บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการประเมินวัฏจักรชีวิตและต้น ทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำนี้ มีการศึกษาวิจัยประกอบด้วยสองส่วนหลักคือ ในส่วนของการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากสบู่ดำโดยใช้เทคนิค Life Cycle Assessment: LCA และอีกส่วนหนึ่งคือการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำ Life Cycle Costing: LCC ซึ่งในขั้นตอนของ LCA นั้นจะยึดขั้นตอนตามหลัก ISO 14040 โดยจะแบ่งวัฏจักรชีวิตของไบโอดีเซลสบู่ดำที่ทำการศึกษาออกเป็นสามช่วง คือ (1) กระบวนการทางการเกษตรซึ่งได้แก่ การเตรียมกล้าพันธุ์และการเพาะปลูกต้นสบู่ดำ (2) การผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำ และ(3) การนำไบโอดีเซลสบู่ดำไปใช้กับเครื่องยนต์ ในส่วนของการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากสบู่ดำนั้นจะดำเนินการวิจัยตามแนวทางของ Yoshio และ Marvin (1999) โดยการได้มาของต้นทุนนั้นจะยึดตามวิธีการกำหนดองค์ประกอบต้นทุน (Cost Breakdown Structure: CBS) ซึ่งการศึกษาทั้งสองส่วนจะดำเนินไปพร้อมกันดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการประเมินวัฏจักรชีวิตและต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำ (Goal and scope definition)

3.1.1 กำหนดวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายในการประเมินวัฏจักรชีวิต (Goal definition)

3.1.1.1 เพื่อศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำ และเปรียบเทียบผลกระทบในแต่ละกระบวนการหลักเพื่อหาแนวทางในการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม โดยกระบวนการหลักนั้นประกอบด้วยกระบวนการทางการเกษตรการผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำ และการใช้ไบโอดีเซลสบู่ดำกับเครื่องยนต์ทางการเกษตร

3.1.1.2 เพื่อเปรียบเทียบค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่ได้จากการผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำ 1 ลิตรกับการผลิตดีเซล 0.862 ลิตร (ปริมาตรน้ำมันที่ให้พลังงานเท่ากัน 37.14 MJ)

3.1.1.3 เพื่อหาต้นทุนรวมตลอดวัฏจักรชีวิต ของการผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำ และต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตต่อการผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำ 1 ลิตร

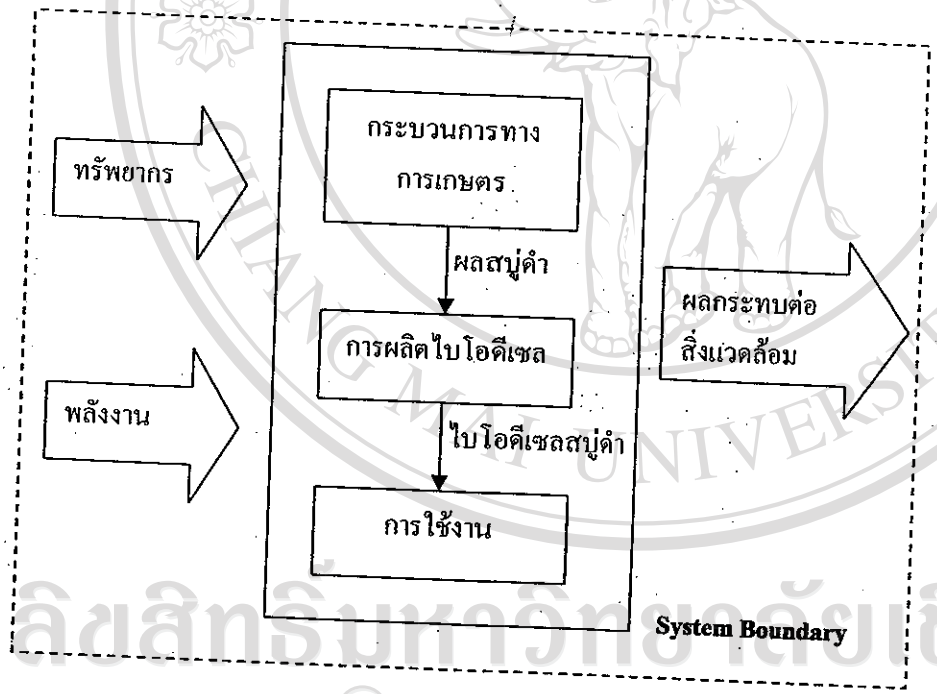
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.2 การกำหนดขอบเขต (Scope definition)

ในการศึกษา LCA ของการผลิตไบโอดีเซลนี้จะใช้วิธีการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยวิธี EDIP โดยมีขอบเขตในการศึกษาดังนี้

3.1.2.1 ขอบเขตของระบบ (System boundary)

การศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำจะทำการศึกษา LCA และ LCC โดยเก็บข้อมูลและทำการประเมินวัฏจักรชีวิตและต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต ของการผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำ โดยแบ่งวัฏจักรชีวิตของสบู่ดำเป็นสามช่วงกระบวนการคือ กระบวนการทางการเกษตร การผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำ และการใช้งาน โดยปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการที่ศึกษา ได้แก่ ชนิดและปริมาณการใช้ทรัพยากร ชนิดและปริมาณการใช้พลังงาน ชนิดและปริมาณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือของเสียที่ออกจากกระบวนการ และการจัดการกับผลกระทบหรือของเสียเหล่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูป 3.1 แสดงขอบเขตของระบบในการศึกษา LCA และ LCC ของการผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การศึกษาและเก็บข้อมูลกระทำที่แหล่งข้อมูลหลักสองแห่ง คือ ศูนย์ส่งเสริมอาชีพการเกษตร จักรกลเกษตรชัยนาท และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน

ในการศึกษา LCA นั้นจะไม่ทำการศึกษาผลกระทบจากอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่จัดเป็นต้นทุนคงที่ เช่น อาคารหรือโรงเรือน เครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการ เป็นต้นเนื่องจาก

ต้องการทราบผลกระทบที่เกิดขึ้นโดยตรงจากการใช้ทรัพยากรหรือพลังงาน ตลอดวัฏจักรชีวิตไบโอดีเซลสบู่ดำเป็นหลัก (Major impact) ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากส่วนที่ไม่นำมาคิดนั้น จัดเป็นผลกระทบรอง (Minor impact) ซึ่งจะทำให้มองเห็นภาพของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น (H. Fredriksson et al, 2005) สำหรับ LCC นั้นจะทำการวิเคราะห์ต้นทุนในทุกส่วนที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำ และกำหนดให้ของเสียทางการเกษตร จัดเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้ ที่นำไปใช้ประโยชน์ในรูปผลิตภัณฑ์อื่นต่อไป จะไม่ทำการวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากส่วนนี้

3.1.2.2 หน่วยการทำงาน (Functional unit)

การวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือ LCA ของไบโอดีเซลสบู่ดำนั้น จะวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นจาก "การผลิตและใช้งานไบโอดีเซลสบู่ดำ 1 ลิตรที่ให้พลังงาน 37.14 MJ" โดยหน่วยผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่ได้จะมีค่าเป็น Point (Pt: Person for target year)

3.2 การทำบัญชีรายการ (Inventory)

ในขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการ จะทำการเก็บข้อมูลพร้อมกัน ทั้งข้อมูลที่จำเป็นในการวิเคราะห์ LCA และข้อมูลที่จำเป็นในการวิเคราะห์ LCC จากแบบฟอร์มการเก็บข้อมูลใน ภาคผนวก จ จะเห็นได้ว่า การเก็บข้อมูล LCA และ LCC สามารถเก็บพร้อมกันได้ โดยข้อมูลของ LCA จะมุ่งประเด็นการเก็บข้อมูลไปที่การใช้ทรัพยากร การใช้พลังงาน ของเสียที่เกิดขึ้นจากระบบ ตลอดจนผลิตภัณฑ์พลอยได้ แต่ในส่วนของ LCC นั้นจะมองถึง ค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนในการใช้ทรัพยากรหรือพลังงานนั้น ๆ และต้นทุนในการจัดการของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการนั่นเอง

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่มีความสำคัญต่อการศึกษาในครั้งนี้ ทั้งข้อมูลที่เก็บได้จริงจากกระบวนการ (Primary data) และข้อมูลที่ได้จากการนำข้อมูลที่มีผู้ศึกษาไว้แล้วมาใช้ (Secondary data) สามารถจัดทำบัญชีรายการตามการจำแนกกระบวนการ ดังนี้

3.2.1 บัญชีรายการในช่วงกระบวนการทางการเกษตร

ในขั้นตอนทางเกษตรกรรมนั้นประกอบด้วยกระบวนการย่อยหลายกระบวนการ จึงทำการเก็บข้อมูลตามกระบวนการย่อยดังแสดงในตาราง 3.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 3.1 บัญชีรายการการเก็บข้อมูลในการศึกษา LCA และ LCC ของการผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำในขั้นตอนทางการเกษตร

กระบวนการหลัก	กระบวนการย่อย	ข้อมูลที่เก็บรวบรวม*
กระบวนการทางการเกษตร	การเตรียมกล้าพันธุ์ — การเตรียมเมล็ดพันธุ์ — การเตรียมวัสดุที่ใช้สำหรับเพาะชำ — การรดน้ำ — การดูแลรักษา — ฯลฯ	ดิน, ทราย, ปุ๋ยคอก น้ำ, พลังงานไฟฟ้า ถุงเพาะชำ ฯลฯ
	การเตรียมดิน — การไถปรับพื้นที่ — การยกร่องแปลงปลูก — การขุดหลุม — การรองก้นหลุม — ฯลฯ	น้ำมันดีเซล ปุ๋ยคอก ฯลฯ
	การเพาะปลูก — การบำรุงรักษา (การรดน้ำ การใส่ปุ๋ย การกำจัดแมลงและวัชพืช) — การเด็ดยอด — การตัดแต่งกิ่ง — การสางใบ — การเก็บเกี่ยว — ฯลฯ	น้ำ/ ปุ๋ยเคมี สารกำจัดวัชพืช พลังงานไฟฟ้า กิ่ง/ ก้าน/ใบ ฯลฯ

* ข้อมูลที่เก็บรวบรวมนั้นจะประกอบไปด้วย ชนิดและปริมาณของวัสดุที่ใช้ ชนิดและปริมาณของเชื้อเพลิงหรือพลังงานที่ใช้ ชนิดและปริมาณของเสียที่ออกจากกระบวนการ สำหรับ LCA และข้อมูลของ ต้นทุนวัสดุที่ใช้ ต้นทุนเชื้อเพลิงหรือพลังงานที่ใช้ และต้นทุนในการจัดการของเสียที่กิดขึ้นในกระบวนการ สำหรับ LCC

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.2 บัญชีรายการในช่วงการผลิตไบดีเซลสบู่ดำ

ตาราง 3.2 บัญชีรายการการเก็บข้อมูลในการศึกษา LCA ของการผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำในขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำ

กระบวนการหลัก	กระบวนการย่อย	ข้อมูลที่เก็บรวบรวม*
กระบวนการผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำ	การหีบน้ำมัน — การกะเทาะเปลือก — การอบเมล็ด — การหีบน้ำมันสบู่ดำ — การกรองน้ำมันสบู่ดำ	พลังงานไฟฟ้า ถ่าน/ตะกอน ฯลฯ
	การผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำ — การให้ความร้อนวัตถุดิบ — การทำปฏิกิริยา Tran-Esterification — การตกตะกอนและแยกกลีเซอรีนออกจากไบโอดีเซล — การล้างทำความสะอาด — การไล่น้ำออกจากไบโอดีเซล	พลังงานไฟฟ้า โซเดียมไฮดรอกไซด์ เมททานอล น้ำ/กลีเซอรีน ฯลฯ

* ข้อมูลที่เก็บรวบรวมนั้นจะประกอบไปด้วย ชนิดและปริมาณของวัสดุที่ใช้ ชนิดและปริมาณของเชื้อเพลิงหรือพลังงานที่ใช้ ชนิดและปริมาณของเสียที่ออกจากกระบวนการ สำหรับ LCA และข้อมูลของ ต้นทุนวัสดุที่ใช้ ต้นทุนเชื้อเพลิงหรือพลังงานที่ใช้ และต้นทุนในการจัดการของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการ สำหรับ LCC

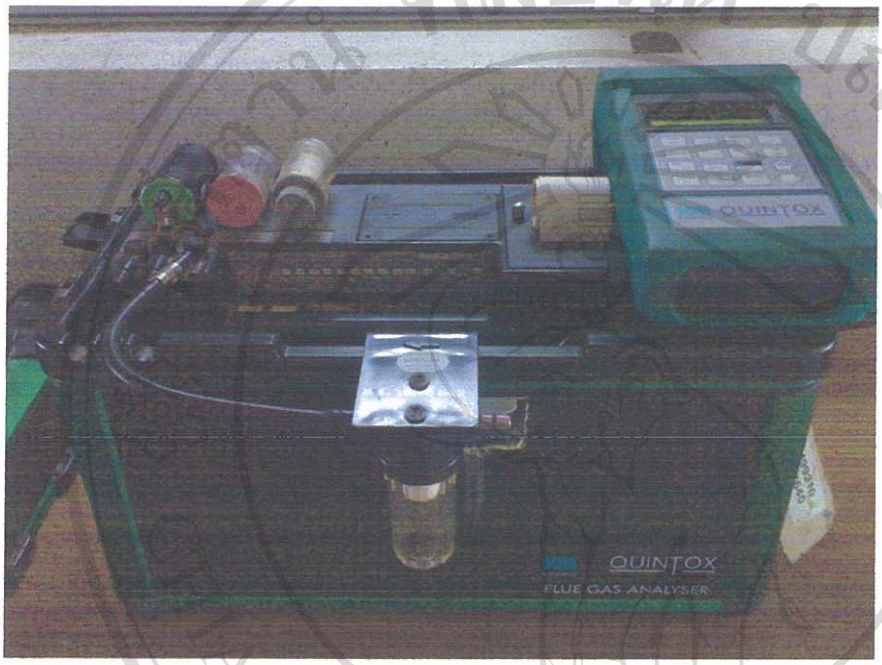
จากตารางบัญชีรายการที่ 3.1 และ 3.2 สามารถจัดประเภทข้อมูลที่ต้องการในขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการในทุกๆ กระบวนการย่อยได้เป็น 3 กลุ่มสำหรับ LCA ดังนี้

1. ชนิดและปริมาณของวัสดุที่ใช้ในกระบวนการ
2. ชนิดและปริมาณของเชื้อเพลิงหรือพลังงานที่ใช้ในกระบวนการ
3. ปริมาณผลกระทบหรือชนิดและปริมาณของเสียที่ออกจากกระบวนการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.3 บัญชีรายการในช่วงการใช้งาน

การวัดมลพิษจากการใช้ไบโอดีเซลสบู่ดำกับเครื่องยนต์ นั้นสามารถทำได้โดยใช้เครื่องวัดไอเสียลักษณะแสดงในรูปที่ 3.2 แต่เครื่องมือที่มีอยู่ อยู่ในสภาพที่ไม่สามารถใช้การได้ จึงต้องอาศัยการได้มาของข้อมูลดังนี้



รูป 3.2 Combustion analyzer

คำนวณโดยอาศัยสมการ จากการทดลองของ FJ-BLT Wieselburg, 2006 และ Joshua Tickell (2000) โดยรายละเอียดวิธีการทดลองแสดงในภาคผนวก ก และจากผลการทดลองสามารถคำนวณปริมาณมลพิษ 3 ชนิด ที่เกิดจากการเผาไหม้ไบโอดีเซลสบู่ดำในเครื่องยนต์ได้จากสมการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

CO Emission: CO [g/kWh]	=	0.0044 X + 2.2084	(3.1)
HC Emission: HC [g/kWh]	=	-0.0006X + 0.7093	(3.2)
NOx Emission: NOx[g/kWh]	=	0.0217X + 10.066	(3.3)

เมื่อ X คือ ค่า Iodine value [g Iodine/100g] ของไบโอดีเซลสบู่ดำ

(Iodine value คือ ค่าที่บอกถึงปริมาณกรดไขมันในสารละลาย)

คำนวณมลพิษจากองค์ประกอบของไบโอดีเซลสบู่ดำ สามารถคำนวณปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นนอกเหนือจากค่ามลพิษของ CO, HC และ NOx ที่คำนวณในข้อที่ 1 จากการทราบค่าองค์ประกอบทางเคมีของไบโอดีเซลสบู่ดำ

3.3 ขั้นตอนการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของไบโอดีเซลจากสบู่ดำ

3.3.1 การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต

เมื่อได้ข้อมูลจากการจัดทำบัญชีรายการแล้ว ก็จะนำข้อมูลที่ได้มาทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยเทคนิค LCA ด้วยวิธี EDIP โดยได้แบ่งประเภทผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมออกเป็น 15 ประเภท ได้แก่ (1) Global Warming: GW (2) Ozone Depletion: OD (3) Acidification: Ac (4) Eutrophication: Eu (5) Photochemical Smog: PS (6) Ecotoxicity to Water Chronic: EWC (7) Ecotoxicity to Water Acute: EWA (8) Ecotoxicity to Soil Chronic: ESC (9) Human Toxicity to Air: HTA (10) Human Toxicity to Water: HTW (11) Human Toxicity to Soil: HTS (12) Bulk Waste: BW (13) Hazardous Waste: HW (14) Radioactive Waste: RW (15) Slag/Ashes: S/A โดยผลกระทบทุกประเภทจะพิจารณาในด้านของปริมาณและความรุนแรงของค่าของผลกระทบที่มีหน่วยเป็น Point (Pt)

ในการประเมินผลกระทบนี้ นอกจากจะใช้ข้อมูลที่ได้จากการจัดทำบัญชีรายการแล้วยังอาศัยข้อมูลอีกส่วนหนึ่งจากฐานข้อมูลของโปรแกรม SimaPro 7.0 โดยเฉพาะผลกระทบทางอ้อมที่เกิดขึ้นจากการผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำด้วย เนื่องจากผลกระทบที่เกิดขึ้นทั้งหมดตลอดช่วงชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำนั้นบางข้อมูลไม่สามารถเก็บข้อมูลโดยตรงได้ เนื่องจากต้องอาศัยวิธีการและเครื่องมือที่ซับซ้อน และในประเทศไทยยังไม่มีการจัดการฐานข้อมูล LCA ที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนในการประเมินผลกระทบนั้นยึดตามขั้นตอนดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 สมการที่ 2.1 ถึง 2.3 โดยค่าของตัวแปรต่าง ๆ ยึดตามวิธีการ EDIP ทั้งหมด เนื่องจากฐานข้อมูลของประเทศไทยนั้นมีคนศึกษาน้อย และยังไม่มีการเก็บรวบรวมอย่างเป็นระบบ

3.3.2 การประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Costing: LCC)

และสำหรับ LCC ข้อมูลที่เก็บรวบรวมนั้นประกอบด้วย ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งหมดในแต่ละกระบวนการย่อย โดยต้นทุนรวมตลอดวัฏจักรชีวิต เกิดจากการรวมต้นทุนย่อยที่เกิดขึ้นตามหมวดหมู่ (Cost categories) เป็นดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$LCC = C_C + C_O + C_M + C_F + C_R - S + E \quad (3.4)$$

เมื่อ C_C = ต้นทุนคงที่ (บาท)

C_O = ต้นทุนในการดำเนินการ (บาท)

C_M = ต้นทุนในการซ่อมบำรุง (บาท)

C_F = ต้นทุนเชื้อเพลิงหรือพลังงาน (บาท)

C_R = ต้นทุนในการแทนที่และทำลายทิ้ง (บาท)

S = มูลค่าซาก (บาท)

E = ต้นทุนสิ่งแวดล้อม (บาท)

และค่า C ใด ๆ เป็นมูลค่าปัจจุบัน (P: Present Worth) ของต้นทุน C ใด ๆ ที่เกิดขึ้น และหาต้นทุนต่อหนวยการผลิตได้จาก

ต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตต่อการผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำ 1 ลิตร

$$= \frac{\textit{ต้นทุนรวมตลอดวัฏจักรชีวิต (บาท)}}{\textit{ปริมาณไบโอดีเซลสบู่ดำที่ผลิตรวมตลอดวัฏจักรชีวิต (ลิตร)}} \quad (3.5)$$

3.4 แนวทางการแปลผลและการวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากที่คำนวณค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยวิธี EDIP แล้วจะนำค่าที่ได้มาแปลผลข้อมูลให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ดังนี้

3.4.1 เปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการ โดยนำผลที่ได้จากการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำในกระบวนการหลักมาเปรียบเทียบกัน ได้แก่ ช่วงกระบวนการทางการเกษตร การผลิตไบโอดีเซล สบู่ดำ และการใช้งานกับเครื่องยนต์ โดยวิเคราะห์ว่ากระบวนการใดมีผลกระทบมากน้อยกว่ากันเท่าใด และผลกระทบที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากสาเหตุใดเป็นหลัก

3.4.2 เปรียบเทียบค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่ได้กับผลิตภัณฑ์ทดแทน นำค่าผลกระทบที่ได้จากการผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำ 1 ลิตร มาเปรียบเทียบกับการผลิตดีเซล 0.862 ลิตร เพื่อให้ทราบว่าเมื่อนำไบโอดีเซลสบู่ดำมาใช้แทนดีเซลแล้ว จะทำให้ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมลดลงหรือไม่ ที่การให้งานเท่ากัน (ไบโอดีเซลสบู่ดำ 1 ลิตร ให้พลังงานเทียบเท่ากับการใช้ดีเซล 0.862 ลิตร ที่ 37.14 MJ) เพื่อประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้พลังงานทดแทนต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.4.3 หาต้นทุนสิ่งแวดล้อม ในการหาต้นทุนสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้ได้คิดต้นทุนสิ่งแวดล้อมเฉพาะมลพิษทางตรงที่เกิดขึ้นจากการผลิตและการใช้ไบโอดีเซลสบู่ดำเท่านั้น ไม่รวมมลพิษทางอ้อม เช่น มลพิษจากการผลิตปุ๋ยที่ใช้ในการเกษตร หรือมลพิษจากการผลิตไฟฟ้า เป็นต้น โดยมลพิษทางตรงที่จะนำมาคิดต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมนั้น จะพิจารณาเฉพาะส่วนที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในปริมาณมาก ตามผลการคำนวณปริมาณผลกระทบที่ได้จากวิธี EDIP/UMIP 97 โดยจะวิเคราะห์ถึงต้นทุนต่อการผลิต 1 ลิตร ว่าต้นทุนเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรหากผู้ใช้ไบโอดีเซลสบู่ดำต้องจ่ายต้นทุนด้านสิ่งแวดล้อมด้วย

3.4.4 หาแนวทางในการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม เมื่อทราบว่าในแต่ละกระบวนการเกิดผลกระทบเท่าใดและจากสาเหตุใดแล้ว ก็จะหาแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดผลกระทบที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการนั้น ๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved