช้ในการเพาะปลูก

การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันนั้น มีปัจจัยต่างๆ ในการเพาะปลูกหลายประเภท ได้แก่ เชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องจักรกล ยากำจัดวัชพืช และปุ๋ยที่ใช้ในการบำรุงรักษาในการเพาะปลูก ดังนั้นพลังงานที่ใช้ในการเพาะปลูก สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3.1)

$$EC_A = EC_{fuel} + EC_{chemical} + EC_{fertilizer} + EC_{electricity}. \qquad (3.1)$$

โดยที่ EC_a คือ พลังงานที่ใช้ในการเพาะปลูก (เมกะจูล/หน่วยการทำงาน)

EC คือ ค่าการใช้พลังงานในส่วนต่างๆ (เมกะจูล/หน่วยการทำงาน)

โดยค่าการใช้พลังงานในส่วนต่างๆ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3.2) ซึ่งค่าพลังงานของเชื้อเพลิง ปุ๋ย ยากำจัดวัชพืช จากการใช้พลังงานปฐมภูมิ แสดงดังตารางภาคผนวกที่ ข2

$$EC = \sum A_i \times EF_i \qquad (3.2)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยที่ A_i คือ ปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละกิจกรรม i (ปริมาณ/หน่วยการทำงาน)

EF_i คือ ค่าปัจจัยพลังงาน (Energy factor) ในแต่ละกิจกรรม i (เมกะจูล/ปริมาณ)

3.5.2 พลังงานที่ใช้ในการขนส่ง

ปริมาณพลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการขนส่งจะขึ้นอยู่กับชนิดพาหนะในการขนส่ง ระยะทาง ปริมาณการขนส่ง ต่อหน่วยการทำงาน ดังนั้นพลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการขนส่งจึงสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3.3)

$$EC_T = [\text{อัตราการใช้พลังงาน (เมกะจูล/ตัน-กม.)} \times \text{ระยะทาง (กม.)}] \times \text{ปริมาณการขนส่ง (ตัน/หน่วยการทำงาน)} \quad (3.3)$$

โดยที่ EC_T คือ พลังงานที่ใช้ในการขนส่ง (เมกะจูล/หน่วยการทำงาน)

โดยค่าอัตราการใช้พลังงาน สามารถคำนวณได้จาก

$$\text{อัตราการใช้พลังงาน} = \frac{\text{อัตราการใช้น้ำมัน (ลิตร/กม.)} \times \text{ค่าพลังงานเชื้อเพลิง (MJ/ลิตร)}}{\text{ความจุพาหนะ (ตัน)}} \quad (3.4)$$

3.5.3 พลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

ในขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบมีการใช้พลังงานจาก 3 ส่วน คือ พลังงานไฟฟ้า พลังงานเชื้อเพลิง และพลังงานไอน้ำ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3.5) นอกจากนั้นแล้วในกระบวนการนี้ยังมีผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากกระบวนการนวดและหีบน้ำมันปาล์มดิบคือ เปลือก ที่สามารถนำไปผลิตไฟฟ้าใช้ได้เองภายในโรงงานและจำหน่ายให้ภายนอก ดังนั้นพลังงานไฟฟ้าและไอน้ำที่ได้จากส่วนนี้ จะพิจารณาเป็นค่าติดลบ หรือสามารถลดพลังงานปฐมภูมิที่ใช้ในการผลิตได้ ส่วนที่เหลือจากกระบวนการคือ เมล็ดในและกะลาที่เกิดจากการหีบน้ำมันและกะเทาะไม่ได้มีการนำกลับเอาไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิตอีก จะไม่นำมาพิจารณาในส่วนนี้

$$EC_{CPO} = EC_{fuel} + EC_{electricity} + EC_{steam} - EC_{fiber} \quad (3.5)$$

โดยที่ EC_{CPO} คือ พลังงานที่ใช้ในการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ (เมกะจูล/หน่วยการทำงาน)

EC คือ ค่าการใช้พลังงานในส่วนต่างๆ (เมกะจูล/หน่วยการทำงาน)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยค่าพลังงานของเชื้อเพลิง ไฟฟ้า ไอน้ำ และเปลือก จากการใช้พลังงานปฐมภูมิ แสดงดังตารางภาคผนวกที่ ข2

3.5.4 พลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซล

ในขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลมีการใช้พลังงานจาก 4 ส่วน คือ พลังงานไฟฟ้า พลังงานเชื้อเพลิง พลังงานสารเคมี พลังงานน้ำ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3.6)

$$EC_{PME} = EC_{fuel} + EC_{electricity} + EC_{steam} \qquad (3.6)$$

โดยที่ EC_{PME} คือ พลังงานที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล (เมกะจูล/หน่วยการทำงาน)

EC คือ ค่าการใช้พลังงานในส่วนต่างๆ (เมกะจูล/หน่วยการทำงาน)

โดยค่าพลังงานของไฟฟ้า น้ำ และสารเคมี จากการใช้พลังงานปฐมภูมิ แสดงดังตารางภาคผนวกที่ ข2

3.5.5 พลังงานที่ใช้ตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซล

เมื่อคำนวณพลังงานที่ใช้ในขั้นตอนต่างๆ ตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลแล้ว สามารถคำนวณปริมาณเอ็นเนอร์จีฟุตพริ้นท์ ได้จากพลังงานรวมที่ใช้ตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซล ดังสมการที่ (3.7)

$$EF_{Total} = EC_A + EC_T + EC_{CPO} + EC_{PME} \qquad (3.7)$$

โดยที่ EF_{Total} คือ ปริมาณเอ็นเนอร์จีฟุตพริ้นท์ของการผลิตไบโอดีเซล (เมกะจูล/หน่วยการทำงาน)

3.6 วิธีการดำเนินการวิจัยในการวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน

งานวิจัยนี้ใช้วอเตอร์ฟุตพริ้นท์เป็นค่าในการวิเคราะห์การใช้น้ำและแหล่งที่มาของน้ำตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซล ในหน่วยการทำงานที่ ไบโอดีเซล 1 ลิตร โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์ปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน และการวิเคราะห์ปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตไบโอดีเซล

โดยในการคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการเพาะปลูกปาล์มน้ำมันจะทำการคำนวณตามแนวทางการประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพืช ซึ่งปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ที่ได้จะแยกออกเป็นแต่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ละจังหวัดทั้งหมด 20 จังหวัด (จากพื้นที่ภาคเหนือ 14 จังหวัด และภาคใต้ 6 จังหวัด) แล้วจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์การปลูกปาล์มน้ำมันในเขตพื้นที่ภาคเหนือและภาคใต้ โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ประกอบด้วย กรีน บลู และเกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ หาได้จากการค่าการคายระเหยของน้ำ (Evapotranspiration: ET_c) ตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งกำหนดค่าการคายระเหยน้ำของพืชภายใต้สภาวะที่ไม่ได้มาตรฐานและกำหนดเงื่อนไขของเวลาและรูปแบบการให้น้ำภายใต้สภาวะการใช้น้ำได้อย่างไม่จำกัดหรือไม่มีโอกาสขาดน้ำ (Optimal condition) ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์จะทำการคำนวณตามแนวทางการประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ โดยใช้วิธีการสะสมแบบขั้นตอน ซึ่งรายละเอียดแสดงดังต่อไปนี้

3.6.1 การวิเคราะห์การคายระเหยน้ำของพืช

ในขั้นตอนนี้การหาค่าการคายระเหยน้ำของพืชของแต่ละจังหวัดที่ปลูกปาล์ม เป็นการหาปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้จริงๆ รวมถึงปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากแปลงปลูก ซึ่งเกิดจากปริมาณน้ำที่พืชดูดไปจากดินเพื่อนำไปใช้สร้างเซลล์และเนื้อเยื่อแล้วคายออกทางปากใบสู่บรรยากาศซึ่งเรียกว่า การคายน้ำ (Transpiration) และปริมาณน้ำที่ระเหยจากผิวดินบริเวณรอบ ๆ ต้นพืช จากผิวน้ำในขณะให้น้ำ หรือขณะที่มีน้ำขังอยู่และจากน้ำที่เกาะอยู่ตามใบเนื่องจากฝนหรือการให้น้ำซึ่งเรียกว่า การระเหย (Evaporation) การหาค่าการคายระเหยน้ำของพืช สามารถหาได้จากค่าความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการน้ำของพืชกับประสิทธิภาพฝนใช้การ โดยอาศัยข้อมูลของสภาพภูมิอากาศ ข้อมูลพืช และข้อมูลดิน สำหรับใช้ในการคำนวณ ผลที่ได้คือ ปริมาณการใช้น้ำของพืชตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโต (ET_c) แบ่งเป็นปริมาณการใช้น้ำฝน (ET_{green}) และปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน (ET_{blue}) ตามสมการที่ (2.8) และ (2.9) โดยรายละเอียดในการคำนวณแสดงดังต่อไปนี้

3.6.1.1 การวิเคราะห์ค่าการคายระเหยน้ำของพืช

การวิเคราะห์ค่าความต้องการน้ำของพืช เกิดจากการคำนวณสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) และค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (ET_0) ตลอดช่วงการเจริญเติบโตของพืช โดยค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิงไม่ขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืช ตลอดจนการจัดการในการเพาะปลูก แต่จะขึ้นอยู่กับภูมิอากาศเพียงอย่างเดียว ซึ่งพืชที่เหมาะสมนำมาใช้เป็นพืชอ้างอิงคือ พืชตระกูลหญ้า เนื่องจากเป็นพืชที่มีอายุยืน โดยการคายระเหยน้ำของพืชสามารถใช้การวัดหรือประมาณค่าได้ แต่การวัดมีต้นทุนสูงและยาก โดยทั่วไปจะทำการประมาณค่าการคายระเหยน้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทางอ้อมโดยใช้แบบจำลองที่ใช้ข้อมูลด้านสภาพภูมิอากาศ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2.11) โดยข้อมูลที่ใช้คำนวณสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ

- ข้อมูลสภาพภูมิประเทศหรือทำเลที่ตั้งของสถานที่ที่ทำการคำนวณ ได้แก่ จุดพิกัดเส้นรุ้ง (Latitude) จุดพิกัดเส้นแวง (Longtitude) และค่าความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (altitude above mean sea level: MSL) เป็นต้น

- ข้อมูลภูมิอากาศหรือสถิติอุตุนิยมวิทยา เป็นข้อมูลเฉลี่ยเป็นรายวัน รายสัปดาห์ หรือรายเดือนก็ได้ แล้วแต่ช่วงการทดลองหรือความละเอียด ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ ได้แก่ ข้อมูลอุณหภูมิของอากาศ (°C) ประกอบด้วย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย อุณหภูมิเฉลี่ย ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเฉลี่ย (%) ข้อมูลความเร็วลมที่ระดับความสูง 2.00 เมตร จากพื้นดิน (km/day) และข้อมูลชั่วโมงแสงแดดเฉลี่ย (hr./day)

ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชเป็นความชื้นจริงของพืช ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชนี้จะไม่ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศและการจัดการในการเพาะปลูก แต่จะขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและช่วงอายุการเจริญเติบโตของพืชเท่านั้น โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชสามารถแยกออกได้เป็น 2 แบบ คือ แบบวัดโดยตรง และการคำนวณ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้การคำนวณเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจากค่าสัมประสิทธิ์ฐานการระเหยน้ำของพืชกับค่าการคายน้ำจากผิวดิน ซึ่งเรียกว่า การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชแบบ Dual crop coefficient สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3.8)

$$K_c = K_{cb} + K_e \qquad (3.8)$$

โดยที่ K_c คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

K_{cb} คือ ค่าสัมประสิทธิ์ฐานการคายน้ำของพืช

K_e คือ ค่าสัมประสิทธิ์การระเหยน้ำจากผิวดิน

โดยค่าสัมประสิทธิ์ฐานการระเหยน้ำของพืชจะทำการคำนวณตลอดช่วงการเจริญเติบโตของพืชเป็น 4 ช่วง คือ ช่วงแรกปลูก (Initial stage) ช่วงเจริญเติบโต (Crop developing stage) ช่วงกลาง (Mid-season stage) และช่วงปลาย (Late season stage) ดังตารางภาคผนวกที่ ค4

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การระเหยน้ำจากผิวดินเป็นการบ่งบอกถึงส่วนประกอบของการระเหยน้ำที่เกิดขึ้น สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3.9)

$$K_e = K_r\left(K_{c\max} - K_{cb}\right) \qquad (3.9)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยที่ K_e คือ ค่าสัมประสิทธิ์การคายน้ำจากผิวดิน

K_{cb} คือ ค่าสัมประสิทธิ์ฐานการระเหยน้ำของพืช

$K_{c\ max}$ คือ ค่าสูงสุดของสัมประสิทธิ์ฐานการระเหยน้ำของพืช

K_r คือ ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของการระเหยน้ำขึ้นอยู่กับความลึกสะสมจากน้ำที่สูญเสียจากชั้นดิน

โดยค่าสูงสุดของสัมประสิทธิ์ฐานการระเหยน้ำของพืชเป็นการประมาณค่าการคายระเหยน้ำโดยใช้ข้อมูลด้านสภาพภูมิอากาศของพื้นที่เพาะปลูกนั้นๆ กับลักษณะทางกายภาพของพืช ส่วนค่าการลดลงของสัมประสิทธิ์การระเหยน้ำจากผิวดิน เป็นการประมาณค่าจากปริมาณน้ำในดินที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ อัตราการแทรกซึมน้ำผ่านผิวดิน และปริมาณความชื้นในดิน แสดงดังภาคผนวกที่ ค2

3.6.1.2 ประสิทธิภาพฝนใช้การ

ประสิทธิภาพฝนใช้การ (Effective precipitation, P_{eff}) คือ ปริมาณน้ำฝนส่วนที่พืชยังคงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งปกติปริมาณน้ำฝนทั้งหมดที่ตกลงมาพืชไม่สามารถนำไปใช้ได้หมด เนื่องจากมีการไหลบ่าบนผิวดินหรือการซึมลึกลงไปในดิน โดยในปี 2535 Martin Smith ได้ศึกษาวิธีการประมาณค่าฝนใช้การรายเดือนจากค่าปริมาณฝนรายเดือนที่มีความเชื่อมั่นว่าเป็นไปได้ไว้ในหนังสือ “A Computer Program for Irrigation Planning and Management” ขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ ไว้ 4 วิธี ซึ่งวิธีที่มีความเหมาะสมกับประเทศไทยมากที่สุด คือ วิธี Dependable Rainfall ซึ่งเป็นวิธีการหาค่าฝนใช้การแบบเชิงเส้นที่ดีและเหมาะสมที่สุดสำหรับประเทศในเขตชุ่มชื้น (Sub-humid Climate) โดยประเทศไทยเองตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น มีสภาพอากาศโดยทั่วไปใกล้เคียงกับเขตชุ่มชื้นมาก จึงเหมาะกับวิธีนี้มากที่สุด ซึ่งหาได้จากสมการที่ (3.10) และ (3.11)

$$P_{eff} = 0.6 \times P_{tot} - 10 \qquad \text{สำหรับ } P_{tot}<70 \text{ มม.} \qquad (3.10)$$

$$P_{eff} = 0.8 \times P_{tot} - 24 \qquad \text{สำหรับ } P_{tot}>70 \text{ มม.} \qquad (3.11)$$

โดยที่ P_{eff} คือ ค่าฝนใช้การรายเดือน (มิลลิเมตรต่อเดือน)

P_{tot} คือ ปริมาณฝนรายเดือน (มิลลิเมตรต่อเดือน)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีการนี้ได้กำหนดค่ามาตรฐานของสมการไว้เป็นค่าตัวเลขคงที่ที่ผันแปรกับค่าเฉลี่ยประมาณน้ำฝนทั้งหมด โดยข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 30 ปี ของแต่ละจังหวัด ซึ่งอ้างอิงข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิยา

3.6.1.3 การวิเคราะห์ค่าการคายระเหยน้ำของพืชภายใต้สภาวะจริง

การวิเคราะห์ค่าการคายระเหยน้ำของพืชภายใต้สภาวะจริง หมายถึง การคิดอัตราการคายระเหยน้ำของพืชภายใต้สภาวะเงื่อนไขที่ไม่ได้มาตรฐานซึ่งขึ้นอยู่กับระบบการจัดการแปลงปลูกของพื้นที่นั้นๆ เกิดจากการสูญเสียปริมาณน้ำในดิน ซึ่งมีผลต่อการการระเหยน้ำจากดินและการคายน้ำของพืช โดยมีการนำเอาค่าสัมประสิทธิ์การขาดแคลนน้ำของพืชมาคิดในการคำนวณ แสดงดังสมการที่ (3.12)

$$ET_c = K_s \times K_c \times ET_0 \qquad (3.12)$$

โดยที่ ET คือ การคายระเหยน้ำของพืช (มิลลิเมตรต่อวัน)

