

บทที่ 4

ผลการศึกษาวิจัย

ในบทที่ 4 นี้ เป็นการแสดงผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์ม น้ำมัน โดยจะแสดงผลในส่วนของการวิเคราะห์บัญชีรายการตลอดวัฏจักรชีวิต ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ในส่วนของรายละเอียดการคำนวณได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก และ ข

4.1 การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life Cycle Inventory Analysis)

การจัดทำบัญชีรายการ ทำให้ทราบถึงข้อมูลในแต่ละกระบวนการตลอดวัฏจักรชีวิตของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน โดยแสดงให้เห็นถึงปัจจัยที่เข้าสู่กระบวนการ ซึ่งจะแสดงทั้งชนิดและปริมาณของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ทั้งในส่วนที่เป็นทรัพยากรและพลังงาน รวมถึงปริมาณหรือชนิดของสิ่งที่ออกจากกระบวนการ ไม่ว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์พลอยได้ หรือของเสีย ข้อมูลที่จัดทำบัญชีรายการบางส่วนได้จากการเก็บข้อมูลจริง บางส่วนได้มาจากการอ้างอิงข้อมูลที่มีผู้ศึกษาทดลองไว้แล้ว เนื่องมาจากการได้มาของข้อมูลบางข้อมูลไม่สามารถวัดได้โดยใช้เครื่องมือหรือวิธีการทั่วไป ต้องอาศัยวิธีการและเครื่องมือที่ซับซ้อน ซึ่งทำให้ใช้เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์เป็นระยะเวลานาน การอ้างอิงข้อมูลจากแหล่งข้อมูลอื่นนั้นสามารถแก้ปัญหาในส่วนนี้ได้

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 การศึกษาวิจัยนี้ได้แบ่งการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันออกเป็น 3 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการทางการเกษตร กระบวนการผลิต และการนำไปใช้งาน เมื่อจัดทำรายการตลอดวัฏจักรชีวิตแล้ว จากนั้นนำข้อมูลที่ได้นำไปทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น โดยได้เทียบเคียงผลการศึกษาที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SimaPro 7.1 และวิเคราะห์ผลความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งผลการศึกษาในแต่ละกระบวนการมีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 บัญชีรายการในกระบวนการทางการเกษตร

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลในพื้นที่ศึกษา อ.อ่าวลึก จ.กระบี่ ซึ่งมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน 5,829 ไร่ พบว่าพื้นที่ 1 ไร่ จะปลูกปาล์มน้ำมัน 22 ต้น สามารถให้ผลผลิต 2,900 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ซึ่งเพียงพอสำหรับการผลิตไบโอดีเซล 1 ปี

สำหรับกระบวนการทางการเกษตรนั้นจะแบ่งเป็น 2 ช่วงกระบวนการย่อย คือ ช่วงการอนุบาลต้นกล้า และช่วงการเพาะปลูก ซึ่งในแต่ละช่วงกระบวนการย่อยประกอบด้วยรายละเอียด ดังต่อไปนี้

(ก) การอนุบาลต้นกล้า

การอนุบาลต้นกล้าปาล์มน้ำมันก่อนลงแปลงปลูกนั้น แสดงรายละเอียดบัญชีรายการสารเข้า-ออก ดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 บัญชีรายการสารเข้า-ออก ในขั้นตอนการอนุบาลต้นกล้า

ขั้นตอนการเตรียมกล้าพันธุ์และการเตรียมดิน		
Input	เครื่องจักร/เครื่องมือ	เครื่องสูบน้ำ ช้อนปลูก จอบ เมล็ดปาล์ม
	วัสดุที่ใช้	น้ำมัน ถูเพาะชำ ดิน น้ำ สารเคมี
	พลังงานที่ใช้	พลังงานไฟฟ้า น้ำมันดีเซล
Output	มลพิษ/ของเสียที่เกิด	มลพิษจากการใช้ไฟฟ้า
	ผลิตภัณฑ์ที่ได้	ต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

ในการศึกษาวิจัยนี้เกษตรกรใช้เวลาในการอนุบาลต้นกล้า 12-14 เดือน เริ่มต้นกระบวนการด้วยการบรรจุดินลงถุงขนาด 15×18 นิ้ว ที่เจาะรูระบายน้ำไว้ด้านล่าง และด้านข้างของถุง ทำการฝังเมล็ดพันธุ์ลงปลูกในถุงที่เตรียมไว้ หลังจากนั้นนำถุงพลาสติกที่ฝังเมล็ดพันธุ์เรียบร้อยแล้วไปวางไว้ในพื้นที่ที่จัดเตรียมไว้ โดยวางถุงกล้าพันธุ์ตามความกว้างของแปลงเพาะ ในพื้นที่ 1 ไร่ สามารถวางกล้าพันธุ์ได้ 3,000 ต้น ในส่วนของการให้น้ำ ระยะนี้มีความสำคัญมาก เนื่องจากต้นกล้าปาล์มยังเล็กจะต้องการความชื้นอย่างต่อเนื่องเพื่อการเจริญเติบโต ถ้าขาดน้ำทำให้การเจริญเติบโตช้า มีรูปร่างผิดปกติ ปกติต้องให้น้ำอย่างน้อยวันละ 2 ครั้ง เข้า-เย็น ปริมาณน้ำ 3.0 – 3.5 ลิตร/ต้น/วัน

การดูแลรักษาต้นกล้าปาล์มน้ำมันนั้น ใช้คนงานในการกำจัดวัชพืชและแมลงศัตรูปาล์มน้ำมัน ในแปลงอนุบาลที่มีการระบาดไม่มากนัก แต่หากในแปลงอนุบาลมีการระบาด

ของวัชพืชหรือศัตรูพาล์มน้ำมันมากจะใช้สารเคมีในการกำจัด โดยความถี่ในการใช้สารเคมีจะอยู่ที่ 15 วัน/ครั้ง สารเคมีที่ใช้แสดงรายละเอียดดังตาราง 4.2

ตาราง 4.2 แสดงปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดวัชพืชและกำจัดแมลงแปลงปลูกพาล์มน้ำมัน

สารกำจัดวัชพืช	ชื่อทางการค้า	ปริมาณที่ใช้
ไกลโฟเสท (Glyphosate isopropyl - ammonium)	ราวค็อพ (Roundup) ความเข้มข้น 48% W/V AS	100-150 ml ต่อน้ำ 20 l
พาราควอต (Paraquat dichloride)	กรัมม็อกโซน (Gramoxone) ความเข้มข้น 27.6% W/V SL	80-120 ml ต่อน้ำ 20 l
ศัตรูพาล์มน้ำมัน	สารเคมี	ปริมาณที่ใช้
หนอนหน้าแมว	คาร์บาริล ไตรคลอร์ฟอน	10-15 g ต่อน้ำ 20 l
ด้วงกุหลาบ	Carbosulfan	40 cc ต่อน้ำ 20 l

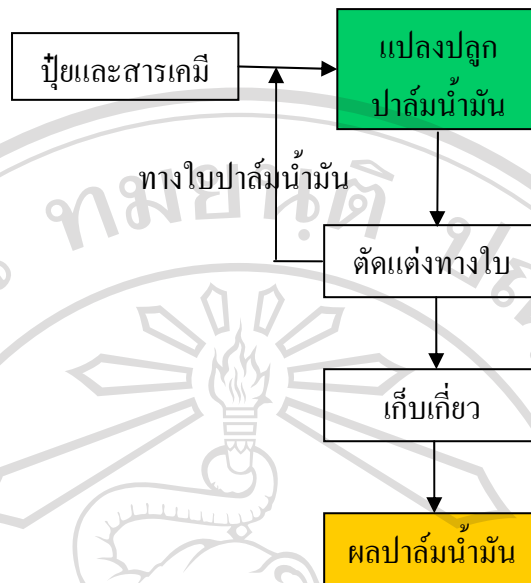
สำหรับการเตรียมดินนั้น ก่อนนำกล้าพาล์มที่สมบูรณ์ลงแปลงปลูกนั้น จะต้องมีการเตรียมพื้นที่ โดยการปลูกพาล์มน้ำมันควรปลูกในช่วงฤดูฝน ไม่ควรปลูกช่วงปลายฤดูฝน ต่อเนื่องฤดูแล้ง ข้อควรระวังหลังจากปลูกไม่ควรเกิน 10 วัน จะต้องมิฝนตก โดยเตรียมพื้นที่หลุมปลูกขนาด 45×45×35 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างต้น 9×9×9 เมตร

(ข) การเพาะปลูกพาล์มน้ำมัน

เมื่อได้ต้นกล้าที่พร้อมสำหรับนำไปปลูก และมีการเตรียมพื้นที่แปลงปลูกแล้วก็นำต้นกล้าพาล์มน้ำมันที่ได้ลงดิน โดยใช้แรงงานคนในการปลูก รายละเอียดบัญชีรายการสารเข้า-ออกในกระบวนการเพาะปลูก ดังตาราง 4.3

ตาราง 4.3 บัญชีรายการสารเข้า-ออก ในขั้นตอนการปลูกพาล์มน้ำมัน

ขั้นตอนการปลูกพาล์มน้ำมัน		
Input	เครื่องจักร/เครื่องมือ	เครื่องสูบน้ำ เครื่องพ่นยา มีดตัดกิ่ง จอบ
	วัสดุที่ใช้	ต้นกล้าพาล์มน้ำมัน ภาชนะบรรจุพาล์มน้ำมัน สารเคมี
	พลังงานที่ใช้	น้ำมันดีเซล
Output	มลพิษ/ของเสียที่เกิด	ถุงเพาะชำ (ขยะ)
	ผลิตภัณฑ์ที่ได้	ทะลายพาล์มน้ำมัน ทางใบพาล์มน้ำมัน



รูป 4.1 ขั้นตอนทางการเกษตรของปาล์มน้ำมัน

จากรูป 4.1 แสดงให้เห็นถึงกระบวนการที่เกี่ยวข้องในการจัดการสวนปาล์มน้ำมัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ข.1 ปุ๋ยและสารเคมี หลังจากนำกล้าปาล์มน้ำมันลงแปลงปลูกแล้ว จะต้องมีการดูแลรักษากำจัดวัชพืชและศัตรูปาล์มน้ำมันอย่างสม่ำเสมอ ในส่วนของการใส่ปุ๋ยเกษตรกรจะต้องทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดินทุกปี และจะใส่ปุ๋ยตามผลการวิเคราะห์ดิน กล่าวคือ หากผลการวิเคราะห์ดินในสวนปาล์มไม่พบธาตุอาหารใดที่ต้นปาล์มน้ำมันต้องการก็จะใส่ปุ๋ยประเภทนั้นเพิ่มเติม ดังนั้นโอกาสที่จะเกิดสารตกค้างจากการใช้ปุ๋ยในสวนปาล์มน้ำมันจึงมีน้อยมากหรือแทบไม่มีเลย

ข.2 การตัดแต่งทางใบ การตัดแต่งทางใบปาล์มน้ำมันมีวัตถุประสงค์เพื่อความสะดวกในการปฏิบัติงาน เช่น การกำจัดวัชพืช การให้ปุ๋ย การเก็บเกี่ยว เป็นต้น ปาล์มขนาดเล็กที่ยังไม่ให้ผลผลิตควรตัดทางใบล่างสุดโดยรอบออกก่อน เพื่อง่ายต่อการกำจัดวัชพืชบริเวณรอบโคนต้น หลังจากนั้นจึงค่อยตัดทางใบที่เหนือขึ้นมา ส่วนปาล์มที่โตแล้วมักนิยมตัดทางใบให้เหลือรองรับทะลายปาล์มเพียง 2 ทาง เพื่อสะดวกในการเก็บเกี่ยว ทางใบที่ถูกตัดจะถูกนำไปวางเรียงกระจายรอบโคนต้น หรือวางเรียงซ้อน 2-3 ชั้น เป็นแถวในระหว่างแถวปาล์มจะเป็นการช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้แก่ดิน และสามารถรักษาความชุ่มชื้นของดินได้อีกทางหนึ่งด้วย

ข.3 การเก็บเกี่ยวผลปาล์มน้ำมัน การเก็บเกี่ยวผลปาล์มสดรวมถึงการรวมผลปาล์มส่งโรงงาน เกษตรกรจะคัดเลือกทะลายปาล์มสุก โดยยึดมาตรฐานจากการดูสีของผล ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นสีส้ม และจำนวนผลสุกที่ร่วงหล่นลงบนดินประมาณ 10 – 12 ผล แสดงว่าผลปาล์มสุก หากปรากฏว่าทะลายปาล์มสุกที่จะตัดมีขนาดใหญ่ ติดแน่นกับลำต้นมากไม่สะดวกกับการใช้เลียมแทงเพราะจะทำให้ผลร่วงมาก จะใช้มีดขอหรือมีด้ามยาวธรรมดาตัดชะงูทะลายก่อน แล้วจึงใช้เลียมแทง จะทำให้ทะลายปาล์มหลุดออกจากคอต้นปาล์มได้ง่ายขึ้น และให้ตัดแต่งขั้วทะลายปาล์มที่ตัดออกมาแล้วให้สั้นที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อสะดวกในการขนส่ง

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลข้างต้น สามารถสรุปบัญชีรายการสารเข้า-ออกรวมสำหรับกระบวนการเพาะปลูก ได้ดังตาราง 4.4

ตาราง 4.4 บัญชีรายการรวมสารเข้า-ออก ในกระบวนการทางการเกษตร

ลำดับ	Input/Output	ปริมาณ/หน่วย	ระยะเวลา
การอนุบาลต้นกล้าปาล์มน้ำมัน			0-14 เดือน
1	ถุงเพาะชำ (polybags) (36 ใบ/kg)	128,238 ใบ 3.56×10^3 kg	
2	ดิน	2.12×10^6 kg	
3	Pesticide Glyphosate	2.08×10 kg 2.08×10 kg	
4	ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 16-16-16 Boron Kieserite	7.72×10 kg 2.82×10^2 kg 1.29×10^2 kg 1.29×10^3 kg	
5	น้ำมันดีเซล	2.41×10^3 l	
6	น้ำ	1.78×10^8 l	
7	พลังงานไฟฟ้า	1.34×10^2 MWh	

ตาราง 4.4 บัญชีรายการรวมสารเข้า-ออก ในกระบวนการทางการเกษตร (ต่อ)

ลำดับ	Input/Output	ปริมาณ/หน่วย	ระยะเวลา
การเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน			1 ปี
1	ปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 16-16-16 0-3-0 KCl Kieserite Boron	4.49×10^5 kg 5.77×10^5 kg 1.92×10^5 kg 4.49×10^5 kg 1.92×10^5 kg 2.57×10^4 kg	
2	Pesticide	1.18×10^3 kg	
3	Glyphosate	2.04×10^3 kg	
4	น้ำมันดีเซล	1.17×10^4 l	
5	น้ำมันดีเซล (ขนส่ง)	4.51×10^3 l	
6	ระยะทางการขนส่ง	13,520 km	
7	ทางใบปาล์มน้ำมัน	2.31×10^7 kg	

4.1.2 บัญชีรายการในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน

การผลิตไบโอดีเซลประกอบด้วยสองขั้นตอนหลัก ได้แก่ การสกัดน้ำมันปาล์มดิบ และการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน โดยมีรายละเอียดบัญชีรายการสารเข้า-ออก ในกระบวนการผลิต ดังตาราง 4.5

ตาราง 4.5 บัญชีรายการสารเข้า-ออก ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน

กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ				
1	ลานเท	Input ₁	เครื่องจักร/เครื่องมือ	ภาชนะบรรจุ (โบกี้)
			วัสดุที่ใช้	ทะลายปาล์มสด
			พลังงานที่ใช้	พลังงานไฟฟ้า
		Output ₁	มลพิษ/ของเสียที่เกิด	มลพิษจากการใช้ไฟฟ้า
2	การนึ่ง	Input ₂	เครื่องจักร/เครื่องมือ	หม้อนึ่ง
			วัสดุที่ใช้	ทะลายปาล์มสด
			พลังงานที่ใช้	ไอน้ำ พลังงานไฟฟ้า
		Output ₂	มลพิษ/ของเสียที่เกิด	มลพิษจากการใช้ไฟฟ้า น้ำเสีย
			ผลิตภัณฑ์ที่ได้	ทะลายปาล์มที่ผ่านการนึ่ง
3	การนวด	Input ₃	เครื่องจักร/เครื่องมือ	เครื่องนวดทะลายปาล์มน้ำมัน
			วัสดุที่ใช้	ทะลายปาล์มที่ผ่านการนึ่งแล้ว
			พลังงานที่ใช้	พลังงานไฟฟ้า
		Output ₃	มลพิษ/ของเสียที่เกิด	น้ำเสีย
				ผลิตภัณฑ์ที่ได้
4	การหีบ	Input ₄	เครื่องจักร/เครื่องมือ	เครื่องหีบปาล์มน้ำมัน
			วัสดุที่ใช้	ผลปาล์มผ่านการนึ่ง
			พลังงานที่ใช้	พลังงานไฟฟ้า
		Output ₄	มลพิษ/ของเสียที่เกิด	มลพิษจากการใช้ไฟฟ้า
				ผลิตภัณฑ์ที่ได้
5	การกรองแยกน้ำมัน	Input ₅	เครื่องจักร/เครื่องมือ	เครื่องกรองแยกน้ำมัน
			วัสดุที่ใช้	น้ำมันปาล์มดิบ
			พลังงานที่ใช้	พลังงานไฟฟ้า
		Output ₅	มลพิษ/ของเสียที่เกิด	มลพิษจากการใช้ไฟฟ้า น้ำเสีย
				ผลิตภัณฑ์ที่ได้

ตาราง 4.5 บัญชีรายการสารเข้า-ออก ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (ต่อ)

กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ				
6	เก็บสำรองน้ำมัน	Input ₆	เครื่องจักร/เครื่องมือ	ถังเก็บสำรองน้ำมัน
			วัสดุที่ใช้	น้ำมันปาล์มดิบ
			พลังงานที่ใช้	ความร้อน
		Output ₆	มลพิษ/ของเสียที่เกิด	มลพิษจากการผลิตความร้อน
7	รวบรวมเมล็ด	Input ₇	เครื่องจักร/เครื่องมือ	เครื่องกะเทาะเมล็ด
			วัสดุที่ใช้	เมล็ดในปาล์มน้ำมัน
			พลังงานที่ใช้	พลังงานไฟฟ้า
		Output ₇	มลพิษ/ของเสียที่เกิด	มลพิษจากการใช้ไฟฟ้า
			ผลิตภัณฑ์ที่ได้	เมล็ดใน กะลา
กระบวนการผลิตไบโอดีเซล				
8	การผลิตไบโอดีเซล	Input ₈	เครื่องจักร/เครื่องมือ	เครื่องผลิตไบโอดีเซล
			วัสดุที่ใช้	น้ำมันปาล์มดิบ เมทานอล โซเดียมไฮดรอกไซด์ น้ำ กรดฟอสฟอริก
			พลังงานที่ใช้	พลังงานไฟฟ้า
		Output ₈	มลพิษ/ของเสียที่เกิด	มลพิษจากการใช้ไฟฟ้า น้ำเสีย
			ผลิตภัณฑ์ที่ได้	ไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน กลีเซอรอล

(ค) การสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ ตั้งอยู่ห่างจากสวนปาล์มน้ำมัน 10 กิโลเมตรขนส่งทะลายปาล์มโดยรถบรรทุก ระยะเวลาหลังจากเก็บเกี่ยวจนถึงการนั่งทะลายปาล์มควรสั้นที่สุด และไม่ควรเกิน 72 ชั่วโมง สำหรับผลปาล์มที่สุกเกินไป หรือทะลายปาล์มสดที่ปล่อยทิ้งไว้นานเกินควร จะทำให้น้ำมันสูญเสียโดยการย่อยสลายของเอนไซม์ที่มีอยู่ในผลปาล์มเกิดเป็นกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid: FFA) น้ำมันปาล์มจากผลปาล์มสดมีกรดไขมันอิสระประมาณร้อยละ 1 หากทิ้งผลปาล์มไว้นานปริมาณกรดไขมันอิสระจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำมันมีปริมาณและคุณภาพต่ำลง

โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ มีกำลังการผลิต 45 ตันทะลายปาล์มสดต่อชั่วโมง หรือประมาณ 1,000 ตันทะลายปาล์มสดต่อวัน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์ม ดังนี้

ค.1 หน่วยลานเท (Fruit Reception and Storage)

ทะลายปาล์มสดจะถูกขนส่งมายังลานเท ซึ่งเป็นพื้นที่โล่งแจ้ง หลังจากนั้นจะถูกลำเลียงลงโบกี้ที่มีความจุ 10 ตันทะลายต่อโบกี้ เพื่อนำไปสู่กระบวนการนึ่งต่อไป

ค.2 หน่วยนึ่งปาล์ม (Sterilization Station)

การนึ่งทะลายปาล์มในแต่ละครั้งจะบรรจุทะลายปาล์มในหม้อนึ่งมาเชื้อที่มีความจุ 50 ตันทะลาย การนึ่งใช้น้ำที่สภาวะต่างๆ ดังนี้

อุณหภูมิ	130 – 135	องศาเซลเซียส
ความดัน	30 - 45	ปอนด์
เวลาที่ใช้	90 – 120	นาที
ไอน้ำที่ใช้	270	กก./ตันทะลายปาล์มสด

การนึ่งทะลายปาล์มมีวัตถุประสงค์เพื่อยับยั้งเอนไซม์ ซึ่งจะหยุดปฏิกิริยาการแตกตัวเป็นกรดไขมันอิสระอันจะเป็นผลให้เกิดการสูญเสียน้ำมัน การนึ่งยังทำให้ข้าวผลปาล์มนิ่ม หลุดร่วงจากทะลายได้ง่าย และทำให้เนื้อปาล์มยุ่ย ทำให้ง่ายต่อการหีบน้ำมัน

ค.3 หน่วยเครื่องนวดปาล์ม (Threshing Station)

ทะลายปาล์มที่ผ่านการนึ่งแล้ว จะถูกลำเลียงเข้าเครื่องแยกผลปาล์มและทะลายออกจากกัน ทะลายปาล์มเปล่าจะถูกลำเลียงออก แล้วนำไปเป็นปุ๋ยสำหรับสวนปาล์มน้ำมัน

ผลิตภัณฑ์และวัสดุเศษเหลือในขั้นตอนนี้ คือ

ทะลายปาล์มเปล่า (Empty Fruit Bunches :EFB)	ร้อยละ 20
น้ำทิ้งจากผลปาล์ม	ร้อยละ 10

ค.4 หน่วยหีบปาล์ม (Pressing Station)

ทำการสกัดน้ำมันปาล์มในส่วนเปลือก โดยใช้เครื่องสกัดแบบเกลียวอัด น้ำมันและของผสมที่มีน้ำมันอยู่จะถูกส่งไปยังหน่วยกรองแยกน้ำมัน ในส่วนของเมล็ดและเส้นใยจะถูกลำเลียงไปยังหน่วยรวบรวมเมล็ดในปาล์ม

ผลิตภัณฑ์และวัสดุเศษเหลือในขั้นตอนนี้ คือ

น้ำมันปาล์มดิบผสมน้ำ	ร้อยละ 43
เส้นใยและเมล็ดใน	ร้อยละ 27

ค.5 หน่วยกรองแยกน้ำมัน (Clarification Station)

การแยกน้ำมันจากของผสมที่มีน้ำมันอยู่ โดยนำไปผ่านตะแกรงส้น เพื่อกรองเส้นใยและชิ้นส่วนเล็กๆที่เป็นของแข็งออกจากของเหลว น้ำมันดิบที่ได้จากการกรองยังมีอนุภาคขนาดเล็กและน้ำผสมอยู่ จะถูกส่งไปยังเครื่องเหวี่ยง (Decanter) น้ำมันที่อยู่ส่วนบน

ของถังจะถูกส่งไปทำให้บริสุทธิ์ ส่วนของผสมส่วนล่างจะถูกรวบรวมไว้ในถัง Sludge และส่งไปแยกน้ำมันโดยเครื่องเหวี่ยง (Separator) ต่อไป

น้ำมันดิบที่ได้จากส่วนบนของถังนำไปทำให้บริสุทธิ์โดยใช้วิธีเหวี่ยงแยก และกำจัดน้ำออกด้วยการระเหยภายใต้สุญญากาศ น้ำมันปาล์มดิบบริสุทธิ์ที่ได้จะถูกส่งไปเก็บไว้ในหน่วยเก็บสำรองน้ำมัน

Sludge จะถูกส่งเข้าเครื่องกำจัดกรวดทราย ซึ่งใช้หลักการไฮโดรไซโคลนในการแยกอนุภาคของแข็งเป็นเม็ดทรายก่อนที่จะแยกน้ำมันออกโดยเครื่องเหวี่ยง

ผลิตภัณฑ์และวัสดุเศษเหลือในขั้นตอนนี้ คือ

น้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil :CPO)	ร้อยละ 17
กาก (Ash)	ร้อยละ 3
น้ำทิ้ง (Wastewater)	ร้อยละ 23

ค.6 หน่วยเก็บสำรองน้ำมัน (Oil Storage Tank Station)

เก็บรักษาน้ำมันปาล์มดิบบริสุทธิ์ เพื่อรอจำหน่าย โรงงานมีถังเก็บความจุ 1,000 ตัน จำนวน 4 ถัง

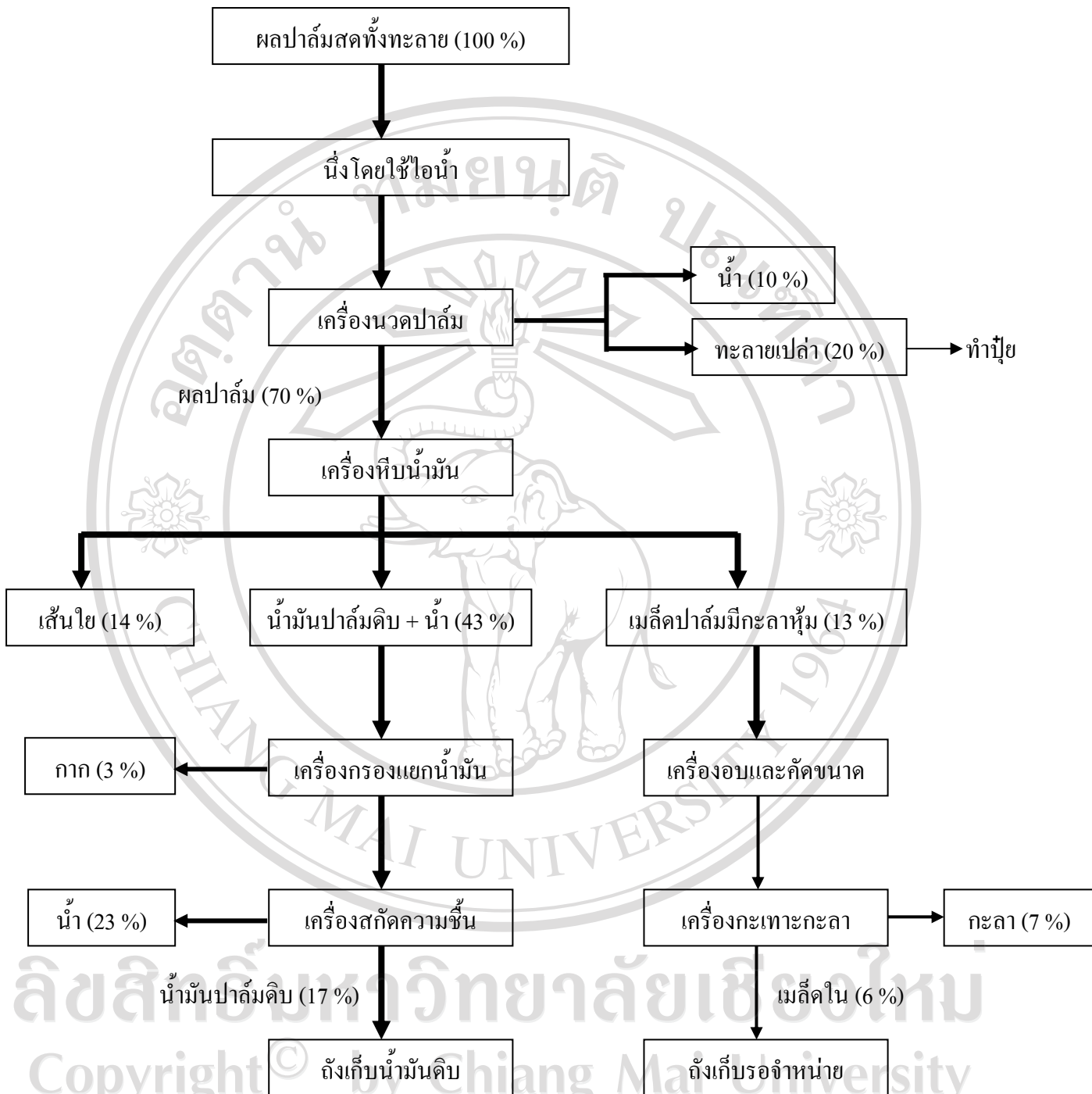
ค.7 หน่วยรวบรวมเมล็ดในปาล์ม (Kernel Recovery Station)

เมล็ดและเส้นใยถูกทำให้แห้งโดยลมร้อนแล้วแยกออกจากกันโดยใช้ไซโคลน เมล็ดปาล์มที่ถูกแยกจะถูกนำไปเข้าเครื่องกะเทาะ เพื่อแยกเมล็ดในและกะลาออกจากกัน เมล็ดในปาล์มจะขายให้กับโรงงานสกัดเมล็ดใน กะลาขายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและโรงงานอื่นๆ เพื่อนำไปเป็นเชื้อเพลิง ส่วนเส้นใยจะนำไปเป็นเชื้อเพลิงให้กับหม้อไอน้ำ

ผลิตภัณฑ์และวัสดุเศษเหลือในขั้นตอนนี้ คือ

กะลา (Shell)	ร้อยละ 7
เมล็ดใน (Kernel)	ร้อยละ 6
เส้นใย (Fiber)	ร้อยละ 14

จากกระบวนการข้างต้นสามารถแสดงกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ และปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้ในแต่ละขั้นตอน ดังรูป 4.2



รูป 4.2 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

จากกระบวนการที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ แสดงปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละกระบวนการ ดังตาราง 4.6 และแสดงบัญชีรายการปริมาณสารเข้า-ออก ดังตาราง 4.7

ตาราง 4.6 ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

	Station	I(A)	V(V)	P(kW)	h	P(kWh)	ร้อยละ
1	Fruit Reception & Storage	15	380	7.90	408	3222.35	0.80
2	Sterilizer Station (50 ton/2 h)	65	380	34.22	677	23169.86	5.74
3	Threshing Station (45 ton/h)	200	380	105.31	376	39594.91	9.81
4	Pressing Station (15 ton/h)	180	380	94.78	789	74777.51	18.53
5	Clarification Station	130	380	68.45	408	27927.05	6.92
6	Storage Tank	13.50	380	7.11	408	2900.12	0.72
7	Kernel Recovery Station (6 ton/h)	395	380	207.98	366	76120.15	18.87
8	Raw Water Treatment Plant	30	380	15.80	408	6444.70	1.60
9	Boiler	240	380	126.37	408	51557.62	12.78
10	Boiler water Treatment	35	380	18.43	408	7518.82	1.86
11	Capacitor Bank	420	380	221.14	408	90225.84	22.36
Total						403458.92	100

ตาราง 4.7 บัญชีรายการปริมาณสารเข้า-ออก ในขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ				
1	ลานเท	Input ₁	เครื่องจักร/เครื่องมือ	ภาชนะบรรจุ (ใบกี้)
			วัสดุที่ใช้	ทะลายปาล์มสด 1.69×10^7 kg
			พลังงานที่ใช้	พลังงานไฟฟ้า 3.22×10^3 kWh
		Output ₁	มลพิษ/ของเสียที่เกิด	มลพิษจากการใช้ไฟฟ้า
2	การนึ่ง	Input ₂	เครื่องจักร/เครื่องมือ	หม้อนึ่ง
			วัสดุที่ใช้	ทะลายปาล์มสด 1.69×10^7 kg
			พลังงานที่ใช้	ไอน้ำ พลังงานไฟฟ้า 2.32×10^4 kWh
		Output ₂	มลพิษ/ของเสียที่เกิด	มลพิษจากการใช้ไฟฟ้า
			ผลิตภัณฑ์ที่ได้	ทะลายปาล์มที่ผ่านการนึ่ง 1.69×10^7 kg

ตาราง 4.7 บัญชีรายการปริมาณสารเข้า-ออก ในขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ (ต่อ)

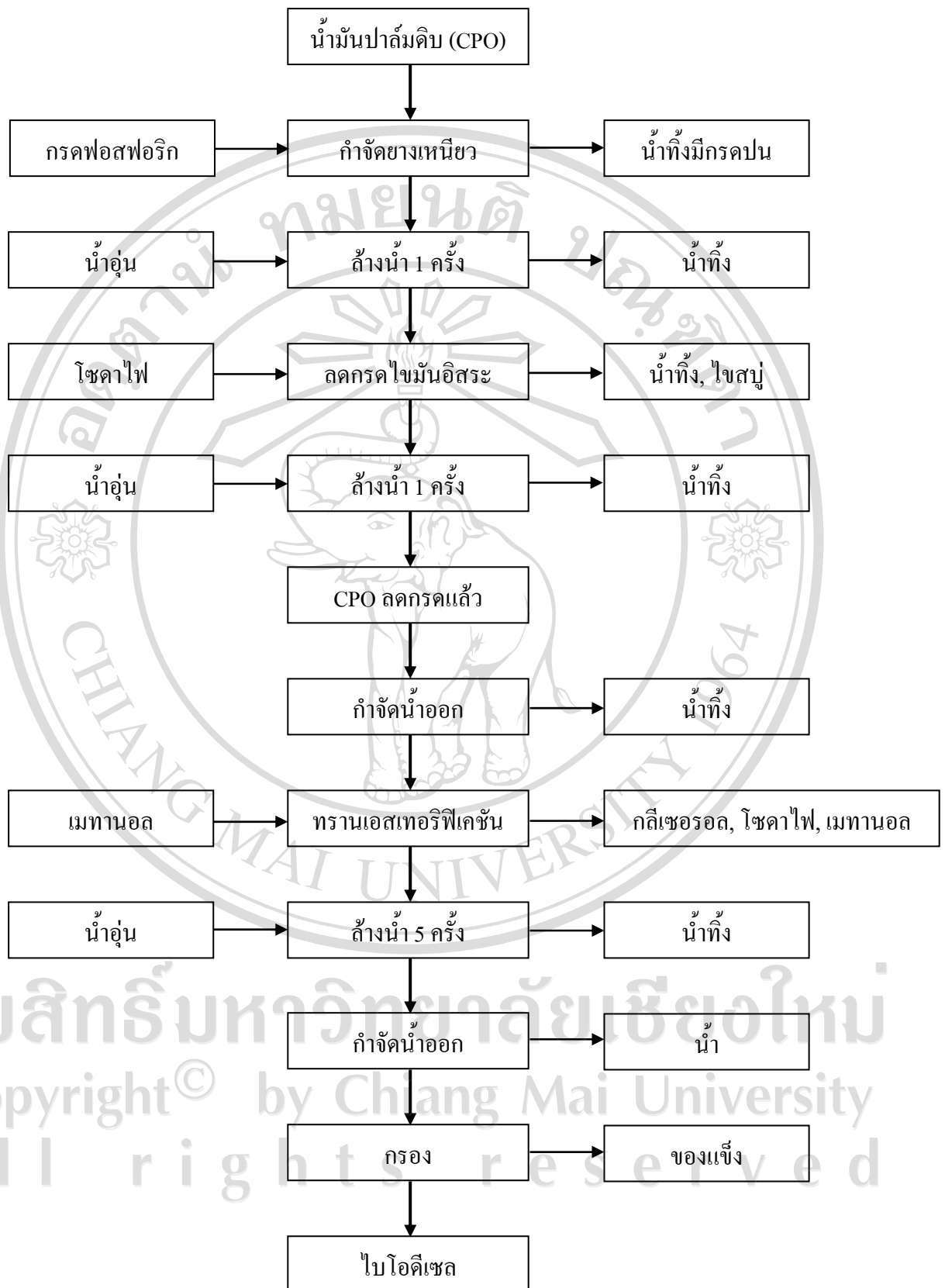
3	การนวด	Input ₃	เครื่องจักร/เครื่องมือ	เครื่องนวดทะลายน้ำมัน
			วัสดุที่ใช้	ทะลายน้ำมันที่ผ่านการนึ่งแล้ว 1.69×10^7 kg
			พลังงานที่ใช้	พลังงานไฟฟ้า 3.96×10^4 kWh
		Output ₃	มลพิษ/ของเสียที่เกิด	น้ำเสีย 1.69×10^6 kg
			ผลิตภัณฑ์ที่ได้	ผลปาล์มน้ำมัน 1.18×10^7 kg ทะลายน้ำมันเปล่า 3.38×10^6 kg
4	การหีบ	Input ₄	เครื่องจักร/เครื่องมือ	เครื่องหีบปาล์มน้ำมัน
			วัสดุที่ใช้	ผลปาล์มผ่านการนึ่ง 1.18×10^7 kg
			พลังงานที่ใช้	พลังงานไฟฟ้า 7.48×10^4 kWh
		Output ₄	มลพิษ/ของเสียที่เกิด	มลพิษจากการใช้ไฟฟ้า
			ผลิตภัณฑ์ที่ได้	น้ำมันปาล์มดิบ 7.27×10^6 kg เมล็ดใน 2.20×10^6 kg เส้นใยปาล์ม 2.37×10^6 kg
5	การกรองแยกน้ำมัน	Input ₅	เครื่องจักร/เครื่องมือ	เครื่องกรองแยกน้ำมัน
			วัสดุที่ใช้	น้ำมันปาล์มดิบ 7.27×10^6 kg
			พลังงานที่ใช้	พลังงานไฟฟ้า 2.79×10^4 kWh
		Output ₅	มลพิษ/ของเสียที่เกิด	มลพิษจากการใช้ไฟฟ้า น้ำเสีย 3.89×10^6 kg
			ผลิตภัณฑ์ที่ได้	น้ำมันปาล์มดิบ 2.87×10^6 kg กาก 5.07×10^5 kg
6	เก็บสำรองน้ำมัน	Input ₆	เครื่องจักร/เครื่องมือ	ถังเก็บสำรองน้ำมัน
			วัสดุที่ใช้	น้ำมันปาล์มดิบ 2.87×10^6 kg
			พลังงานที่ใช้	พลังงานไฟฟ้า 2.90×10^3 kWh
		Output ₆	มลพิษ/ของเสียที่เกิด	มลพิษจากการใช้พลังงานไฟฟ้า

ตาราง 4.7 บัญชีรายการปริมาณสารเข้า-ออก ในขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ (ต่อ)

7	รวมรวม เมล็ด	Input ₇	เครื่องจักร/เครื่องมือ	เครื่องกะเทาะเมล็ด
			วัสดุที่ใช้	เมล็ดในปาล์มน้ำมัน 2.20×10^6 kg
			พลังงานที่ใช้	พลังงานไฟฟ้า 7.61×10^4 kWh
		Output ₇	มลพิษ/ของเสียที่เกิด	มลพิษจากการใช้ไฟฟ้า
			ผลิตภัณฑ์ที่ได้	เมล็ดใน 1.18×10^6 kg กะลา 1.01×10^6 kg
8	หม้อไอน้ำ	Input ₈	เครื่องจักร/เครื่องมือ	หม้อไอน้ำ
			วัสดุที่ใช้	เส้นใยปาล์มน้ำมัน 3.55×10^6 kg น้ำ 6.12×10^3 m ³
			พลังงานที่ใช้	พลังงานไฟฟ้า 1.49×10^5 kWh
		Output ₈	มลพิษ/ของเสียที่เกิด	Particulate 3.31×10^3 kg NO ₂ 5.94×10^3 kg SO ₂ 5.24×10 kg CO 146×10^4 kg
			ผลิตภัณฑ์ที่ได้	พลังงานไฟฟ้า 2.43×10^5 kWh

4.1.2.2 การผลิตไบโอดีเซล

โรงงานมีกำลังการผลิตไบโอดีเซลขนาด 10,000 ลิตรต่อวัน รายละเอียดเครื่องจักรแสดงในภาคผนวก ค ในการศึกษาที่กำหนดให้มีการเดินเครื่องจักรในการผลิต 300 วันต่อปี โดยสามารถผลิตไบโอดีเซลได้ 3,000,000 ลิตร ซึ่งต้องใช้วัตถุดิบ คือ น้ำมันปาล์มดิบ 3,157,896 ลิตรต่อปี ในส่วนของกระบวนการผลิตไบโอดีเซลนั้นประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังแสดงในรูป 4.3 และในกระบวนการผลิตนั้นมีการใช้พลังงานไฟฟ้าและสารเคมี ดังแสดงในตาราง 4.8



รูป 4.3 ขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน

สำหรับการผลิตไบโอดีเซลนั้น ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

(1) การเตรียมน้ำมันก่อนทำปฏิกิริยา

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตจะถูกเตรียมให้เหมาะสมก่อนเข้าทำปฏิกิริยา โดยนำน้ำมันปาล์มดิบมาผ่านกระบวนการแยกยางเหนียว และลดกรดให้มีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำกว่าร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก

(2) การเตรียมสารละลายแอลกอฮอล์

การทำปฏิกิริยาทรานเอสเตอริฟิเคชัน โดยใช้เมทานอลที่มีโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งถูกเลือกใช้เพราะมีราคาถูก โดยเมทานอลต้องไม่มีน้ำเจือปนเกินกว่า 1% การเตรียมสารละลายกระทำโดยการนำโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2.5 - 5 ส่วนละลายในเมทานอล 100 ส่วนโดยน้ำหนัก ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้เตรียมเป็นไปตามปริมาณกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในวัตถุดิบ หากกรดไขมันอิสระมีปริมาณสูงก็ต้องใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในสัดส่วนที่สูงขึ้น

(3) การทำปฏิกิริยา

น้ำมันที่ถูกขจัดน้ำแล้วถูกทำให้มีอุณหภูมิประมาณ 80 °C จากนั้นจึงเติมสารละลายแอลกอฮอล์ลงไปอย่างช้าๆ (เดิมให้หมดภายใน 10 นาที) สัดส่วนน้ำมันต่อสารละลายแอลกอฮอล์โดยน้ำหนักเท่ากับ 5 ต่อ 1 ทำการกวนเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างทั่วถึงเป็นเวลาประมาณ 15 นาที ด้วยอัตราการกวนปานกลาง (500 รอบ/นาที) อุณหภูมิในช่วงนี้ลดลงเหลือประมาณ 65 °C การเกิดปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ได้เมทิลเอสเตอร์และกลีเซอรอล แต่ปฏิกิริยานี้ผันกลับได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหยุดกวนเพื่อแยกผลผลิตตัวใดตัวหนึ่งออก เมื่อหยุดกวนกลีเซอรอลซึ่งมีความหนาแน่นสูงกว่า (ประมาณ 1.26 กรัม/มิลลิลิตร) จะแยกชั้นออกจากชั้นเมทิลเอสเตอร์ โดยแยกตัวตกลงมาที่ก้นถัง ดังนั้นในชั้นเมทิลเอสเตอร์จะเหลือกลีเซอรอลอยู่น้อย ปฏิกิริยาการเกิดเมทิลเอสเตอร์จะสามารถดำเนินต่อไปอย่างช้าๆ เมื่อทิ้งให้เกิดปฏิกิริยาเป็นเวลา 3 - 4 ชั่วโมง น้ำมันก็จะทำปฏิกิริยาไปมากกว่า 95%

(4) การแยกกลีเซอรอล

กลีเซอรอลจะถูกถ่ายออกใส่ภาชนะ โดยการถ่ายออกทางด้านล่างของถังปฏิกรณ์ ในขณะที่ยังร้อนอยู่เพราะหากทิ้งไว้ให้เย็น ชั้นกลีเซอรอลจะกลายเป็นของแข็ง

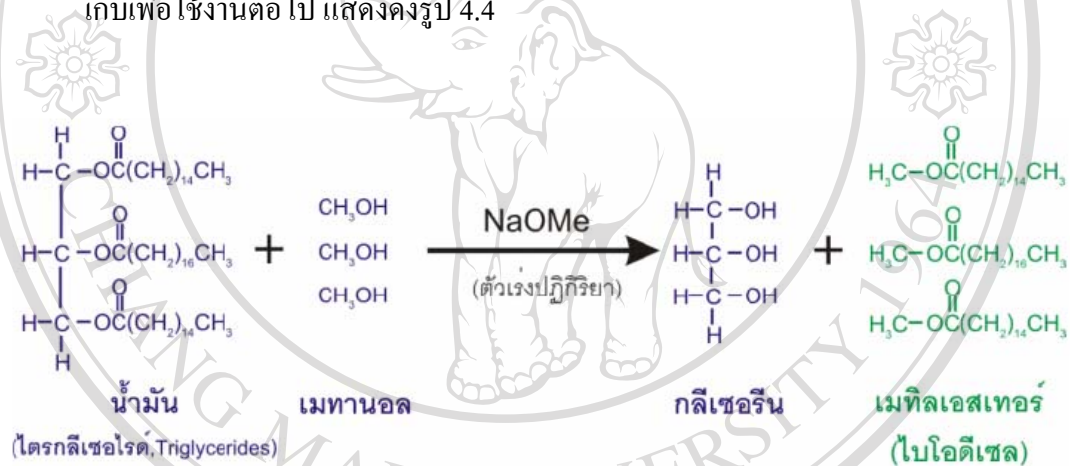
(5) การล้างสิ่งปนเปื้อนออก

เมทิลเอสเตอร์ที่ได้ยังปนเปื้อนด้วยสารอื่นๆ เช่น สบู่ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไฮดรอกไซด์และกรดไขมันอิสระหรือน้ำมัน กลีเซอรอลที่ละลาย

อยู่ในชั้นเมทิลเอสเทอร์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ เมทานอลที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาและน้ำมันที่ทำปฏิกิริยาไม่หมด ดังนั้นจึงต้องทำการขจัดออกด้วยการล้างด้วยน้ำอุ่นหลายๆครั้ง ปริมาณน้ำที่ใช้แต่ละครั้งประมาณ 1 ต่อ 4 ของปริมาณเมทิลเอสเทอร์ เมื่อเติมน้ำเพียงพอ แล้วรอให้น้ำแยกชั้นจากเมทิลเอสเทอร์เป็นเวลาพอสมควร (ประมาณ 5 - 10 นาที) ก็ถ่ายน้ำออกด้านล่าง เติมน้ำอุ่นเพื่อล้างใหม่ การล้างจะกระทำ 4 - 5 ครั้ง และเพิ่มการกวนในการล้างครั้งหลังๆ

(6) การขจัดน้ำออกขั้นสุดท้าย

เมื่อดังสิ่งปนเปื้อนออกหมดแล้ว ขั้นตอนสุดท้าย คือการขจัดน้ำที่หลงเหลือในชั้นเมทิลเอสเทอร์ออก ซึ่งกระทำโดยการให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลาอย่างน้อย 20 นาที หรือการกรองด้วย salt filter และทิ้งไว้ให้เย็นก็สามารถนำไปเก็บเพื่อใช้งานต่อไป แสดงดังรูป 4.4



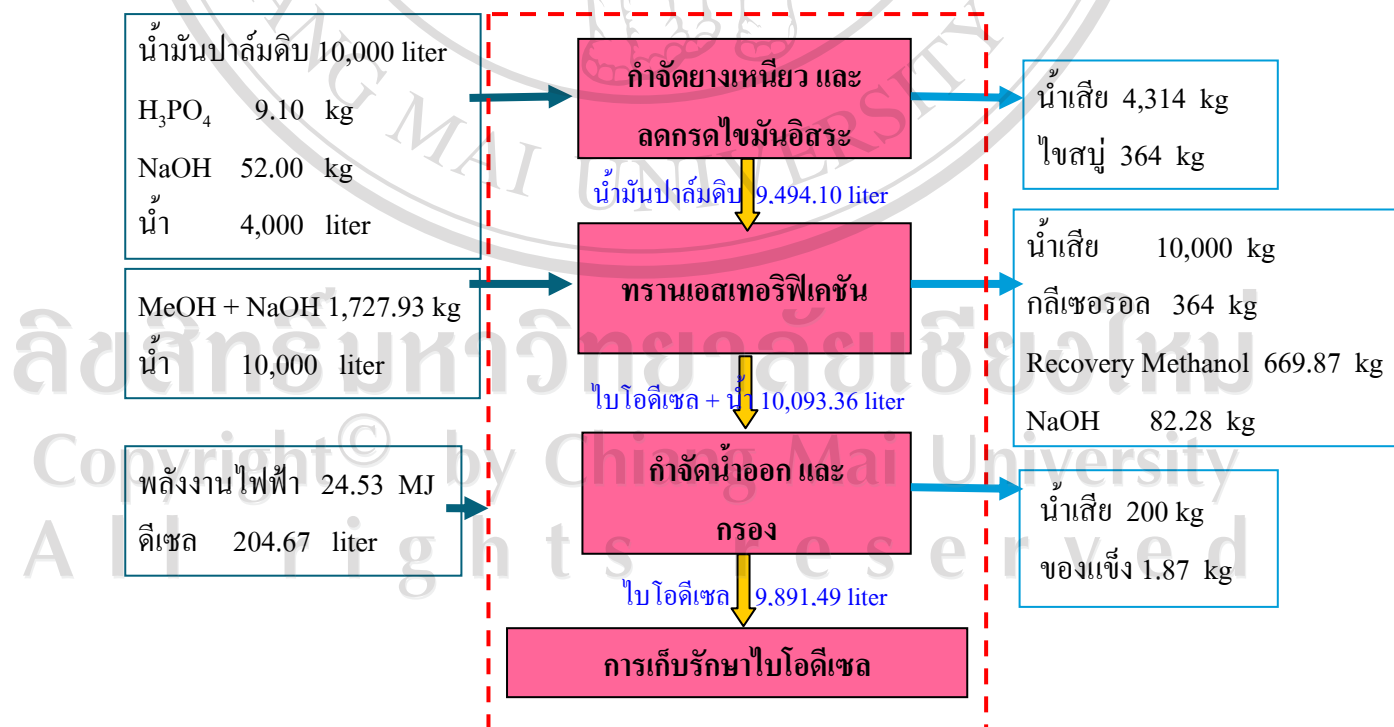
รูป 4.4 ปฏิกิริยาการเกิดเมทิลเอสเทอร์

ตาราง 4.8 บัญชีรายการปริมาณสารเข้า-ออก ในขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน

การผลิต ไบโอดีเซล		เครื่องจักร/เครื่องมือ	ชุดผลิตไบโอดีเซล
		วัสดุที่ใช้	น้ำมันปาล์มดิบ 3.16×10^6 l Methanol 7.81×10^5 kg กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) 2.78×10^4 kg โซดาไฟ (NaOH) 3.26×10^4 kg น้ำ 2.61×10^6 l
	Output	พลังงานที่ใช้	พลังงานไฟฟ้า 7.36×10^3 MJ เชื้อเพลิงดีเซล 6.14×10^4 l
		มลพิษ/ของเสียที่เกิด	น้ำเสีย 2.61×10^6 l
		ผลิตภัณฑ์ที่ได้	Glycerol 9.98×10^5 kg Methanol (Recovery) 1.32×10^5 kg

โดยสามารถแสดงสมดุลมวลในการผลิตไบโอดีเซล 10,000 ลิตร ได้ดัง

รูป 4.5



รูป 4.5 สมดุลมวลกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน

4.1.3 บัญชีรายการในขั้นตอนการนำไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันไปใช้งาน

ดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ในส่วนของการใช้งานไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันนั้น จะอ้างอิงข้อมูลการทดสอบโดยสถาบันวิจัยและเทคโนโลยี บริษัท ปิโตรเลียมประเทศไทย (ปตท.) จำกัด(มหาชน) สำหรับคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของเมทิลเอสเทอร์ปาล์มน้ำมันหรือไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันนั้น แสดงดังตาราง 4.9 และในการทดสอบการใช้งานนั้น ใช้รถยนต์ TOYOTA Hilux Tiger 2.5 ลิตร เกียร์ธรรมดา รุ่นเครื่องยนต์ 2L Mileage 24,249 กม. รุ่นปี 2000 โดยแสดงผลการตรวจวัดไอเสียที่เกิดขึ้นดังตาราง 4.10

ตาราง 4.9 คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดีเซลและไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน

คุณสมบัติ	หน่วย	ดีเซล	ไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน
Specific gravity @ 15.6/15.6 °C	g/cm ³	0.8302	0.8342
Cetane index	-	58.2	57.2
Viscosity @ 40 °C cSt	mm ² /s	3.34	3.725
Sulfur content %wt.	%wt	0.037	0.032
Pour point °C	°C	0	-3
Copper strip corrosion (number)	-	1a	1a
Carbon residue %wt.	%wt	< 0.001	< 0.001
Water and sediment %vol.	% vol	Traces	Traces
Ash %wt.	%wt	0.001	0.001
Flash point °C	°C	69	70
Distillation	°C	-	-
90% recovered °C	°C	352.0	356.2
Colour		0.5	0.5
Lubricity by HFRR		465	204
Gross heating value (J/g)	J/g	45906	45387
TAN (mgKOH/g)	mgKOH/g	-	-
Total insoluble mg/100 ml	mg/100 ml	-	-
Total aromatics g/100 ml	g/100 ml	23.2	22.7

ที่มา : สถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท. (2548)

ตาราง 4.10 ผลการตรวจวัดไอเสียจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (น้ำมันเชื้อเพลิง : ดีเซล-ปาล์ม
(บริสุทธิ์ผสมน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ไม่เกิน 10 % โดยปริมาตร)

Emission	ปริมาณที่วัดได้			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
THC (g/km)	0.681	0.673	0.667	0.674
NOx (g/km)	1.132	1.115	1.118	1.122
CO (g/km)	0.503	0.512	0.518	0.511
PM (mg/km)	0.160	0.154	0.152	0.155

ที่มา : สถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท. (2548)

4.2 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน

จากการจัดทำบัญชีรายการในข้างต้น และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยมีรายละเอียดในแต่ละกระบวนการ ดังนี้

4.2.1 กระบวนการทางการเกษตร

ในการเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน 1 ไร่ โดยให้ผลผลิต 2,900 กิโลกรัมทะลายต่อปี มีช่วงเวลาการเพาะปลูก 25 ปี ซึ่งจะให้ผลผลิตตลอดช่วงชีวิตได้ 72,500 กิโลกรัมทะลายต่อไร่ ผลกระทบที่เกิดจากกระบวนการทางการเกษตรที่เห็นได้ชัดโดยทั่วไป คือ การลดลงของพื้นที่ป่าอันเป็นผลให้เกิดการทำลายระบบนิเวศน์ เกิดการสูญพันธุ์ของสัตว์ป่า เช่น การสูญพันธุ์ของลิงอุรังอุตังในประเทศอินโดนีเซีย ในส่วนของปัญหาที่พบในประเทศไทยก็คือ เกิดการลดลงของป่าพรุ จากการที่ปาล์มน้ำมันต้องการน้ำในปริมาณมาก และการขยายพื้นที่ปลูกปาล์มโดยไม่มีการควบคุมพื้นที่อย่างชัดเจน อาจนำไปสู่ปัญหาการลดลงของน้ำใต้ดิน เกิดความแห้งแล้งและส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ในอนาคต สำหรับปัญหาที่เกิดจากการใช้สารเคมีที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแสดงดังตาราง 4.11 จากการเก็บข้อมูลพบว่าในการปลูกปาล์มน้ำมันนั้นมีการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินทุกปี เพื่อเกษตรกรจะได้เพิ่มธาตุอาหารในดินให้ได้ในปริมาณที่ต้นปาล์มน้ำมันต้องการ ดังนั้นโอกาสที่จะเกิดการตกค้างของสารเคมีในดินและน้ำจึงมีน้อยมาก ดังแสดงผลการวิเคราะห์ดินและน้ำในสวนปาล์มน้ำมัน ในตาราง 4.12 และแสดงผลการวิเคราะห์สารตกค้างของสารเคมีกำจัดแมลงและสารเคมีกำจัดวัชพืชดังตารางที่ 4.13

ตาราง 4.11 ปริมาณมลพิษที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยในสวนปาล์มน้ำมัน

รายการ	ปริมาณ
Fresh Fruit Bunches (FFB) (kg)	2,900
Input	
Nitrogen (kg N)	18.46
Phosphate (kg P ₂ O ₅)	4.28
Pesticides and Herbicides (kg)	0.58
Output	
Emission to soil and water (kg)	
• Nitrogen	1.96
• Phosphates	1.07
• Pesticides/Herbicides	0.12
Emission to air (kg)	
• NO _x	0.20
• SO	0.11
• CO	9.28
• Pesticides/Herbicides	0.03

ตาราง 4.12 ผลการวิเคราะห์ดินและน้ำในพื้นที่สวนปาล์มน้ำมัน

รายการวิเคราะห์	หน่วย	ผลการวิเคราะห์
ดิน		
pH	-	5.58
Arsenic ; As	mg/kg	0.127
Zinc ; Zn	mg/kg	2.108
น้ำ		
Color	HAZEN	10
Odour	-	ไม่พบ
Taste	-	ไม่พบ
pH	-	7.00

ตาราง 4.12 ผลการวิเคราะห์ดินและน้ำในพื้นที่สวนปาล์มน้ำมัน (ต่อ)

รายการวิเคราะห์	หน่วย	ผลการวิเคราะห์
Fe	mg/l	0.04
TDS	mg/l	13
NO ₃ -N	mg/l	0.3
NH ₄ -N	mg/l	ไม่พบ

ที่มา : มูฮัมหมัด (2550)

ตาราง 4.13 ผลการวิเคราะห์สารตกค้างจากสารเคมีกำจัดแมลง และสารเคมีกำจัดวัชพืช

สารเคมี	ปริมาณ		ความรุนแรง	
	ผลการวิเคราะห์	มาตรฐาน	ผลการวิเคราะห์	มาตรฐาน
Paraquat	0.01 µg/g	0.05 – 1.5 µg/g	<5% - ~17%	50% - 83%
Glyphosate	0.02 µg/g	0.05 – 1.0 µg/g	<10% - <15%	68.5% - 101.1%

ที่มา : Malaysian Palm Oil Board (2005)

4.2.2 กระบวนการผลิตไบโอดีเซล

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลนั้น ได้แบ่งเป็นสองกระบวนการย่อย คือ การสกัดน้ำมันปาล์มดิบ และการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งสามารถประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในแต่ละกระบวนการได้ดังนี้

4.2.2.1 การสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

จากการศึกษาพบว่า ผลปาล์มน้ำมันมีปริมาณน้ำมันเฉลี่ย 17 % โรงงานมีกำลังการผลิต 45 ตันทะลายต่อชั่วโมง หรือประมาณ 1,000 ตันทะลายต่อวัน มีกำลังการผลิตใน 1 ปี ถึง 300,000 ตันทะลาย (โรงงานเดินเครื่องผลิต 300 วันต่อปี และทำงาน 24 ชั่วโมง/วัน) โดยสามารถแสดงสมดุลมวลของกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ ได้ดังรูป 4.6

การจัดการน้ำเสีย

เมื่อพิจารณาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ จะเห็นได้ว่าในกระบวนการไม่มีการใช้สารเคมีใดๆ แต่ก็ยังมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากน้ำเสียจากกระบวนการผลิต ซึ่งมีในปริมาณมากและมีส่วนประกอบ

ของสารอินทรีย์ต่างๆ โดยคุณภาพน้ำเสียที่เกิดขึ้นแสดงดังตาราง 4.14 โดยโรงงานมีบ่อบำบัดคอนกรีต จำนวน 9 บ่อ และทำการบำบัดแบบ Ponding System ประกอบด้วย

(1) บ่อดักไขมัน (Oil Trap) : ทำหน้าที่รับน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิต โดยใช้หลักการความแตกต่างของความหนาแน่นระหว่างน้ำมันกับน้ำ จะทำการแยกน้ำมันกับน้ำทิ้งออกจากกันก่อนเข้าสู่บ่อบำบัด

(2) บ่อหมักไร้อากาศ (Anaerobic Pond) : จำนวน 2 บ่อ ทำหน้าที่ลดค่า BOD โดยใช้จุลินทรีย์ประเภทไม่ต้องการออกซิเจนในอัตราส่วน 1:1 กับปริมาณน้ำเสีย

(3) บ่อเติมอากาศ (Aerobic Pond) : เป็นบ่อที่มีการใช้เครื่องเติมอากาศแบบ surface aerator เพื่อให้ออกซิเจนแก่จุลินทรีย์ (Aerobic bacteria) ในการย่อยสลายสารอินทรีย์

(4) บ่อดกตะกอน/บ่อปรับสภาพ (Polishing Pond) : เป็นบ่อที่ทำหน้าที่ลดปริมาณสารแขวนลอย (suspended solid) โดยอาศัยการตกตะกอนตามธรรมชาติ

(5) บ่อฝังตามธรรมชาติ (Oxidation Pond) : จำนวน 4 บ่อ ทำหน้าที่ลดค่า BOD และปริมาณสารแขวนลอย

ตาราง 4.14 ผลการตรวจคุณภาพน้ำทิ้ง

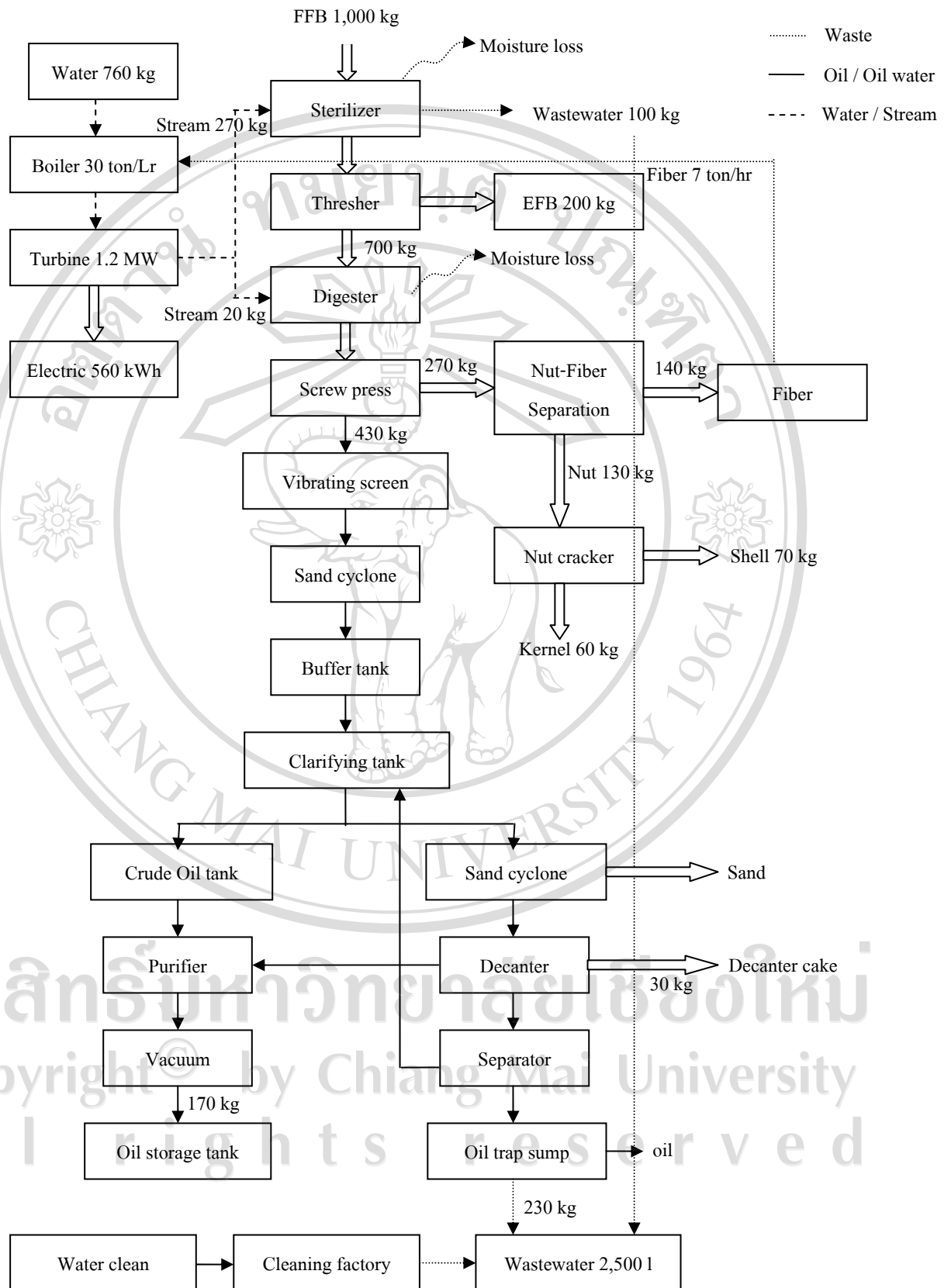
รายการ	หน่วย	วิธีทดสอบ	น้ำเข้า	น้ำออก	*มาตรฐาน
BOD ₅	mg/l	5-Days BOD test, Azide Modification	22,800	13	<100
COD	mg/l	Closed Reflux Titrimetric	64,618	832	<850
SS	mg/l	Dried at 103 -105 °C	12,935	230	<150
TKN	mg/l	Macro-Kjeldahl	-	120	<50
Oil & Crease	mg/l	Partition Gravimetric	-	< 1.0	<25

น้ำเข้าระบบ : สีนํ้าตาลขุ่น

น้ำออกจากระบบ : สีนํ้าตาลขุ่นมีตะกอนเขียว

ที่มา : ชุมชุมสหกรณ์ชาวสวนปาล์มน้ำมันกระบี่ จำกัด (2551)

* มาตรฐาน ข้อกำหนดขั้นต่ำสำหรับน้ำทิ้งที่ออกจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม



รูป 4.6 สมดุลมวลของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

การจัดการผลิตภัณฑ์ร่วมของการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

จากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ จะเห็นได้ว่าในกระบวนการนี้เกิดผลิตภัณฑ์ร่วมที่หลากหลาย ได้แก่ ทะลายปาล์มเปล่า เส้นใยปาล์ม กะลา คาก และเมล็ดใน ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงผลิตภัณฑ์ร่วมที่เกิดจากกระบวนการนั้น อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้หากไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์อื่น สำหรับในอุตสาหกรรมการสกัดปาล์มน้ำมันนี้ ผลิตภัณฑ์ร่วมที่เกิดขึ้นถือว่าไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากมีการนำไปใช้ประโยชน์ได้หมด โดยรูปแบบการนำไปใช้ประโยชน์ แสดงดังรูป 4.7

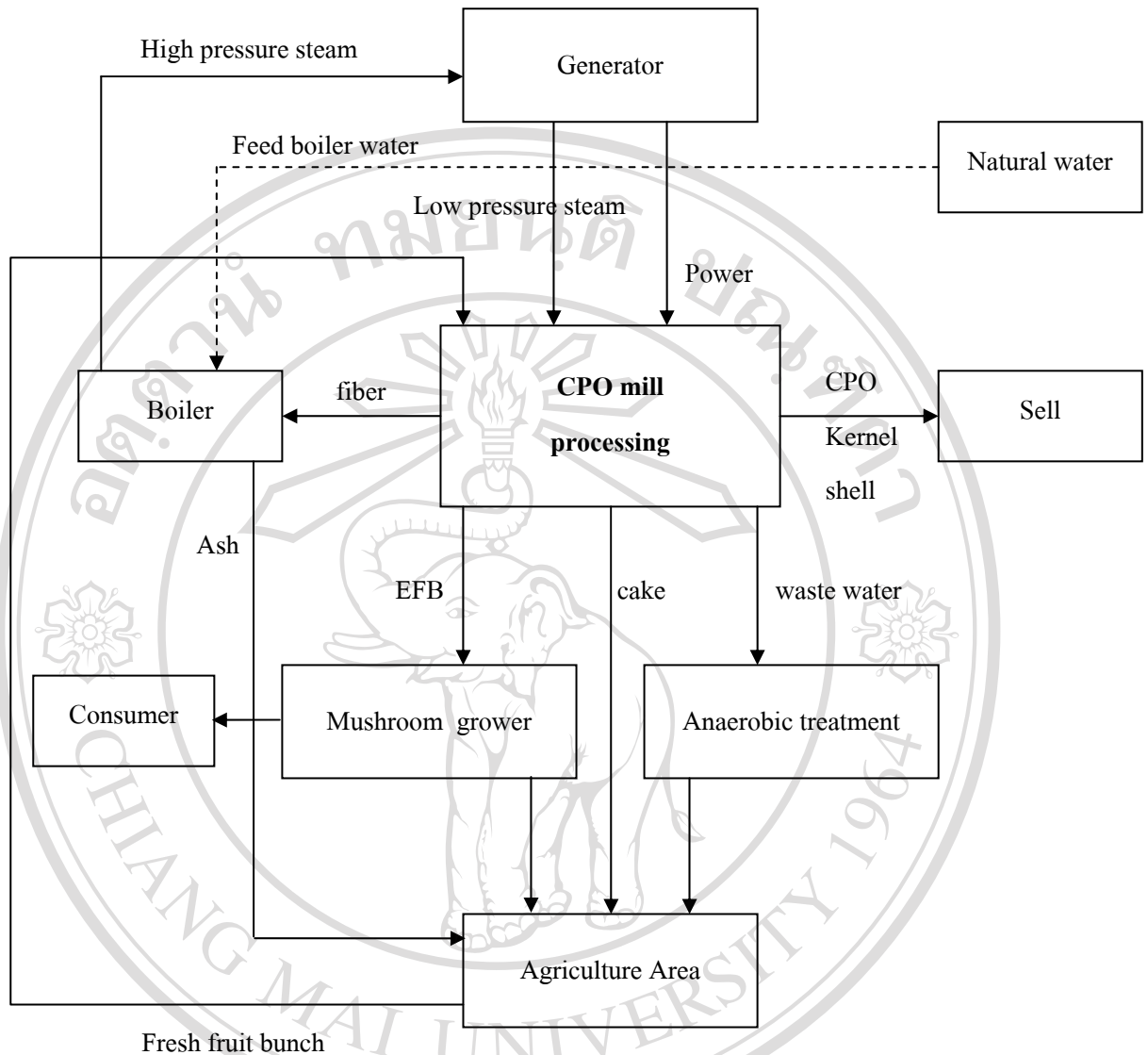
การใช้ประโยชน์เส้นใยปาล์มน้ำมัน

รูปแบบการใช้ประโยชน์เส้นใยปาล์มน้ำมัน คือ นำไปใช้สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า โดยเส้นใยปาล์มน้ำมันมีค่าความร้อน 17.42 MJ/kg โรงงานใช้เส้นใยปาล์มน้ำมันเป็นเชื้อเพลิงให้กับหม้อไอน้ำ เพื่อผลิตไอน้ำแรงดันสูงให้กับ turbine เพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไป ส่วนไอน้ำที่มีแรงดันต่ำจะนำไปใช้ในกระบวนการสกัดน้ำมัน จากการศึกษา พบว่า ปาล์มทะลายปาล์มสด 1 ตัน จะต้องใช้พลังงานไฟฟ้า 14.36 kWh ซึ่งต้องใช้เส้นใยปาล์มน้ำมัน 209.94 kg

การใช้ประโยชน์ทะลายปาล์มเปล่า

ทะลายปาล์มเปล่า เป็นผลพลอยได้อย่างหนึ่งจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ โดยมีปริมาณมากถึง 20% ของน้ำหนักทะลายสด ซึ่งในโรงงานสกัดน้ำมันได้กระจายไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร เช่น เพาะเห็ด ทำปุ๋ยหมัก และใช้เป็นวัสดุคลุมดิน เป็นต้น

การนำทะลายเปล่ามาใช้ประโยชน์ในสวนปาล์มน้ำมันได้ประโยชน์ คือ ช่วยรักษาความชื้นในดินและปรับปรุงดินให้เหมาะแก่การเจริญเติบโตทำให้ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากเมื่อทะลายปาล์มสลายตัวจะเพิ่มธาตุอาหารโดยเฉพาะไนโตรเจนและโปแตสเซียม ซึ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโต นอกจากนี้จะเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการใช้ปุ๋ยเคมี และที่สำคัญอีกประการคือ ช่วยรักษาสังแวดล้อมหรือลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากวัสดุเศษเหลือจากกระบวนการผลิต



รูป 4.7 รูปแบบการใช้ประโยชน์ผลิตภัณฑ์ร่วมที่เกิดในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม

4.2.2.2 การผลิตไบโอดีเซล

จากรูป 4.3 จะเห็นได้ว่าในการผลิตไบโอดีเซลมีการใช้สารเคมีในปริมาณมาก โดยเฉพาะเมทานอล พบว่าในการผลิตไบโอดีเซล 10,000 ลิตร ใช้เมทานอลมากถึง 1,958 ลิตร และสามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ 330 ลิตร มีปริมาณน้ำเสีย 700 ลิตรต่อวัน น้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการมีส่วนผสมของสารเคมีและน้ำมันรวมอยู่ด้วย โดยน้ำเสียในกระบวนการนี้จะนำไปเข้าสู่ระบบบำบัดร่วมกับน้ำเสียจากการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ สำหรับ

กลีเซอรอลซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้ที่เกิดจากกระบวนการมีปริมาณ 1,539 ลิตร ทางผู้ผลิตได้ขายให้กับอุตสาหกรรมอื่น

4.3 เปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการ

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ในการประเมินวัฏจักรชีวิตของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันนี้ จะทำการศึกษาใน 3 กระบวนการ คือ การเกษตร การผลิตไบโอดีเซล และการใช้งาน จากการจัดทำบัญชีรายการสารเข้า-ออก ที่เกี่ยวข้องตลอดวัฏจักรชีวิต สามารถสรุปปริมาณสารเข้า-ออกใน 1 ปี ดังตาราง 4.15 และคิดเป็นปริมาณสารเข้า-ออก ใน 1 ลิตร ได้ดังตาราง 4.16

ตาราง 4.15 ชนิดและปริมาณสารเข้า-ออก ที่เกี่ยวข้องในแต่ละกระบวนการตลอดวัฏจักรชีวิตของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน ใน 1 ปี

Process	Unit	Plantation	Biodiesel	Total
Fresh Fruit Bunches	ton	16,904	-	16,904
fiber	ton	-	3,657	3,657
Crude Palm Oil	ton	-	2,876	2,876
Biodiesel	ton	-	2,610	2,610
Methanol	ton	-	617.93	617.93
Diesel	ton	14.22	48.55	62.77
Phosphoric acid	ton	-	22.02	22.02
Sodium hydroxide	ton	-	6.53	6.53
Nitrogen	ton	107.90	-	107.90
Phosphate	ton	25.02	-	25.02
Polybags	ton	3.56	-	3.56
Glyphosate	ton	2.04	-	2.04
Pesticide	ton	1.30	-	1.30
Transportation of Truck	km	13,520	-	13,520
Electric from palm fiber	GJ	-	63,695.10	63,695.10
Electricity from Grid	GJ	482.40	-	482.40

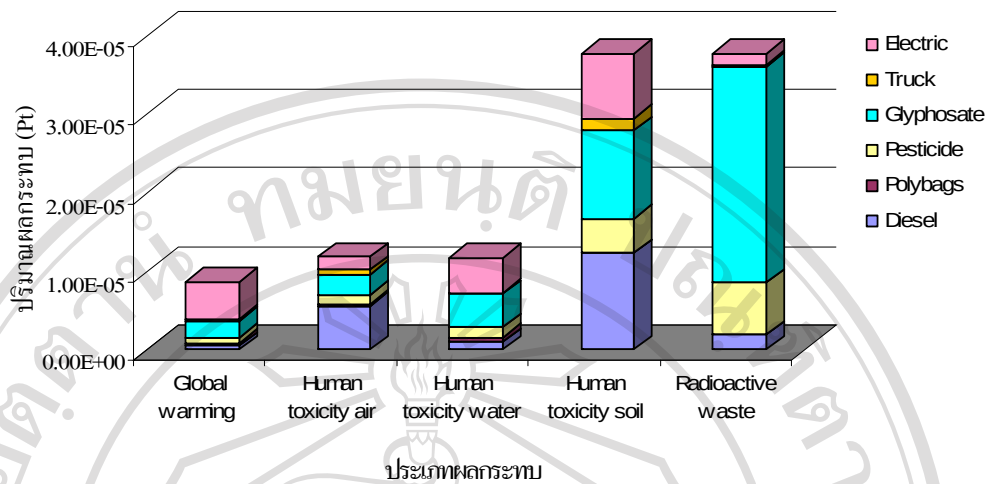
ตาราง 4.16 ชนิดและปริมาณสารเข้า-ออก ในแต่ละกระบวนการตลอดวัฏจักรชีวิตของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน 1 ลิตร

Process	Unit	Plantation	Biodiesel	Total
Fresh Fruit Bunches	kg	5.65	-	5.65
Crude Palm Oil	kg	-	0.96	0.96
Biodiesel	kg	-	0.83	0.83
Methanol	kg	-	0.20	
Diesel	kg	0.004	0.015	0.019
Phosphoric acid	kg	-	0.007	0.007
Sodium hydroxide	kg	-	0.002	0.002
Nitrogen	kg	0.036	-	0.036
Phosphate	kg	0.008	-	0.008
Glyphosate/Pesticide	kg	0.0002	-	0.0002
Electric from palm fiber	MJ	-	21.26	21.26
Electricity from Grid	MJ	0.16	-	0.16

พิจารณาการประเมินวัฏจักรชีวิตของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน ใน 3 กระบวนการหลัก ซึ่งแสดงรายละเอียดผลกระทบที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการ ดังนี้

4.3.1 ผลกระทบจากกระบวนการทางการเกษตร

กระบวนการทางการเกษตรเป็นช่วงกระบวนการที่ก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดในวัฏจักรชีวิตของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน เมื่อวิเคราะห์ถึงความรุนแรงของแต่ละผลกระทบที่เกิดขึ้นพบว่า ในกระบวนการทางการเกษตรมีประเภทและปริมาณผลกระทบที่เกิดขึ้นจากแหล่งที่มาต่างๆ ดังรูป 4.8

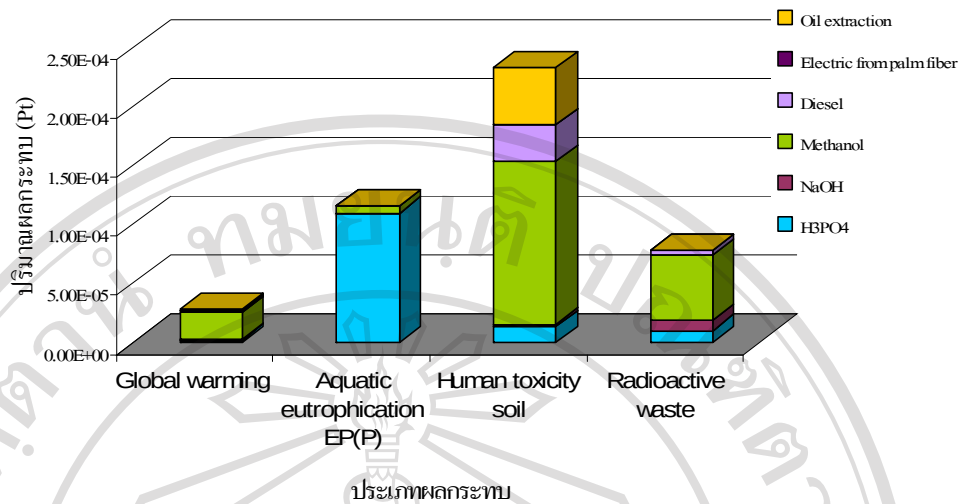


รูป 4.8 ปริมาณผลกระทบที่เกิดขึ้นในแต่ละประเภทตามแหล่งที่มาในกระบวนการ
ทางการเกษตรของการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน 1 ลิตร

จากรูป 4.8 จะเห็นได้ว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นในกระบวนการเกษตรสองอันดับแรก
คือ Human toxicity soil ซึ่งเป็นการเกิดสารตกค้างในดินจากการใช้สารเคมีที่ส่งผลกระทบต่อมนุษย์
และ Radioactive waste ซึ่งเกิดจากสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดวัชพืช เป็นผลกระทบทางอ้อมที่เกิด
เนื่องจากกระบวนการผลิตสารเคมีนั่นเอง และแหล่งที่มาของผลกระทบอีกชนิดคือ น้ำมันดีเซลและ
ไฟฟ้า ผลกระทบที่เกิดขึ้นมาจากการได้มาซึ่งพลังงานดังกล่าว

4.3.2 ผลกระทบจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

ผลกระทบที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ในขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซลนั้นเกิดมาจากการใช้
สารเคมีในกระบวนการผลิต ประเภทและปริมาณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากแหล่งที่มาต่างๆ ใน
กระบวนการผลิต แสดงดังรูป 4.9



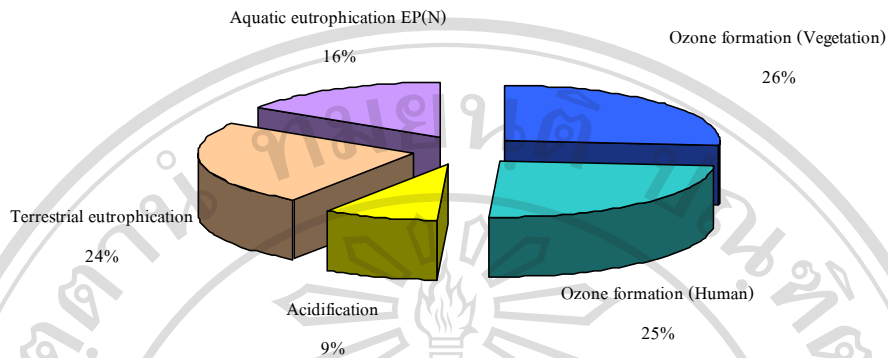
รูป 4.9 ปริมาณผลกระทบที่เกิดขึ้นในแต่ละประเภทตามแหล่งที่มาในการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน 1 ลิตร

จากรูป 4.9 จะเห็นได้ว่าผลกระทบหลักที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลคือ Human toxicity soil ซึ่งเกิดจากการใช้สารเคมี ได้แก่ เมทานอล กรดฟอสฟอริก ที่เกิดการตกค้างในดินซึ่งส่งผลกระทบต่อมนุษย์

4.3.3 ผลกระทบจากการใช้งานไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน

การใช้งานเป็นขั้นตอนที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดในวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากการเผาไหม้ไบโอดีเซลในเครื่องยนต์ ประเภทและปริมาณผลกระทบที่เกิดแสดงในรูป 4.10

ในขั้นตอนการใช้งานนั้น พบว่าผลกระทบที่เกิดมากที่สุดสองอันดับแรกคือ Ozone formation ที่เป็นพิษต่อพืช และเป็นพิษต่อมนุษย์ ซึ่งผลกระทบส่วนใหญ่เกิดจากก๊าซ CO และ NO₂ จากการเผาไหม้น้ำมันไบโอดีเซลในเครื่องยนต์



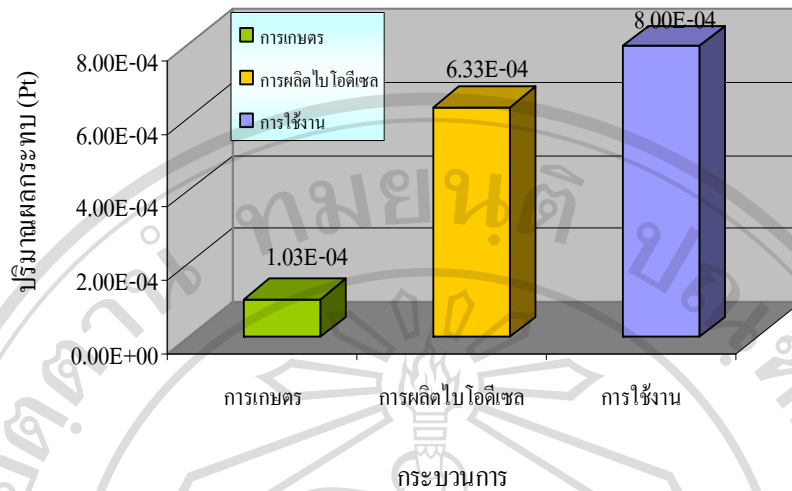
รูป 4.10 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการใช้ไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน 1 ลิตร
ตามประเภทผลกระทบ

4.3.4 เปรียบเทียบผลกระทบในแต่ละกระบวนการตลอดวัฏจักรชีวิต

ปริมาณผลกระทบที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน โดยเปรียบเทียบในแต่ละกระบวนการ แสดงดังตาราง 4.17 และรูป 4.11

ตาราง 4.17 ค่าผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันแยกตามช่วง
กระบวนการ ในการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน 1 ลิตร

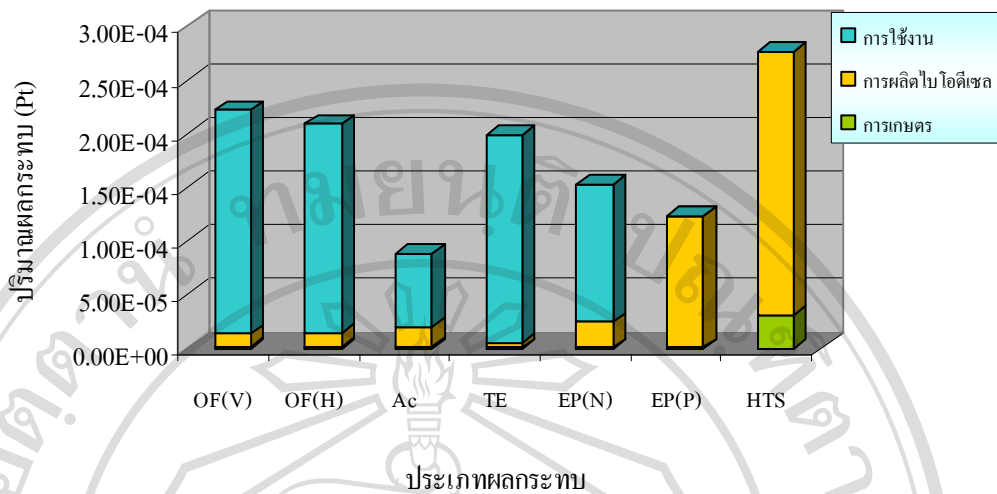
กระบวนการ	หน่วย	ค่าผลกระทบ	%ผลกระทบ
กระบวนการทางการเกษตร	Pt	1.03×10^{-4}	6.70
การผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน	Pt	6.33×10^{-4}	41.21
การใช้งาน	Pt	8.00×10^{-4}	52.09
รวม	Pt	1.54×10^{-3}	100.00



รูป 4.11 ปริมาณผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน ในแต่ละกระบวนการ

จากการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต จะเห็นว่า ในขั้นตอนของการใช้งานให้ค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสูงสุด เท่ากับ 8.00×10^{-4} Pt รองลงมา คือ การผลิตไบโอดีเซล และกระบวนการทางการเกษตร ซึ่งมีค่าผลกระทบ เท่ากับ 6.33×10^{-4} Pt , และ 1.03×10^{-4} Pt ตามลำดับ

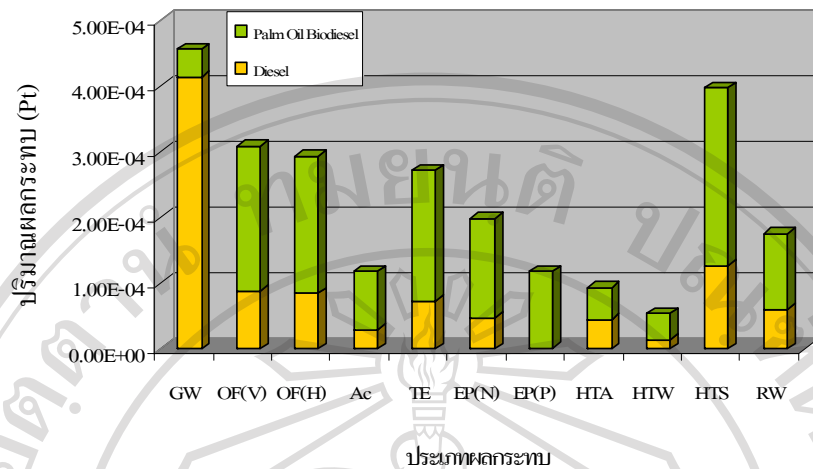
เมื่อพิจารณาประเภทผลกระทบที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการ จากรูป 4.12 จะเห็นได้ว่าในการประเมินวัฏจักรของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันนั้น ปริมาณผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีค่าสูงสุด คือ การเกิดพิษในดินที่ส่งผลต่อมนุษย์ (HTS) ซึ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มาจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล รองลงมาคือกระบวนการทางการเกษตร ประเภทผลกระทบที่เกิดรองลงมาคือ การเกิดโอโซนที่เป็นพิษต่อพืช (OF(V)) การเกิดโอโซนที่เป็นพิษต่อมนุษย์ (OF(H)) และผลกระทบต่อระบบนิเวศบนบก (TE) โดยผลกระทบเหล่านี้ส่วนใหญ่เกิดในขั้นตอนการใช้งาน



รูป 4.12 ปริมาณผลกระทบททางสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภทที่เกิดขึ้น ในแต่ละช่วงกระบวนการ
ตลอดวัฏจักรชีวิตของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน 1 ลิตร

4.3.5 เปรียบเทียบวัฏจักรชีวิตของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันกับน้ำมันดีเซล

ในการนำไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันมาใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลนั้น จำเป็นต้องมีการเปรียบเทียบผลที่ได้เพื่อให้ทราบถึงปริมาณผลกระทบททางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น โดยเปรียบเทียบไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน 1 ลิตรกับดีเซล 0.99 ลิตร ซึ่งเป็นปริมาณการเปรียบเทียบที่ให้พลังงานเท่ากันคือ 37.85 MJ สำหรับฐานข้อมูลน้ำมันดีเซลที่ใช้เปรียบเทียบไม่ได้อ้างอิงจากโปรแกรม SimaPro เนื่องจากฐานข้อมูลในโปรแกรมนั้นเป็นของทวีปยุโรป ซึ่งอาจมีกระบวนการที่เกี่ยวข้องแตกต่างกับประเทศไทยมาก ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ใช้ฐานข้อมูลที่จัดทำขึ้นสำหรับงานวิจัยในประเทศไทย (Viganda et al, 2008) ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่ใกล้เคียงกับประเทศไทยมากกว่า โดยฐานข้อมูลของน้ำมันดีเซลแสดงในภาคผนวก ก ผลการเปรียบเทียบผลกระทบทต่อสิ่งแวดล้อมของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันกับน้ำมันดีเซล แสดงดังรูป 4.13 โดยทำการเปรียบเทียบใน 2 กระบวนการ คือ กระบวนการผลิต และการใช้งาน



รูป 4.13 เปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภท
ของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันกับน้ำมันดีเซล

จากผลการประเมินจะเห็นได้ว่าไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าน้ำมันดีเซล เนื่องมาจากการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันนั้นมีการใช้พลังงานไฟฟ้า และสารเคมีเข้ามาเกี่ยวข้องในปริมาณมาก โดยใช้ในการสกัดน้ำมันปาล์มดิบและใช้ทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน ซึ่งการได้มาซึ่งพลังงานไฟฟ้าและสารเคมีเหล่านี้ล้วนก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งสิ้น ในขณะที่การผลิตหรือได้มาของน้ำมันดีเซลนั้นอาศัยเฉพาะพลังงานในการกลั่นน้ำมันดิบ

เมื่อเปรียบเทียบความรุนแรงของผลกระทบนั้นพบว่า ผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนของดีเซลนั้นมากกว่าไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันอย่างเห็นได้ชัด โดยน้ำมันดีเซลก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนมากกว่าไบโอดีเซล โดยมีปริมาณผลกระทบภาวะโลกร้อน เท่ากับ 2.77 kg CO_2 และ 0.28 kg CO_2 ตามลำดับ ในส่วนของน้ำมันดีเซลก่อให้เกิดผลกระทบภาวะโลกร้อนมากในขั้นตอนของการใช้งานเนื่องจากการเผาไหม้น้ำมันดีเซลของเครื่องยนต์ซึ่งก่อให้เกิดมลพิษที่เป็นสาเหตุของผลกระทบดังกล่าวมากกว่า อาทิเช่น CO_2 และ N_2O เป็นต้น ในส่วนของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันเกิดผลกระทบมากในขั้นตอนการผลิต เนื่องจากมีการใช้พลังงานไฟฟ้าและสารเคมีในกระบวนการต่างๆ ในขณะที่ผลกระทบประเภทอื่นๆ เช่น HTA HTS Ac OF(V) และ OF(H) เป็นต้น ที่เกิดจากไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันนั้นมากกว่าดีเซลอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งผลกระทบดังกล่าวล้วนเป็นผลกระทบทางอ้อม ที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าและสารเคมี ที่นำมาใช้ในกระบวนการต่างๆ

อย่างไรก็ตามข้อมูล LCA ของน้ำมันดีเซลที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบนี้อาจไม่เหมาะสมในบางรายละเอียดในการนำมาเปรียบเทียบกับ LCA ไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันได้ เนื่องจากข้อมูลที่ใช้อ้างอิงมาจากฐานข้อมูลอื่น ดังนั้นขอบเขตในการพิจารณาบางส่วนจึงอาจแตกต่างกับการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันในการศึกษาวิจัยนี้

4.3.6 การใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน

4.3.6.1 กระบวนการทางการเกษตร

ในกระบวนการทางการเกษตรมีการใช้พลังงานในส่วนของการปัมน้ำในระหว่างการอนุบาลต้นกล้า โดยใช้ไฟฟ้าตลอดอายุการอนุบาล 14 เดือน เท่ากับ 3.13 MWh ต่อไร่ และใช้น้ำมันดีเซลในการฉีดพ่นสารเคมีในการกำจัดแมลงและกำจัดวัชพืช 2 ลิตรต่อไร่ต่อครั้ง โดยมีการฉีดพ่นปีละประมาณ 2 ครั้ง

4.3.6.2 กระบวนการผลิตไบโอดีเซล

ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลนั้น มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก ทั้งในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบและกระบวนการผลิตไบโอดีเซล โดยในส่วนของการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ พบว่า มีการใช้ไฟฟ้า 14.36 kWh/ton FFB หรือใช้ไฟฟ้าในการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ 1 ลิตร เท่ากับ 0.081 kWh สำหรับในการผลิตไบโอดีเซล 1 ลิตร นั้นจะต้องใช้ไฟฟ้า 2.27×10^{-6} kWh และใช้น้ำมันดีเซล 2.05×10^{-2} ลิตร

ดังนั้นในการผลิตไบโอดีเซล 1 ลิตร มีการใช้ไฟฟ้า ประมาณ 0.081 kWh และใช้น้ำมันดีเซล เท่ากับ 2.05×10^{-2} ลิตร โดยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้มาจากการผลิตขึ้นเองของโรงงานโดยใช้เส้นใยปาล์มน้ำมันเป็นเชื้อเพลิงให้กับหม้อไอน้ำ

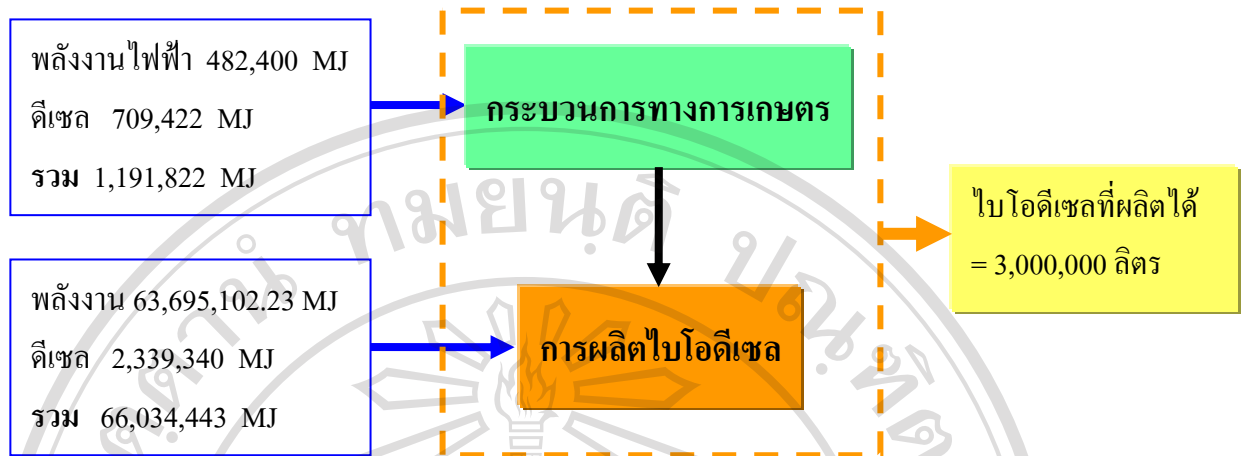
จากผลการจัดทำบัญชีรายการตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันใน 1 ปี พบว่า มีปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละกระบวนการแสดงดังตาราง 4.18

ตาราง 4.18 ปริมาณพลังงานที่ใช้ในแต่ละกระบวนการตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซล
จากปาล์มน้ำมัน 1 ปี

แหล่งพลังงาน	กระบวนการ	
	กระบวนการทางการเกษตร	กระบวนการผลิต
น้ำมันดีเซล (MJ)	709,422	2,339,340
พลังงานไฟฟ้า (MJ)	482,400	-
เส้นใยปาล์มน้ำมัน (MJ)	-	63,695,103
รวม (MJ)	1,191,822	66,034,443

เมื่อพิจารณาถึงรายละเอียดการใช้พลังงานในแต่ละกระบวนการพบว่าในส่วนของการเกษตรนั้นมีการใช้พลังงานดีเซลมากกว่าไฟฟ้า เนื่องจากการพิจารณาได้รวมการใช้เชื้อเพลิงในการขนส่งทะลายน้ำมันจากสวนมายังโรงงานไว้ด้วย จึงทำให้มีการใช้พลังงานดีเซลสูง เมื่อพิจารณาในส่วนของการผลิตการใช้พลังงานส่วนใหญ่เป็นพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากทั้งกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบและกระบวนการผลิตไบโอดีเซลล้วนต้องใช้ไฟฟ้าเป็นหลัก สำหรับพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลนั้นมาจากการผลิตขึ้นเองของสถานประกอบการโดยใช้เส้นใยปาล์มน้ำมันเป็นเชื้อเพลิงในการผลิต โดยได้ทำการเปรียบเทียบผลกระทบจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยกับการผลิตไฟฟ้าจากเส้นใยปาล์มน้ำมัน ดังแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ก

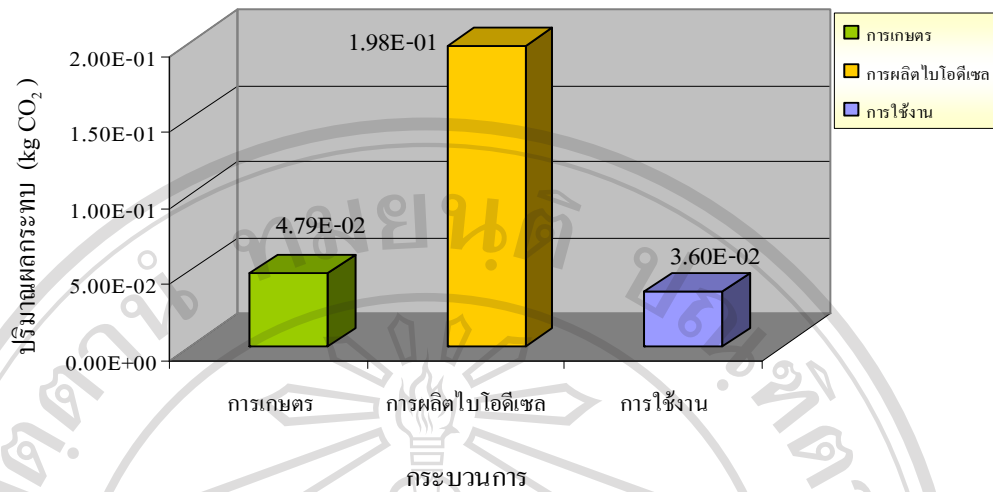
พิจารณาเปรียบเทียบพลังงานทั้งหมดที่ใช้ในแต่ละกระบวนการดังรูป 4.14 จะเห็นว่ากระบวนการผลิตมีการใช้พลังงานสูงถึง 66,034,443 MJ คิดเป็น 98% ของพลังงานที่ใช้ในการผลิตทั้งหมด และใช้ในกระบวนการทางการเกษตร 1,191,822 MJ คิดเป็น 2% พบว่าในการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน 1 ลิตร จะต้องใช้พลังงาน เท่ากับ 22.41 MJ โดยจะได้สมดุลพลังงานในการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน 1 ลิตร เท่ากับ 1.69



รูป 4.14 พลังงานที่ใช้ตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันใน 1 ปี

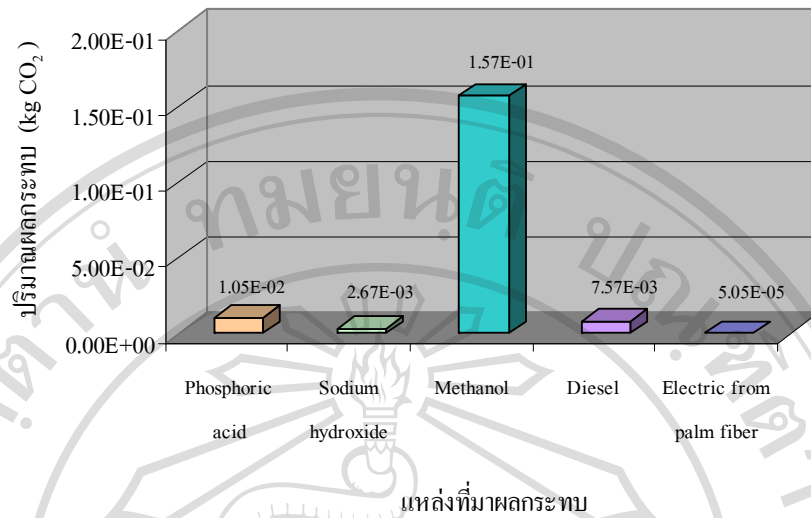
4.3.7 ผลกระทบภาวะโลกร้อนตลอดวัฏจักรชีวิตของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน

จากปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อประเทศไทยและทั่วโลกปัจจุบันนี้ ส่วนใหญ่เกิดจากการปล่อยสารเคมีที่เป็นพิษออกสู่สิ่งแวดล้อม ปัญหาเหล่านี้เป็นผลมาจากการพัฒนาในด้านต่าง ๆ อาทิ เช่น การขยายตัวของกิจกรรมของมนุษย์, การใช้สารเคมีซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม และการใช้พื้นที่ส่วนต่างๆ ของผืนโลกมากขึ้น ซึ่งผลกระทบที่ตามมาก็คือ อากาศเปลี่ยนแปลงเนื่องจากโลกร้อนขึ้น (Global Warming) ในงานวิจัยนี้จึงให้ความสำคัญกับปัญหาดังกล่าว การเกิดภาวะโลกร้อนขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการแผ่รังสีความร้อนของโมเลกุล และอายุของก๊าซนั้นๆ ในบรรยากาศ โดยจะคิดเทียบกับการแผ่รังสีความร้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ในการศึกษาจะคิดเทียบในช่วงเวลา 100 ปี จากการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันในระยะเวลา 1 ปี พบว่า ก่อให้เกิดความรุนแรงของภาวะโลกร้อน เท่ากับ 150.81 Pt คิดเป็นปริมาณการแผ่รังสีความร้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ $1.01 \times 10^6 \text{ kg}$ หรือก่อให้เกิดความรุนแรง เท่ากับ $4.21 \times 10^{-5} \text{ Pt/ลิตร}$ คิดเป็นปริมาณการแผ่รังสีความร้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ $2.82 \times 10^{-1} \text{ kg/ลิตร}$ โดยปริมาณผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนที่เกิดในแต่ละกระบวนการ แสดงดังรูป 4.15

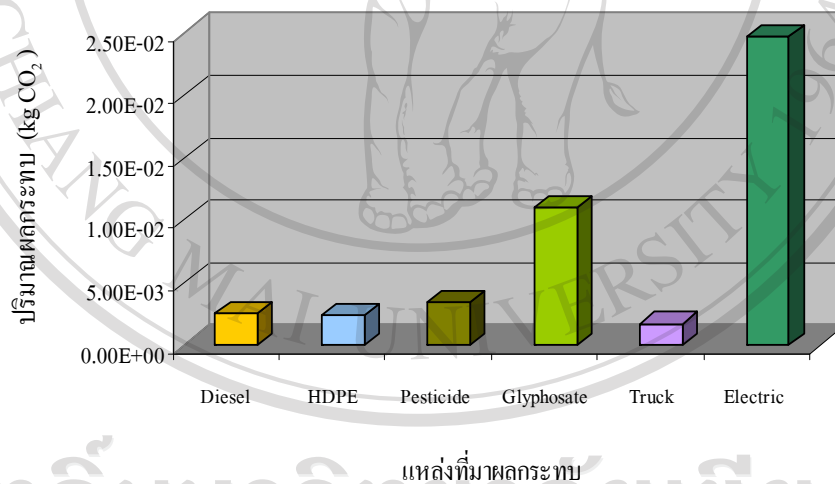


รูป 4.15 ปริมาณผลกระทบภาวะโลกร้อนตลอดวัฏจักรชีวิตของไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน 1 ลิตร ในแต่ละกระบวนการ

จากรูป 4.15 จะเห็นได้ว่าผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งเกิดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 1.98×10^{-1} kg คิดเป็น 70.24% รองลงมา คือกระบวนการการเกษตร และการใช้งาน ซึ่งเกิดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 4.79×10^{-2} kg และ 3.60×10^{-2} kg คิดเป็น 16.99 % และ 12.77 % ตามลำดับ โดยผลกระทบที่เกิดในกระบวนการผลิตส่วนใหญ่้นั้นมาจากการใช้สารเคมี โดยเฉพาะการใช้เมทานอลในการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด เท่ากับ 1.57×10^{-1} kg CO₂ ในส่วนของแหล่งที่มาอื่น ๆ นั้นก่อให้เกิดผลกระทบเพียงเล็กน้อย ดังแสดงในรูป 4.16 สำหรับกระบวนการที่เกิดผลกระทบรองลงมา คือ การใช้งาน พบว่า ผลกระทบที่เกิดขึ้น มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ ในส่วนของผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนที่เกิดขึ้นในกระบวนการทางการเกษตร มีปริมาณผลกระทบที่เกิดขึ้นในแต่ละแหล่งที่มา แสดงดังรูป 4.17 จะเห็นได้ว่าผลกระทบส่วนใหญ่เกิดเนื่องมาจากการใช้ไฟฟ้า ซึ่งเป็นผลกระทบทางอ้อมที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้า



รูป 4.16 ปริมาณและแหล่งที่มาของผลกระทบภาวะโลกร้อนที่เกิดในกระบวนการผลิตไบโอเอทานอลจากปาล์มน้ำมัน 1 ลิตร



รูป 4.17 ปริมาณและแหล่งที่มาของผลกระทบภาวะโลกร้อนที่เกิดในกระบวนการการเกษตร

ถึงแม้ประเทศไทยมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่น้อยมากเมื่อเทียบกับประเทศอื่นๆ แต่อย่างไรก็ตามผลกระทบที่ประเทศไทยได้รับจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศไม่ได้มีน้อยอย่างปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ไทยปลดปล่อย เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นปรากฏการณ์ที่สร้างผลกระทบอย่างต่อเนื่องไปเรื่อยๆ โดยมีสภาวะแวดล้อมและภูมิประเทศเป็นตัวกำหนดความรุนแรงของผลกระทบ ดังนั้นจึงต้องให้ความสำคัญกับปรากฏการณ์ภาวะโลกร้อนที่เกิดขึ้น

4.4 ต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต

การคำนวณหาต้นทุนรวมตลอดวัฏจักรชีวิตเทียบเป็นปีปัจจุบัน (2551) อาศัยวิธีการคำนวณดังนี้

$$LCC = C_C + C_O + C_M + C_F + C_R - S \quad (4.1)$$

เมื่อ	C_C	=	ต้นทุนคงที่ (บาท)
	C_O	=	ต้นทุนในการดำเนินการ (บาท)
	C_M	=	ต้นทุนในการซ่อมบำรุง (บาท)
	C_F	=	ต้นทุนเชื้อเพลิงหรือพลังงาน (บาท)
	C_R	=	ต้นทุนในการแทนที่และทำลายทิ้ง (บาท)
	S	=	มูลค่าซาก (บาท)

เมื่อค่าในทุกตัวแปรเป็นมูลค่าปัจจุบัน (P: Present worth) สามารถสรุปต้นทุนแต่ละประเภทที่เกิดขึ้นดังรายละเอียดในภาคผนวก ข ได้ดังตาราง 4.19

ตารางที่ 4.19 รายละเอียดและต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลปาล์มน้ำมัน

ต้นทุน	เงื่อนไขในการพิจารณา	มูลค่าปัจจุบัน(บาท)
C_c	อายุโครงการ (n) 25 ปี อัตราดอกเบี้ย(i) 7.5 %	299,403,380
PC_O	อายุโครงการ (n) 25 ปี อัตราดอกเบี้ย(i) 7.5 %	648,432,032
PC_M	อายุโครงการ (n) 25 ปี อัตราดอกเบี้ย(i) 7.5 % Escalation rate (e) 3.0 %	432,422,172
PC_F	อายุโครงการ (n) 25 ปี อัตราดอกเบี้ย(i) 7.5 % Escalation rate (e) พลังงานไฟฟ้า 3.13% Escalation rate (e) เชื้อเพลิง 5 %	64,045,656
PC_R	อายุโครงการ (n) 25 ปี อัตราดอกเบี้ย(i) 7.5 %	46,983,281
PS	อายุโครงการ (n) 25 ปี อัตราดอกเบี้ย(i) 7.5 %	1,886,743
LCC		1,489,399,778

จากสมการที่ 4.1 ต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลปาล์มน้ำมันเมื่อคิดเป็นมูลค่าปัจจุบันสุทธิ มีค่าเป็น 1,489,399,778 บาท เมื่ออายุโครงการเป็น 25 ปี และผลิตไบโอดีเซลปาล์มน้ำมัน 75,000,000 ลิตรตลอดโครงการ โดยสามารถหาต้นทุนต่อลิตรในการผลิตไบโอดีเซลปาล์มน้ำมันได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนไบโอดีเซลปาล์มน้ำมัน (บาท/ลิตร)} &= \frac{1,489,399,778}{75,000,000} \quad \text{บาท/ลิตร} \\ &= 19.86 \quad \text{บาท/ลิตร} \end{aligned}$$

โดยต้นทุนที่เกิดขึ้นในการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน 1 ลิตร ส่วนใหญ่เกิดในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10.24 บาท รองลงมาคือการผลิตไบโอดีเซล และกระบวนการทางการเกษตร ซึ่งมีต้นทุนต่อลิตรเท่ากับ 5.14 บาท และ 4.48 บาท ตามลำดับ