K_s คือ สัมประสิทธิ์การขาดแคลนน้ำของพืช

K_c คือ สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

ET_0 คือ ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (มิลลิเมตรต่อวัน)

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การขาดแคลนน้ำของพืชมีค่าน้อยกว่า 1 ในกรณีที่ในดินมีปริมาณน้ำจำกัด และค่าสัมประสิทธิ์การขาดแคลนน้ำของพืชมีค่าเท่ากับ 1 ในกรณีที่ในดินไม่มีการขาดแคลนน้ำ โดยในงานวิจัยนี้ได้กำหนดการคายระเหยน้ำของพืชภายใต้สภาวะที่ไม่ได้มาตรฐานและกำหนดเงื่อนไขของเวลาและรูปแบบการให้น้ำภายใต้การใช้น้ำได้อย่างไม่จำกัดหรือไม่มีโอกาสขาดน้ำ (Optimal condition) ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์การขาดแคลนน้ำของพืชมีค่าเท่ากับ 1

3.6.2 การวิเคราะห์ความต้องการน้ำของพืช

เมื่อได้ค่าการคายระเหยน้ำของพืชตามระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืชนับตั้งแต่วันที่ 1 จนถึงวันที่เก็บเกี่ยวแล้ว ทำการหาค่าการใช้น้ำของพืช (Crop water use) คำนวณได้จากผลรวมของอัตราการคายระเหยน้ำ โดยนำค่าการคายระเหยน้ำของพืชทั้ง ET_{green} และ ET_{blue} ของแต่ละจังหวัดที่ได้ นำมาแทนค่าในสมการที่ (2.8) และ (2.9) เพื่อหาค่าปริมาณน้ำฝนที่พืชใช้ (CWU_{green}) และค่าปริมาณน้ำชลประทานที่พืชต้องการ (CWU_{blue}) แสดงในหน่วยลูกบาศก์เมตรต่อไร่ จากนั้นหารด้วยผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ เพื่อให้ได้ค่ากรีนและบลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของปาล์มน้ำมัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.6.3 การวิเคราะห์เกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพืช

การหาค่าเกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในงานวิจัยนี้ทำการคิดเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจน ส่วนปุ๋ยชนิดอื่น ๆ และสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการเพาะปลูกไม่พิจารณา เพราะความรุนแรงของผลกระทบจากการปนเปื้อนไนเตรท โดยถ้าระบบนิเวศทางน้ำมีปริมาณสารอาหารไนโตรเจนมากเกินความจำเป็นจะเป็นสาเหตุให้สัตว์ที่อยู่ในน้ำตายเป็นจำนวนมาก เนื่องจากปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง และไม่เพียงพอต่อการหายใจของปลาและสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ส่งผลให้ความหลากหลายทางชีวภาพลดลง และยังเป็นการเพิ่มปริมาณสาหร่ายพิษในหนองน้ำอีกด้วย และถ้าพืชไม่ได้นำไปใช้ได้ทั้งหมด ปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ลงไปจะสูญเสียโดยการชะล้างจากกระแสน้ำหรือเปลี่ยนรูปไปเป็นก๊าซไนตรัสออกไซด์ที่ปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศโลก อันเป็นอีกหนึ่งสาเหตุที่ทำให้โลกร้อนขึ้น

สำหรับปริมาณของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้ หาได้ผลรวมของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนตลอดวัฏจักรชีวิตของปาล์มน้ำมัน 25 ปี (ภาคผนวก ค3) ซึ่งแสดงในหน่วยกิโลกรัมต่อไร่ต่อปีคูณกับพื้นที่ปลูก โดยมีการกำหนดค่าสัดส่วนการชะล้างเท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้ ส่วนความเข้มข้นสูงสุดที่ยอมรับได้ (C_{max}) อ้างอิงค่ามาตรฐานคุณภาพในแหล่งน้ำผิวดินของประเทศไทยจากกรมควบคุมมลพิษ มีค่าเท่ากับ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค่ามาตรฐานคุณภาพในแหล่งน้ำผิวดิน: ประเภทที่ 2-4 คือ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ได้) และค่าความเข้มข้นตามธรรมชาติ (C_{nat}) มีค่าเท่ากับ ศูนย์ (ค่ามาตรฐานคุณภาพในแหล่งน้ำผิวดิน: ประเภทที่ 1 คือ แหล่งน้ำที่มีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภท)

3.6.4 การวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพืช

จากนั้นทำการหาค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของปาล์มน้ำมัน ซึ่งหาได้จากผลรวมของกรีนบลู และเกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ดังแสดงในสมการที่ (2.3)

3.6.5 การวิเคราะห์กรีนและบลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่ติดตัววัตถุดิบหรือปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการผลิต ซึ่งเกิดจากการคำนวณค่ากรีนและบลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของปาล์มน้ำมัน และน้ำที่ใช้ทั้งในกระบวนการผลิตสำหรับผลิตไบโอดีเซล 1 ลิตร จากนั้นทำการหาค่ากรีนและบลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ด้วยวิธีการสะสมแบบขั้นตอน ซึ่งหาได้จากสมการที่ (2.13) โดยคิดต่อสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ได้จากปริมาณผลิตภัณฑ์ขาออกหารด้วยปริมาณผลิตภัณฑ์ขา และสัดส่วนของมูลค่าจากอัตราส่วนราคาของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลิตภัณฑ์ขาออกกับผลรวมราคาของทุกผลิตภัณฑ์ขาออก ซึ่งข้อมูลในส่วนเป็นการอ้างอิงจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.6.6 การวิเคราะห์เกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

สำหรับการวิเคราะห์เกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เป็นการคิดจากปริมาณน้ำที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียให้เป็นน้ำดีตามค่ามาตรฐาน โดยทำการคำนวณจากปริมาณมลสารที่มีอยู่ในน้ำ มีค่าเท่ากับ บีโอดีและซีโอดีที่ได้จากการเก็บข้อมูลของโรงงาน สำหรับค่าความเข้มข้นสูงสุดที่ยอมรับได้ (C_{max}) ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์ (ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน: ประเภทที่ 5 คือ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท ไม่สามารถนำมาใช้อุปโภคบริโภคได้ แต่สามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม) ซึ่งกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ของค่าบีโอดี และ 120 มิลลิกรัมต่อลิตรของค่าซีโอดี โดยการคำนวณปริมาณเกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์จะเลือกพิจารณาค่าที่มากที่สุดระหว่างบีโอดีและซีโอดี ดังแสดงในสมการที่ (2.11)

3.6.7 การวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

เมื่อได้ค่าปริมาณกรีน บลู และเกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน ก็ทำการหาค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน 1 ลิตร ซึ่งหาได้จากผลรวมของกรีน บลู และเกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ดังแสดงในสมการที่ (2.13)

3.7 วิธีการดำเนินการวิจัยในการวิเคราะห์เอ็นเนอร์จีฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สำหรับไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันและแนวทางในการจัดการเพื่อลดปริมาณที่เกิดขึ้น

จากผลการดำเนินการศึกษาในการวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานและน้ำของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน จะนำค่าที่ได้มาแปลผลข้อมูลให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ดังนี้

3.7.1 การวิเคราะห์เอ็นเนอร์จีฟุตพริ้นท์ในแต่ละกระบวนการ

โดยนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์เอ็นเนอร์จีฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันมาวิเคราะห์ว่า แต่ละกระบวนการมีการใช้พลังงานเท่าไร และวิเคราะห์พลังงานสุทธิที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน 1 ลิตร รวมถึงความคุ้มค่าทางพลังงานในการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.7.2 การวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในแต่ละกระบวนการ

โดยนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันมาวิเคราะห์หาปริมาณ แหล่งที่มา รวมถึงรูปแบบการใช้น้ำที่เกิดขึ้น

3.7.3 หาแนวทางในการการจัดการเพื่อลดปริมาณพลังงานและน้ำที่เกิดขึ้น

เมื่อทราบถึงปริมาณและที่มาของการใช้พลังงานและน้ำในแต่ละกระบวนการแล้ว ก็จะหาแนวทาง และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงกระบวนการ เพื่อลดปริมาณที่เกิดขึ้นและจัดการอย่างเหมาะสม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved