การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ ด้วยเทคโนโลยีสะอาด

Enhancement of Crude Palm Oil Process Eco-Efficiency by Clean-Technology

จณัญญา เลิศคารม

Jananya Lertkharom

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Science in Environmental Management
Prince of Songkla University
2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบด้วยเทคโนโลยีสะอาด

ผู้เขียน จณัญญา เลิศคารม

สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	**คณะกรรมการสอบ**
.....	.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธันวดี สุขสาโรจน์)	(ดร.เกื้ออนันต์ เตชะโต)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	.....กรรมการ
	(ดร.วาริท เจาะจิตต์)
.....	.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยศรี สุขสาโรจน์)	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนาลี ชีวกิดาการ)
	.....กรรมการ
	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธันวดี สุขสาโรจน์)
	.....กรรมการ
	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยศรี สุขสาโรจน์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม

.....

(ศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ พงศ์ดารา)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบด้วยเทคโนโลยีสะอาด

ผู้เขียน จณัญญา เลิศคารม

สาขา การจัดการสิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา 2554

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันปาล์มดิบแบบไม่ใช้ไอน้ำ เพื่อบ่งชี้แนวโน้มการพัฒนากระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบควบคู่กับการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยกำหนดขอบเขตการศึกษาเฉพาะกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ หรือ แบบ Gate-to-Gate ซึ่งจากการศึกษาพบว่า กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบมี 3 แบบ คือ แบบอบแห้ง แบบทอดในสภาวะสุญญากาศ และแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ เพื่อนำมาเปรียบเทียบสัดส่วนระหว่างมูลค่าการผลิตในรูปกำไรสุทธิ (บาท) ต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อม ซึ่งใช้ดัชนีชี้วัด 4 ดัชนี คือ ปริมาณการใช้วัตถุดิบ (ตัน) ปริมาณการใช้พลังงาน (จิกะจูล) ปริมาณวัสดุเศษเหลือ (ตัน) และปริมาณการปลดปล่อย CO_2 (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์) ซึ่งผลการศึกษาในช่วงระยะเวลา 3 ปี (2551-2553) ด้วยกราฟ Snapshot พบว่า การดำเนินงานของโรงงานที่ใช้วิธีอบแห้งและวิธีทอดสุญญากาศอยู่ในระดับ Fully Non Eco-Efficiency และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสู่ระดับ Half Eco-Efficiency ส่วนวิธีทอดในสภาวะบรรยากาศมีปริมาณการใช้วัตถุดิบและปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 อยู่ในระดับ Fully Eco-Efficiency ในขณะที่ปริมาณการใช้พลังงานอยู่ในระดับ Half Non Eco-Efficiency และมีแนวโน้มลดลง ส่วนปริมาณวัสดุเศษเหลืออยู่ในระดับ Half Eco-Efficiency และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสู่ระดับ Fully Eco-Efficiency ซึ่งจากกราฟ Snapshot ทำให้ทราบแนวโน้มค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจด้านปริมาณการใช้พลังงานลดลง งานวิจัยนี้จึงประยุกต์ใช้หลักการเทคโนโลยีสะอาดมาจัดลำดับความสำคัญของประเด็นปัญหา โดยเฉพาะด้านพลังงาน พบว่า แบบอบแห้งควรใส่ไม้ฟืนอย่างสม่ำเสมอ ผึ่งแดดก่อนนำไปใช้ และควรเปลี่ยนบล๊อคหัวเผาที่ชำรุด ส่วนแบบทอดในสภาวะสุญญากาศควรปิดเครื่องจักรหลังใช้งาน ควรติดตะแกรงครอบปั๊มน้ำมัน และลดขนาดสายพานเกลียวลำเลียง และแบบทอดในสภาวะบรรยากาศควรปิดเครื่องจักรทุกครั้งหลังใช้งาน ออกแบบเครื่องจักรตามแรงโน้มถ่วง และเปลี่ยนเครื่องหีบเป็นแบบใหม่

Thesis Title	Enhancement of Crude Palm Oil Process Eco-Efficiency by Clean-Technology
Author	Jananya Lertkharom
Major Program	Environment Management
Academic Year	2011

ABSTRACT

This research aims to evaluate the eco-efficiency of non-steam CPO processes (dry, vacuum fried and atmospheric fried process) to indicate the trend of CPO process development in the couple of environmental impact decrease. The eco-efficiency evaluation specifies only on the industrial sector (gate-to-gate). The evaluation was done based on the value of net profit (Bath) per environmental impact of these processes. The environmental impact categories used were material consumption (t), energy use (GJ), waste generation (t) and co_2 emission (tCO_2). The result of the eco-efficiency evaluation during period 2008-2010 using snapshot graph showed that the eco-efficiency trend of the dry process and the vacuum fried processes in all categories increased from fully non eco-efficiency to half eco-efficiency. For the atmospheric fried process, it was found that its material consumption and co_2 emission were fully eco-efficiency. Whereas the energy use was half non eco-efficiency and had trend of decrease, the waste generation was increased from half non eco-efficiency to fully eco-efficiency. From the snapshot it is found that the eco-efficiency trend of energy use had decreased. This research used cleaner technology techniques to investigate the energy aspects which need the improvement. The result was found that the dry process must be regularly maintenance the furnace and close the furnace open space after firewood refill which could reduce the thermal energy. The vacuum fried process must be shortening the belt length of the screw conveyor and the atmospheric fried process, the machine must be turn off after the end of work.

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(5)
รายการตาราง	(8)
รายการตารางภาคผนวก	(10)
รายการภาพประกอบ	(11)
รายการภาพประกอบภาคผนวก	(13)
อธิบายคำศัพท์	(14)
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 บทนำต้นเรื่อง	1
1.2 การตรวจเอกสาร	2
1.3 วัตถุประสงค์งานวิจัย	39
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	39
1.5 ขอบเขตงานวิจัย	40
2 วิธีการวิจัย	41
2.1 วิธีการดำเนินการวิจัย	41
2.1.1 การกำหนดขอบเขตการศึกษาและศึกษาลักษณะของกระบวนการผลิต	41
2.1.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล	43
2.1.3 การประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	44
2.1.4 การศึกษาแนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจโดยการใช้ Snapshot	45
2.1.5 การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจด้วยเทคโนโลยีสะอาด	45
2.1.6 การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์	47
2.1.7 การประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจหลังประยุกต์เทคโนโลยี - สะอาด	47
2.1.8 การสรุปและวิจารณ์ผลการดำเนินงานวิจัย	47
3 ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย	48
3.1 ลักษณะเบื้องต้นของกระบวนการผลิตแต่ละโรงงาน	48

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.1 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง 48
3.1.2 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ 49
3.1.3 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากา 50
3.2 ผลการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ 52
3.2.1 การประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง 52
3.2.2 การประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ 54
3.2.3 การประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ 56
3.3 ผลการศึกษาการศึกษาแนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจจากกราฟ Snapshot 60
3.4 ผลการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจด้วยเทคโนโลยีสะอา 64
3.4.1 ผลการตรวจประเมินเบื้องต้น 65
3.4.1.1 ผลการตรวจประเมินเบื้องต้นของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง 65
3.4.1.2 ผลการตรวจประเมินเบื้องต้นของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ 68
3.4.1.3 ผลการตรวจประเมินเบื้องต้นของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ 71
3.4.2 ผลการตรวจประเมินอย่างละเอียด 74
3.4.2.1 ผลการตรวจประเมินอย่างละเอียดของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง 75
3.4.2.2 ผลการตรวจประเมินอย่างละเอียดของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ 81
3.4.2.3 ผลการตรวจประเมินอย่างละเอียดของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ 85

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4.3 ผลการสร้ างข้ อเสนอเทคโนโลยี สะอาด 89

3.5 ผลการหาแนวทางเพิ่ มประสิทธิภาพเชิงนิเศรษฐกิจโดยอาศั ยเทคโนโลยี สะอาด 92

4 บทสรุ ปและข้ อเสนอแนะ 94

4.1 บทสรุ ป 94

4.2 ข้ อเสนอแนะ 95

4.2.1 ข้ อเสนอแนะสำ หรั บโรงงาน 95

4.2.2 ข้ อเสนอแนะสำ หรั บการทำ วิจั ยเพิ่ มเติม 96

บรรณานุ กรม 97

ภาคผนวก 104

ก การคำ นวณค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ 105

ข แนวโน้ มค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ 107

ค การวิเคราะห์ แนวโน้ มแระสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (เปรี ยบเทียบกั บปี 2551) 117

ง การตรวจประเมินอย่างละเอี ยด 118

จ การสร้ างข้ อเสนอเทคโนโลยี สะอาด 124

ฉ การระดมสมองเมื่ อวั นที่ 21-22 มกราคม 2555 128

ช การศึ กษาดู งานของกระบวนการสกั ดน้ ำมั นปาล์ มดิบแต่ละโรงงาน 130

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
1-1	การกำหนดเกณฑ์คุณภาพมาตรฐานทางการค้าของผลปาล์มสด	5
1-2	การกำหนดเกณฑ์คุณภาพมาตรฐานทางการค้าของน้ำมันปาล์มดิบ	6
1-3	การจำแนกลักษณะของโรงงานสกัดน้ำมันตามกำลังการผลิต	7
1-4	การจำแนกลักษณะของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มตามร้อยละของการใช้ประโยชน์	8
1-5	การจำแนกลักษณะของอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มตามมาตรฐานการผลิตและกำลังแรงม้าของเครื่องจักรในภาคใต้	8
1-6	เปรียบเทียบกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปาล์ม	14
1-7	ตัวอย่างดัชนีชี้วัดแบบทั่วไป	23
1-8	เกณฑ์การพิจารณาเพื่อประเมินความสำคัญด้านสิ่งแวดล้อม	31
1-9	เกณฑ์การให้น้ำหนักคะแนน (Weight Factor) ในการจัดลำดับความสำคัญของประเด็นปัญหา	31
1-10	แสดงองค์ประกอบของไม้ฟืน	32
1-11	แสดงน้ำหนักโมเลกุล (กิโลกรัม/กิโลกรัมโมล)	33
2-1	ฟังก์ชั่นของดัชนีชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อม	44
3-1	ค่าประสิทธิของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง	53
3-2	ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ	55
3-3	ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ	58
3-4	สรุปผลการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	59
3-5	ผลการประเมินความเป็นไปได้ทางเทคนิค/โอกาสในการปรับปรุงกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง	65
3-6	ผลการประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์/โอกาสในการลดค่าใช้จ่ายของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง	66
3-7	ผลการประเมินความเป็นไปได้ทางสิ่งแวดล้อมของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง	67
3-8	ผลการคัดเลือกประเด็นปัญหาของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง	67

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
3-9 ผลการประเมินความเป็นไปได้ทางเทคนิค/โอกาสในการปรับปรุงกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ	68
3-10 ผลการประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์/โอกาสในการค่าใช้จ่ายของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ	69
3-11 ผลการประเมินความเป็นไปได้ทางสิ่งแวดล้อมของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ	70
3-12 ผลการคัดเลือกประเด็นปัญหาของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ	70
3-13 ผลการประเมินความเป็นไปได้ทางเทคนิค/โอกาสในการปรับปรุงของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ	71
3-14 ผลการประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์/โอกาสในการค่าใช้จ่ายของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ	27
3-15 ผลการประเมินความเป็นไปได้ทางสิ่งแวดล้อมของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ	73
3-16 ผลการคัดเลือกประเด็นปัญหาของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบในสภาวะบรรยากาศ	73
3-17 สรุปสาเหตุของการสูญเสียพลังงานและแนวทางแก้ไขของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง	80
3-18 สรุปสาเหตุของการสูญเสียพลังงานและแนวทางแก้ไขของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ	84
3-19 สรุปสาเหตุของการสูญเสียพลังงานและแนวทางแก้ไขของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ	88
3-20 ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจหลังทำเทคโนโลยีสะอาด	93

รายการตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวก		หน้า
ข-1	ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง	114
ข-2	ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบในสภาวะสุญญากาศ	115
ข-3	ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบในสภาวะบรรยากาศ	116
ค-1	การวิเคราะห์แนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	71
ง-1	ปริมาณการใช้ไม้ฟืนของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง	118
ง-2	ปริมาณการเกิด CO_2 ของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง	119
ง-3	ปริมาณการเกิดขี้เถ้าของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง	119
ง-4	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบในสภาวะสุญญากาศ	120
ง-5	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบในสภาวะบรรยากาศ	123

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1-1	แหล่งผลิตน้ำมันปาล์มของโลก	3
1-2	ผลผลิตปาล์มน้ำมันของประเทศไทย พ.ศ. 2554	4
1-3	ร้อยละผลผลิตปาล์มน้ำมันเก็บเกี่ยวรายเดือน	5
1-4	ลักษณะพันธุ์ปาล์มน้ำมัน	10
1-5	ระบบอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันไทย	12
1-6	องค์ประกอบของการพัฒนาอย่างยั่งยืน	18
1-7	แนวทางการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆสู่การพัฒนาอย่างมีประสิทธิภาพ	20
1-8	ความสัมพันธ์ระหว่างด้านเศรษฐกิจ การปล่อยมลพิษ และคุณภาพชีวิต	21
1-9	การแบ่งพื้นที่ต่างๆบนกราฟ Snapshot	25
1-10	หลักการของเทคโนโลยีสะอาดในการป้องกันมลพิษ	26
1-11	วิธีการดำเนินงานเทคโนโลยีสะอาด	27
1-12	เงื่อนไขในการปรับปรุงเทคโนโลยี	28
1-13	สมดุลมวลสารสำหรับวิเคราะห์ปัญหาที่สำคัญที่สุดของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแต่ละแบบ	34
1-14	เทคนิคอิชิคาว่าหรือแผนภูมิก้างปลา	35
1-15	ขอบเขตของการวิจัย	40
3-1	กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง	49
3-2	กระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ	50
3-3	กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ	51
3-4	แนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง	61
3-5	แนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ	61
3-6	แนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ	63

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
3-7	แนวคิดในการจัดทำดุลมวลสารของพลังงานความร้อนจากไม้ฟ	75
3-8	การจัดทำดุลมวลสารด้านพลังงาน (ไม้ฟืน) ของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มแบบอบแห้ง	78
3-9	ร้อยละของปริมาณการใช้ไม้ฟืนที่เกิดขึ้นจากเตาเผาแต่ละตัวของแบบอบแห้ง	79
3-10	แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของแบบอบแห้ง	80
3-11	ร้อยละของปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักรแต่ละตัวของแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ	83
3-12	แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ	84
3-13	ร้อยละของปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักรแต่ละตัวของแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ	86
3-14	แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ	87

รายการภาพประกอบภาคผนวก

ภาพประกอบภาคผนวก		หน้า
ข-1	ปริมาณการใช้ วั ตถุ ดิบของกระบวนการสกั ดน้ ามั นปาล์ มดิบแบบอบแห	107
ข-2	ปริมาณการใช้ พลั งงานของกระบวนการสกั ดน้ ามั นปาล์ มดิบแบบอบแ	108
ข-3	ปริมาณวั สดุ เศษเหลื อของกระบวนการสกั ดน้ ามั นปาล์ มดิบแบบอบแห	108
ข-4	ปริมาณการปลดปล่อย CO_2 ของกระบวนการสกั ดน้ ามั นปาล์ มดิบแบบอบแห้ ง	09 1
ข-5	ปริมาณการใช้ วั ตถุ ดิบของกระบวนการสกั ดน้ ามั นปาล์ มดิบแบบทอด ในสภาวะสุ ญญากาศ	109
ข-6	ปริมาณการใช้ พลั งงานของกระบวนการสกั ดน้ ามั นปาล์ มดิบแบบทอ ในสภาวะสุ ญญากาศ	110
ข-7	ปริมาณวั สดุ เศษเหลื อของกระบวนการสกั ดน้ ามั นปาล์ มดิบแบบทอด ในสภาวะสุ ญญากาศ	110
ข-8	ปริมาณการปลดปล่อย CO_2 ของกระบวนการสกั ดน้ ามั นปาล์ มดิบแบบทอด ในสภาวะสุ ญญากาศ	111
ข-9	ปริมาณการใช้ วั ตถุ ดิบของกระบวนการสกั ดน้ ามั นปาล์ มดิบแบบทอด ในสภาวะบรรยากาศ	111
ข-10	ปริมาณการใช้ พลั งงานของกระบวนการสกั ดน้ ามั นปาล์ มดิบแบบท ในสภาวะบรรยากาศ	112
ข-11	ปริมาณวั สดุ เศษเหลื อของกระบวนการสกั ดน้ ามั นปาล์ มดิบแบบทอ ในสภาวะบรรยากาศ	112
ข-12	ปริมาณการปลดปล่อย CO_2 ของกระบวนการสกั ดน้ ามั นปาล์ มดิบแบบทอด ในสภาวะบรรยากาศ	113
ฉ-1	วิทยากรกล่าวเปิดโครงการและอบรมเรื ่ อง “เทคโนโลยี สะอาดกับ อุ ตสาหกรรมน้ ามั นปาล์ ม”	128
ฉ-2	นั กศึ กษารายงานผลการวิจั ยและระดมสมองร่วมกั นระหว่างกลุ่มบ้านและโรงงาน	129
ช-1	การศึ กษาดู งานของกระบวนการสกั ดน้ ามั นปาล์ มดิบแบบอบแห้ ง	130
ช-2	การศึ กษาดู งานของกระบวนการสกั ดน้ ามั นปาล์ มดิบแบบทอดในสุญญากาศ	131
ช-3	การศึ กษาดู งานของกระบวนการสกั ดน้ ามั นปาล์ มดิบแบบทอดในบรรยากาศ	132

อธิบายคำศัพท์

ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency)

การแข่งขันด้านการผลิตและการบริการควบคู่ไปกับการลดผลกระทบที่มีต่อระบบนิเวศและทรัพยากรธรรมชาติให้อยู่ในระดับที่โลกสามารถรองรับได้ (WBCSD, 2000a)

เทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology)

การพัฒนาปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตหรือผลิตภัณฑ์ที่ช่วยเพื่อให้การใช้วัตถุดิบพลังงานและทรัพยากรธรรมชาติมีประสิทธิภาพดีขึ้นก่อให้เกิดผลกระทบความเสี่ยงต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ซึ่งเป็นแนวคิดที่ช่วยลดต้นทุนการผลิตควบคู่กันไป (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

สมดุลมวลสาร (Mass Balance)

มวลสารเข้าระบบเท่ากับมวลสารที่ออกจากระบบ (กิตติกร จามรดุสิต และคณะ, 2550)

แผนภูมิก้างปลา (Fishbone Diagram)

เรียกอีกชื่อว่าแผนผังอิชิกาว่า (Ishikawa Diagram) แผนผังที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา (Problem) กับสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่อาจทำให้เกิดปัญหานั้น (Possible Cause) (ประชาสรรณ์ แสนภักดี, 2553)

การระดมสมอง (Brain Storming)

การแสดงความคิดเห็นร่วมกันระหว่างสมาชิกเพื่อเป็นแนวทางไปสู่การแก้ปัญหาซึ่งเป็นการคิดแบบไร้แบบแผน (Free-Form Thinking) (ประชาสรรณ์ แสนภักดี, 2553)

ค่าดัชนีชี้วัด (Key Factor)

ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ ปริมาณพลังงานที่ใช้ ปริมาณน้ำที่ใช้ ปริมาณของเสียและปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ผลปาล์มร่วง 1 ของแต่ละเดือน) (ญาญจนี ชูทอง และจตุพร ดิสกุล, 2553)

อธิบายคำศัพท์

ค่าดัชนีชี้วัดที่ดีที่สุด

ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ ปริมาณพลังงานที่ใช้ ปริมาณน้ำมันเตาเชื้อเพลิงเสียและปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ผลปาล์มร่วง 1 ตันเตาเผาอ้อยที่มีค่าน้อยที่สุดดีที่สุด ชูทอง และ จตุพร ดิสกุล, 2553)

ค่าความเป็นไปได้

การดำเนินงานแก้ไขปัญหามีความคุ้มค่าในการลงทุนด้านเทคนิคเศรษฐศาสตร์ และด้านสิ่งแวดล้อมมากน้อยเพียงใด (ณัฐจนี ชูทอง และ จตุพร ดิสกุล, 2553)

น้ำหนักคะแนน (Weight Factor)

เกณฑ์การให้น้ำหนักคะแนนของการจัดลำดับความสำคัญของปัญหาในการตรวจประเมินเบื้องต้น (ณัฐจนี ชูทอง และ จตุพร ดิสกุล, 2553)

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำต้นเรื่อง

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่ง เจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศร้อนชื้น โดยเฉพาะบริเวณใกล้เคียงเส้นศูนย์สูตร ดังนั้นปาล์มน้ำมันจึงเจริญเติบโตได้ดีในภาคใต้ของประเทศไทย พื้นที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันมากที่สุด ได้แก่ จังหวัดกระบี่มีพื้นที่ปลูกมากที่สุดเป็นจำนวน 834,437 ไร่ และรองลงมา คือ จังหวัดสุราษฎร์ธานีมีพื้นที่ปลูกเป็นจำนวน 832,285 ไร่ จังหวัดชุมพรมีพื้นที่ปลูกเป็นจำนวน 693,622 ไร่ จังหวัดสตูลมีพื้นที่ปลูกเป็นจำนวน 104,681 ไร่ และจังหวัดตรังมีพื้นที่ปลูกเป็นจำนวน 102,469 ไร่ ตามลำดับ (ศูนย์สถิติการเกษตร, 2551) ทั้งนี้ปาล์มน้ำมันเป็นพืชทางเลือกของพลังงานทดแทนที่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงานมีนโยบายผลักดันให้ประเทศไทยหันมาใช้พลังงานทดแทนดังกล่าวแทนการนำเข้าน้ำมันปิโตรเลียม ซึ่งเป็นเหตุให้ปริมาณความต้องการน้ำมันปาล์มในประเทศเพิ่มขึ้น ประกอบกับราคาน้ำมันปาล์มในตลาดโลกมีแนวโน้มสูงขึ้น ส่งผลให้ปาล์มน้ำมันกลายเป็นอุตสาหกรรมทางการเกษตรที่มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาประเทศ (ศูนย์สถิติการเกษตร, 2551)

กระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบมี 2 แบบ คือ กระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบแบบใช้ไอน้ำ (แบบเปียก) และกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบแบบไม่ใช้ไอน้ำ (แบบแห้ง) แต่เนื่องจากกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบแบบใช้ไอน้ำสร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูง คือ น้ำที่ใช้ในการผลิตมากกว่าร้อยละ 50 กลายเป็นน้ำเสีย (Ta Yeong Wu, 2009) หากไม่มีการบำบัดความสกปรกในน้ำเสียทำให้เกิดกลิ่นเหม็น (วารี ชัวนรักธรรม, 2553) และยังเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศโดยเฉพาะฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของหม้อน้ำ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553) ซึ่งมีความเข้มข้นฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นในช่วง 590 – 890 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร นอกจากนี้ทะลายปาล์ม กากปาล์ม เส้นใยปาล์ม กะลา และกากสลัดจ์ ที่เกิดจากกระบวนการผลิตนั้นจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม หากไม่มีการบริหารจัดการอย่างเหมาะสม (สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์ และคณะ, 2543) เป็นต้น ทำให้โรงงานแบบใช้ไอน้ำต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดสูงเพื่อให้เป็นไปตามกฎหมายของกรมควบคุมมลพิษ ต่อมาในปัจจุบันมีการพัฒนากระบวนการผลิตมาเป็นแบบไม่ใช้ไอน้ำมากขึ้น เนื่องจากเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย เสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดมลพิษลดลง และมีรายรับเพิ่มขึ้นจากการลดการใช้ทรัพยากร ทั้งนี้มีโรงงานซึ่งมีกระบวนการผลิตแบบไม่ใช้ไอน้ำให้ความร่วมมือและสนับสนุนงานวิจัย เพื่อใช้เป็นงานวิจัยนำร่อง 3 โรงงาน ได้แก่ โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

และผลิตน้ำมันพืช ตำบลพะตง อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา สกัดน้ำมันปาล์มด้วยวิธีอบแห้ง โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก สหกรณ์นิคมอ่าวลึก ตำบลคีรีวง อำเภอปลายพระยา จังหวัดกระบี่ สกัดน้ำมันปาล์มด้วยวิธีทอดในสภาวะสุญญากาศ และโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มและผลิตไบโอดีเซลระดับชุมชน ตำบลหนองพลับ อำเภอหัวหิน จังหวัดเพชรบุรี สกัดน้ำมันปาล์มด้วยวิธีทอดในสภาวะบรรยากาศ แต่โรงงานดังกล่าวข้างต้นยังไม่มีการศึกษาในกรอบของการลดผลกระทบของสิ่งแวดล้อมควบคู่กับการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์หรือบริการ

ดังนั้นเพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางธุรกิจ ผู้วิจัยจึงประยุกต์ใช้หลักการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบสัดส่วนระหว่างมูลค่าของผลิตภัณฑ์หรือบริการกับผลกระทบสิ่งแวดล้อม ตามวิธีการประเมินของคณะกรรมการนักธุรกิจเพื่อสิ่งแวดล้อมโลก (The World Business Council for Sustainable Development : WBCSD) ควบคู่กับหลักการเทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology) เพื่อหาแนวทางการพัฒนา ปรับปรุง และเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต ทำให้ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นตัวหารของค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจลดลง ในขณะที่มูลค่าของผลิตภัณฑ์หรือบริการยังคงเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเพิ่มขึ้น

เห็นได้ว่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจและเทคโนโลยีสะอาด มีความเชื่อมโยงระหว่างกันอย่างมาก โดยแนวคิดด้านประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ เริ่มต้นจากการดำเนินงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านเศรษฐกิจ และก่อให้เกิดผลประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมด้วย ขณะที่แนวคิดของเทคโนโลยีสะอาด เริ่มต้นจากการดำเนินงานเพื่อเพิ่มประสิทธิผลด้านสิ่งแวดล้อม ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการเพิ่มผลผลิตด้านเศรษฐกิจ ซึ่งวัตถุประสงค์สำหรับงานวิจัย จำกัดขอบเขตเฉพาะกระบวนการผลิตเท่านั้น (Gate-to-Gate) ทั้งนี้สามารถนำผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินไปกำหนดนโยบายและมาตรการพัฒนาอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มดิบแบบไม่ใช้ไอน้ำต่อไป

1.2 การตรวจเอกสาร

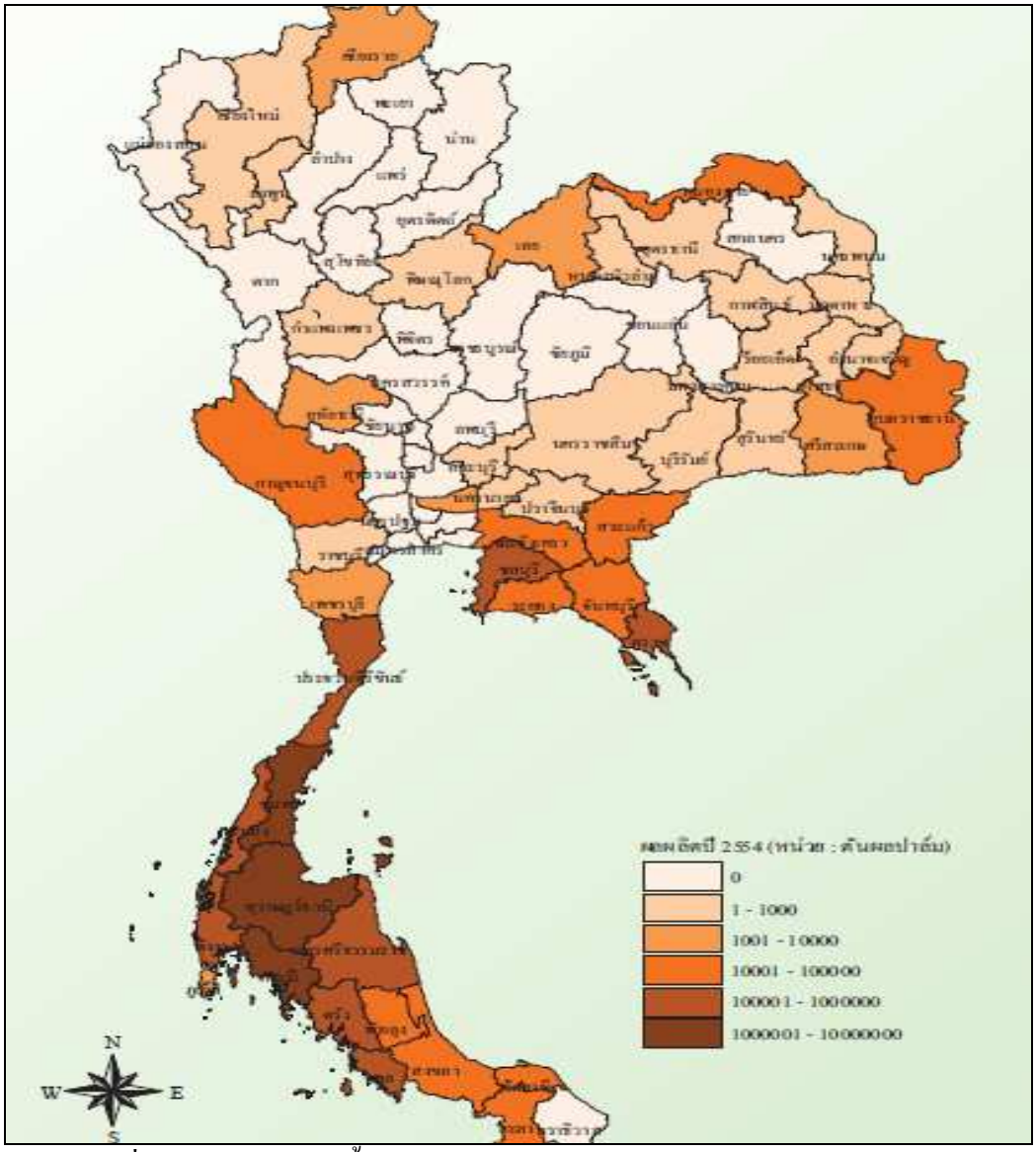
1.2.1 แหล่งผลิตน้ำมันปาล์มของโลก

อินโดนีเซียและมาเลเซียเป็นแหล่งผลิตน้ำมันปาล์มที่ใหญ่เป็นอันดับ 1 และ 2 ของโลกตามลำดับ มีผลผลิตน้ำมันปาล์มมากกว่าไทย 15-16 เท่าตัว ดังภาพประกอบที่ 1-1 โดยในระบบการค้าน้ำมันปาล์มของไทยมีผู้ที่เกี่ยวข้อง 3 ฝ่าย คือ ชาวสวนปาล์มน้ำมัน โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ และโรงงานกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ต่อมาเริ่มมีอีกฝ่ายหนึ่งเข้ามาเกี่ยวข้องในระบบการค้า ได้แก่ โรงงานผลิตไบโอดีเซลเชิงพาณิชย์ ซึ่งเริ่มเป็นผู้ผลิตรายใหม่ที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบในวัตถุดิบตั้งแต่ปี 2551 เป็นต้นมา

ภาพประกอบที่ 1-1 แหล่งผลิตน้ำมันปาล์มของโลก

ที่มา : สำนักงานส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร กรมการค้าภายใน (2554)

การผลิตปาล์มน้ำมันของไทยเติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่องในระยะ 15 ปีที่ผ่านมา ซึ่งผลผลิตน้ำมันปาล์มต่อไร่ที่มากที่สุด คือ ภาคใต้ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ ตามลำดับ ดังภาพประกอบที่ 1-2



ภาพประกอบที่ 1-2 ผลผลิตปาล์มน้ำมันของประเทศไทย พ.ศ. 2554

ที่มา : สำนักงานส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร กรมการค้าภายใน (2554)

1.2.2 ฤดูกาลและราคา

ฤดูกาล ปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตเก็บเกี่ยวได้ตลอดปี มีช่วงผลปาล์มออกสู่ตลาดมาก 2 ช่วง คือ ต้นปีราวเดือนมีนาคม-พฤษภาคมและปลายปีราวเดือนกันยายน-พฤศจิกายน ดังภาพประกอบที่ 1-3

ภาพประกอบที่ 1-3 ร้อยละผลผลิตปาล์มน้ำมันเก็บเกี่ยวรายเดือน

ที่มา : ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2554)

ราคา การรับซื้อผลปาล์ม ณ ขณะใดขณะหนึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่

- ฤดูกาลหรือปริมาณผลปาล์มที่เก็บเกี่ยวออกขาย ช่วงมีปริมาณมากขึ้นราคาจะลดลง ช่วงปริมาณน้อยลงราคาจะสูงขึ้นซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวตามฤดูกาล
- ราคาน้ำมันปาล์มดิบในประเทศที่ซื้อขายกันระหว่างโรงกลั่นและโรงสกัด รวมทั้งโรงงานผลิตไบโอดีเซล ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิต สต็อกและการจำหน่ายน้ำมันพืช
- ราคาน้ำมันปาล์มดิบและบริสุทธิ์ตลาดมาเลเซีย ซึ่งมีผลต่อการกำหนดราคาน้ำมันปาล์มดิบในประเทศอย่างมาก
- คุณภาพผลปาล์ม เป็นปัจจัยสำคัญมากอีกประการหนึ่ง ซึ่งขึ้นอยู่กับพันธุ์ที่ใช้ปลูก การดูแลรักษา การเก็บเกี่ยว และการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว

1.2.3 การกำหนดเกณฑ์คุณภาพมาตรฐานทางการค้าของผลปาล์มสดและน้ำมันปาล์มดิบ

การกำหนดเกณฑ์คุณภาพมาตรฐานทางการค้าของผลปาล์มสดที่โรงงานสกัดรับซื้อผลปาล์มของแต่ละโรงงานสามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 1-1 ดังนี้

ตารางที่ 1-1 การกำหนดเกณฑ์คุณภาพมาตรฐานทางการค้าของผลปาล์มสด

รายการ	เกณฑ์คุณภาพมาตรฐานทางการค้า
1. ความสด	ผลปาล์มสดที่ตัดส่งถึงโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มภายใน 24 ชั่วโมง
2. ความสุก	ทะลายปาล์มน้ำมันที่สุก ได้มาตรฐาน คือ มีสีแดงส้ม ลูกปาล์มชั้นนอกสุดของทะลายที่ร่วงหลุดจากทะลายประมาณ 10 ผล
3. ความสมบูรณ์	ลูกปาล์มน้ำมันมีจำนวนเต็มทะลาย และเห็นได้ชัดว่าได้รับการบำรุงรักษาอย่างดี

ตารางที่ 1-1 การกำหนดเกณฑ์คุณภาพมาตรฐานทางการค้าของผลปาล์มสด (ต่อ)

รายการ	เกณฑ์คุณภาพมาตรฐานทางการค้า
4. ความบอบช้ำ	ไม่มีทะลายที่มีความบอบช้ำ และเสียหายอย่างรุนแรง
5. ทะลายเป็นโรค	ไม่มีทะลายเป็นโรคใด ๆ หรือเน่าเสีย
6. ทะลายสัตว์กิน	ไม่มีทะลายที่มีรอยสัตว์กัด กินหรือทำความเสียหายแก่ลูกปาล์ม
7. สิ่งเจือปน	ไม่มีสิ่งสกปรกใด ๆ เจือปน เช่น หิน ดิน ทราย โคลน กาบหุ้มทะลาย ฯลฯ
8. ทะลายเปล่า	ไม่มีทะลายเปล่าผสมและเจือปนมา
9. ก้านทะลาย	ความยาวของก้านทะลาย ยาวไม่เกิน 2 นิ้ว หรือ 5 ซม.

ที่มา : สำนักงานส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร กรมการค้าภายใน (2554)

การจัดการคุณภาพผลปาล์มที่ดีจะเป็นผลดีต่อระบบการค้ำมันปาล์มของประเทศทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ โดยน้ำมันปาล์มดิบที่ผลิตได้จะมีคุณภาพได้มาตรฐาน สามารถเก็บรักษาไว้ได้นานขึ้น ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้มีมากขึ้น สามารถสร้างมูลค่าให้ระบบเศรษฐกิจของประเทศมากขึ้นและโรงงานกลั่นสามารถลดต้นทุนในการกลั่นน้อยลงได้ ซึ่งทางการค้ามีเกณฑ์คุณภาพมาตรฐานน้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil) ดังตาราง 1-2 ดังนี้

ตารางที่ 1-2 การกำหนดเกณฑ์คุณภาพมาตรฐานทางการค้าของน้ำมันปาล์มดิบ

รายการ	คุณภาพมาตรฐานทางการค้า
1. คุณสมบัติกายภาพ Appearance	ของเหลวสีส้ม/สีแดงอมส้มหรือกึ่งแข็ง ณ อุณหภูมิปกติ
2. ความชื้น&ความบริสุทธิ์ Moisture & Impurity(M&I)	ไม่เกิน 0.58%
3. กรดไขมันอิสระ Free Fatty Acid (FFA)	ไม่เกิน 5%
4. ค่าไอโอดีน Iodine Value (IV)	ไม่ต่ำกว่า 50 meq/g.

ที่มา : สำนักงานส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร กรมการค้าภายใน (2554)

1.2.4 การจำแนกประเภทกำลังการผลิตของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

การจำแนกลักษณะของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มตามกำลังการผลิต

โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบในภาคใต้นั้นมีโรงงานที่มีกำลังการผลิต 45 ตัน/ชั่วโมง มีจำนวนโรงงานมากที่สุด คือ 25 โรงงาน คิดเป็นร้อยละ 54.35 รองลงมาคือโรงงานที่มีกำลังการผลิต

30 ตัน/ชั่วโมง มีจำนวนโรงงาน 6 โรงงาน คิดเป็นร้อยละ 13.04 และโรงงานที่มีกำลังการผลิต 15 และ 60 ตัน/ชั่วโมง มีจำนวนโรงงานประเภทละ 5 โรงงาน ดังตาราง 1-3 ดังนี้

ตารางที่ 1-3 การจำแนกลักษณะของโรงงานสกัดน้ำมันตามกำลังการผลิต

อัตรากำลังการผลิต	จำนวนโรงงาน	ร้อยละ
10 ตัน/ชั่วโมง	1	2.17
15 ตัน/ชั่วโมง	5	10.87
30 ตัน/ชั่วโมง	6	13.04
40 ตัน/ชั่วโมง	2	4.35
45 ตัน/ชั่วโมง	25	54.35
60 ตัน/ชั่วโมง	5	10.87
80 ตัน/ชั่วโมง	1	2.17
80 ตัน/ชั่วโมง	1	2.17
90 ตัน/ชั่วโมง	1	2.17
รวม	46	100

ที่มา : ศูนย์สารสนเทศโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (2553)

การจำแนกลักษณะของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มตามร้อยละของการใช้พลังงาน

โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบเป็นกระบวนการที่ใช้พลังงานจำนวนมาก โดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้า ซึ่งทั้งนี้วัสดุเศษเหลือที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตนั้นสามารถนำไปผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าใช้เองได้เช่นกัน มีงานวิจัยพบว่า ภาพรวมของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบมีการใช้พลังงานจากไฟฟ้า คิดเป็นร้อยละ 24 จากการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด และโรงงานที่มีการใช้พลังงานจากไฟฟ้าที่ผลิตได้เอง ร้อยละ 76 โดยมีการกากปาล์ม เส้นใยปาล์ม และกากปาล์ม ตามลำดับ เป็นเชื้อเพลิง นอกจากนี้โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มยังมีการใช้แหล่งพลังงานจากน้ำมันดีเซล คิดเป็นร้อยละ 16 และน้ำมันเตาร้อยละ 4 (สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์ และคณะ, 2543) ดังตาราง 1-4 ดังนี้

ตารางที่ 1-4 การจำแนกลักษณะของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มตามร้อยละของการใช้พลังงาน

ข้อมูล	ขนาดของโรงงาน (ร้อยละ)			ภาพรวม
	ขนาดเล็ก	ขนาดกลาง	ขนาดใหญ่	
การใช้พลังงานจากไฟฟ้า	16.00	8.00	0.00	24.00
การใช้พลังงานจากไฟฟ้าที่ผลิตได้เอง	0.00	52.00	24.00	76.00
การใช้น้ำมันดีเซล	0.00	4.00	0.00	4.00
การใช้น้ำมันเตา	4.00	8.00	0.00	16.00

ที่มา : สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์ และคณะ (2543)

การจำแนกลักษณะของอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มตามจำนวนแรงงานและกำลังแรงม้าของเครื่องจักร

การพิจารณาขนาดของอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มที่กำหนดโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรมตามจำนวนการจ้างงานและกำลังแรงม้าของเครื่องจักร กำหนดให้อุตสาหกรรมขนาดเล็กมีจำนวนแรงงานไม่เกิน 20 คน หรือ มีกำลังแรงม้าของเครื่องจักรไม่เกิน 20 แรงม้า อุตสาหกรรมขนาดกลางมีจำนวนแรงงานไม่เกิน 50 คน หรือ มีกำลังแรงม้าของเครื่องจักรไม่เกิน 50 แรงม้า และอุตสาหกรรมขนาดใหญ่มีจำนวนแรงงานมากกว่า 50 คน หรือ มีกำลังแรงม้าของเครื่องจักรเกิน 50 แรงม้า (ศูนย์สารสนเทศโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2553) ดังตาราง 1-5 ดังนี้

ตารางที่ 1-5 การจำแนกลักษณะของอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มตามจำนวนการจ้างงาน และกำลังแรงม้าของเครื่องจักรในภาคใต้

เกณฑ์การจำแนกกำลังแรงม้าของเครื่องจักร (แรงม้า)			เกณฑ์การจำแนกจำนวนแรงงาน (คน)		
ขนาดเล็กไม่เกิน 20 แรงม้า	ขนาดกลางไม่เกิน 50 แรงม้า	ขนาดใหญ่เกิน 50 แรงม้า	ขนาดเล็กไม่เกิน 20 คน	ขนาดกลางไม่เกิน 50 คน	ขนาดใหญ่เกิน 50 คน
0 โรงงาน	0 โรงงาน	46 โรงงาน	4 โรงงาน	14 โรงงาน	27 โรงงาน

ที่มา : ศูนย์สารสนเทศโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (2553)

1.2.5 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมัน (Oil Palm) เป็นไม้ยืนต้นมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Elaeis Guineensis* มีถิ่นกำเนิดทางตะวันตกของทวีปแอฟริกา ปลูกได้ตลอดปี ให้ผลผลิตเมื่ออายุ 2 ปีครึ่งถึง 3 ปี และเก็บเกี่ยวผลผลิตได้นาน 25 ปี ลักษณะลำต้นเป็นลำต้นเดี่ยว ขนาดของลำต้นประมาณ 12 -20 นิ้ว และเมื่ออายุระหว่าง 1-3 ปี ลำต้นจะถูกหุ้มด้วยโคนกาบใบ แต่เมื่ออายุมากขึ้นโคนกาบใบจะหลุดร่วงทำให้เห็นลำต้นได้ชัดเจน ลักษณะผิวของลำต้นคล้ายต้นตาล ลักษณะใบเป็นรูปก้างปลา โคนกาบใบมีลักษณะเป็นซี่คล้ายหนามแต่ไม่คม เนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่แยกเพศ คือ ต้นที่เป็นเพศผู้จะให้เกสรตัวผู้อย่างเดียว และต้นที่เป็นเพศเมียจะให้เกสรตัวเมียอย่างเดียว ทำให้ลักษณะผลเป็นทะลายและเกาะติดกันแน่นจนไม่สามารถสอดนิ้วมือเข้าไปที่ก้านผลได้ ส่วนการเก็บผลปาล์มนั้นต้องตัดทาง (ใบ) ปาล์มก่อนตัดทะลายปาล์ม เรียกว่า แทงปาล์ม เพราะผลปาล์มจะตั้งอยู่บนทางปาล์ม (ประการ วีรกุล, 2545)

ลักษณะพันธุ์ปาล์มน้ำมันพิจารณาจากแก่นของผลปาล์มเป็นสำคัญ ซึ่งแบ่งพันธุ์ปาล์มได้ 3 ลักษณะ (ศูนย์วิจัยพืชสวนสุราษฎร์ธานี, 2547) ดังนี้

1.2.5.1 พันธุ์ดูรา (Dura) เป็นพันธุ์ที่มีกะลามาก เรียกว่า มาโครคายา (Macrocarya) ซึ่งหนาประมาณ 2-8 มิลลิเมตร มีชั้นเปลือกนอกที่ให้น้ำมัน (Mesocarp) ประมาณ 35-60% ของน้ำหนักผลปาล์ม พบมากในแถบตะวันออก นิยมใช้พันธุ์ดูราเป็นต้นแม่พันธุ์เพื่อผลิตลูกผสม

1.2.5.2 พันธุ์ฟิสิเฟอรา (Pisifera) เป็นพันธุ์ที่มีกะลาบางมาก หรือบางครั้งไม่มีกะลา เมล็ดในเล็ก ขนาดผลเล็ก ช่อดอกตัวเมียมักเป็นหมัน ผลผลิตทะลายต่อต้นต่ำ นิยมใช้พันธุ์ฟิสิเฟอราเป็นต้นพ่อพันธุ์เพื่อผลิตลูกผสม

1.2.5.3 พันธุ์เทเนอรา (Tenera) เป็นลูกผสมระหว่างพันธุ์แม่ดูราและพันธุ์พ่อฟิสิเฟอรา เป็นพันธุ์ที่มีกะลาบางประมาณ 0.5-4 มิลลิเมตร มีชั้นเปลือกนอกที่ให้น้ำมันประมาณ 60-90% ของน้ำหนักผลปาล์ม ผลผลิตทะลายต่อต้นสูง จึงนิยมปลูกปาล์มพันธุ์เทเนอราเป็นพันธุ์การค้าในปัจจุบัน

พันธุ์ดูรา (Dura)

พันธุ์ฟิสิเฟอรา (Pisifera)

พันธุ์เทเนอรา (Tenera) หรือ DxP

ภาพประกอบที่ 1-4 ลักษณะพันธุ์ปาล์มน้ำมัน

ที่มา : ศูนย์วิจัยพืชสวนสุราษฎร์ธานี (2547)

ผลปาล์มน้ำมัน สามารถให้ผลผลิตน้ำมัน 2 ชนิด คือ น้ำมันปาล์ม (Palm Oil) สกัดจากเนื้อปาล์ม และน้ำมันเมล็ดในปาล์ม (Palm Kernel Oil) สกัดจากเมล็ดหรือแก่นของผลปาล์ม โดยผลปาล์ม 1 ผล มีเบต้าแคโรทีน (Beta-Carotene) โปรวิตามินเอ (Pro Vitamin A) และวิตามินอี (Vitamin E) ในปริมาณสูง (พรชัย เหลืองอาภาพงษ์, 2542)

น้ำมันปาล์มสกัดจากปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นพืชน้ำมันที่ให้ปริมาณน้ำมันสูงเมื่อเปรียบเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่น เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันข้าวโพด น้ำมันงา น้ำมันรำข้าว เป็นต้น ซึ่งน้ำมันปาล์มสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหารและใช้ในการประกอบอาหาร เนื่องจากมีคุณสมบัติทนความร้อนได้ดี ไม่เกิดสารก่อมะเร็ง มีวิตามินอีสูง น้ำมันปาล์มส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะเดี่ยว ได้แก่ กรดโอเลอิก (Mono Unsaturated Oleic Acid) 40 % และกรดไขมันอิ่มตัว ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดปาล์มมิติก (Palmittic Acid) 44 % และกรดสเตียริก (Stearic Acid) 5 % ในสัดส่วนที่สมดุลกัน จึงทำให้น้ำมันปาล์มมีคุณสมบัติพิเศษ เหมาะสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารหลายประเภท ซึ่งการใช้ประโยชน์จากปาล์มน้ำมันก่อให้เกิดมูลค่าและรายได้โดยรวมของประเทศเพิ่มขึ้น (มนัส ชัยสวัสดิ์ และคณะ, 2551)

คุณสมบัติอีกประการหนึ่งของน้ำมันปาล์มคือ สามารถใช้ผลิตเป็นไขมันพืชที่มีสภาพเป็นของแข็ง (Solid -fat) โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการไฮโดรจีเนชั่น (Hydrogenation Process) ซึ่งเป็นการหลีกเลี่ยงการก่อตัวของกรดไขมันทรานซ์ (Trans Fatty Acids) เนื่องจากเป็นอันตรายต่อสุขภาพ นอกจากนี้ส่วนใบของต้นปาล์มสามารถนำมาบดเป็นอาหารสัตว์ กะลาปาล์มเป็นวัตถุดิบของเชื้อเพลิง ทะลายปาล์มใช้เพาะเห็ด และการปลูกปาล์มสามารถช่วยลดภาวะโลกร้อนได้
(ประเวศ วะสี, 2546)

ประเทศไทยมีการปลูกปาล์มในภาคใต้และภาคตะวันออก ส่วนพันธุ์ปาล์มน้ำมันที่ส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกเป็นปาล์มน้ำมันลูกผสมพันธุ์เทเนอรา เนื่องจากให้น้ำมันปาล์มมากกว่าปาล์มน้ำมันพันธุ์อื่น โดยอายุการเก็บเกี่ยวของปาล์มนั้นเริ่มให้ผลผลิตครั้งแรกอายุประมาณ 30 เดือน นับจากหลังปลูกลงแปลง และจะให้ผลผลิตอย่างต่อเนื่องเก็บเกี่ยวได้ตลอดปี แต่ต้องมีการดูแลรักษาที่เหมาะสมต่ออายุและสภาพพื้นที่ ซึ่งปาล์มน้ำมันจะให้ผลผลิตเฉลี่ยตลอดชีวิต 3,000 กก./ไร่/ปี โดยรอบการเก็บเกี่ยวจะอยู่ในช่วง 10 - 20 วันแล้วแต่ฤดูกาล โดยเฉลี่ยประมาณ 15 วันต่อครั้ง (ศูนย์สถิติการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2551)

ประโยชน์ของน้ำมันปาล์ม แบ่งได้ดังนี้

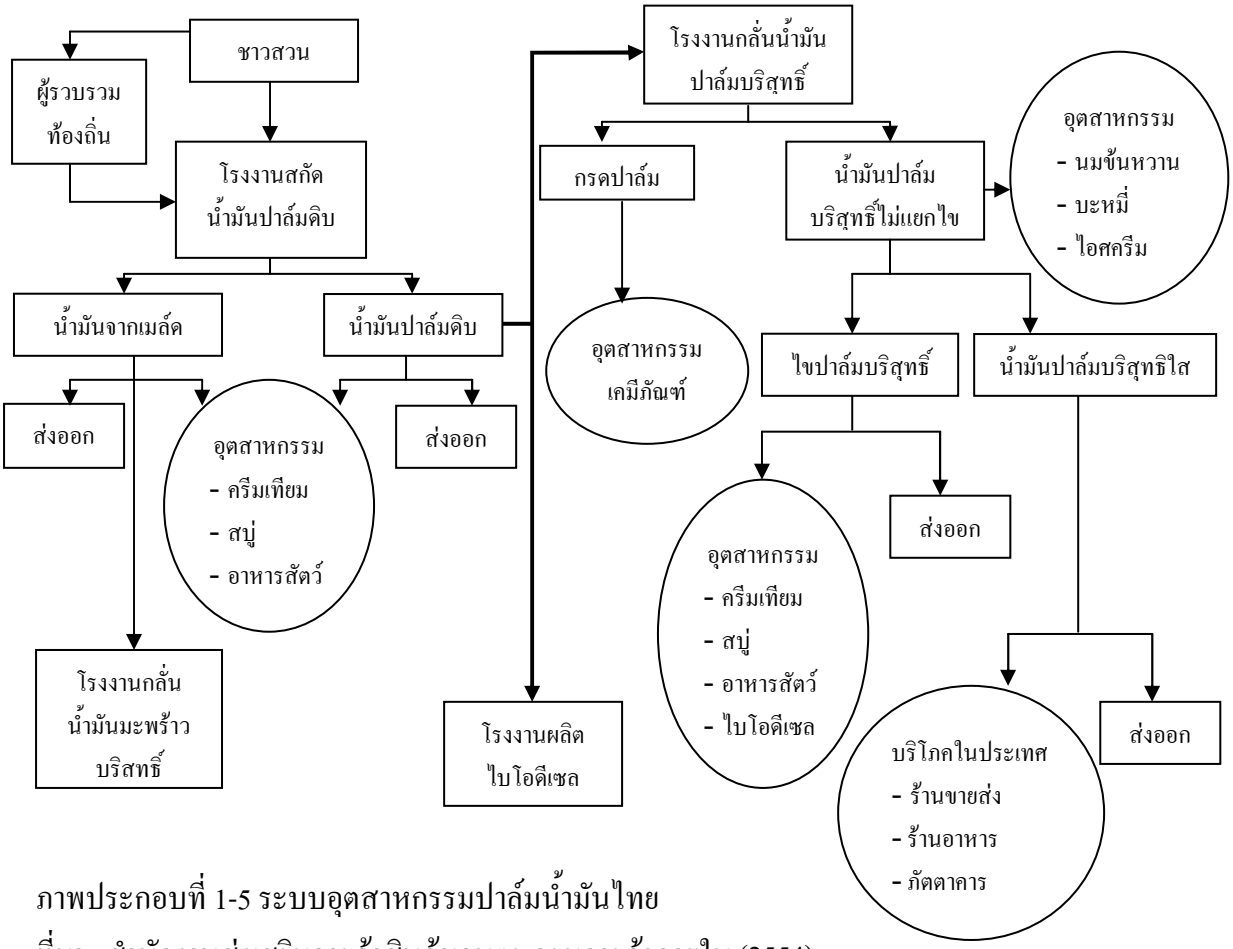
1. อุตสาหกรรมด้านอาหาร - น้ำมันปาล์มและน้ำมันเมล็ดในปาล์ม ประมาณ 80% นำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหลายประเภท เช่น น้ำมันทอด น้ำมันปรุงอาหาร มาการีน ไอศกรีม ครีม

เทียม นมเทียม เนยขาว เนยโกโก้ ขนมเค้ก ขนมปัง ฯลฯ รวมถึงผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเพื่อสุขภาพ เช่น วิตามินอี และวิตามินเอ เป็นต้น

2. อุตสาหกรรมโอลิโอเคมิคอล - น้ำมันปาล์มและน้ำมันเมล็ดในปาล์ม ประมาณ 20% นำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตสินค้าอุปโภค โดยผ่านกระบวนการทางเคมี ดังนี้

การผลิตกรดไขมันประเภทต่างๆ ได้แก่ กรดไขมันอิ่มตัว และกรดไขมันไม่อิ่มตัว เพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น กรดไฮโดรคลอริกใช้ทำเป็นเรซินในอุตสาหกรรมสี กรดปาล์มมิติกใช้ในการเลี้ยงเชื้อราเพื่อสกัดเป็นยาปฏิชีวนะหรือกรดปาล์มมิติกผสมกับกรด สเตียติกเพื่อทำเทียนไข กรดสเตียริกใช้ในการผลิตเครื่องสำอาง และสบู่เด็ก กรดโอเลอิกใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ และกรดลิโนเลอิกใช้เป็นยาฉีดสำหรับลดไขมันในเส้นเลือด

การผลิตเมทธิลเอสเทอร์เป็นสารที่ได้จากการทำปฏิกิริยาเคมีระหว่างน้ำมันปาล์มและเมทธิลอัลกอฮอล์ โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์หรือโซดาไฟเป็นสารเร่งปฏิกิริยา และมีผลพลอยได้ที่สำคัญคือ กลีเซอรอลเมทธิลเอสเทอร์ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ทั้งในด้านพลังงาน (ไบโอดีเซล) หรือใช้เป็นสารสำหรับผลิตอนุพันธ์ของกรดไขมันประเภทต่างๆ เช่น Fatty Alcohol ใช้ประโยชน์ในการผลิต Sodium Alkyl Sulphates และ Surfactant ที่ใช้ผลิตผงซักฟอก Fatty Acid Amides มีคุณสมบัติช่วยกันน้ำ นิยมใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ การผลิตกระดาษ ไม้อัด โลหะ ยาง เป็นต้น รวมถึง Fatty Amines ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ การผลิตพลาสติก น้ำมันหล่อลื่น สารควบคุมเชื้อราและแบคทีเรีย เป็นต้น (มนัส ชัยสวัสดิ์ และคณะ, 2551) โดยระบบการจัดการอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มของประเทศไทยนั้น แสดงดังภาพประกอบ 1-5 ดังนี้



ภาพประกอบที่ 1-5 ระบบอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันไทย
ที่มา : สำนักงานส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร กรมการค้าภายใน (2554)

1.2.6 กระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม

น้ำมันปาล์ม 10 ตัน ผู้ผลิตจะได้น้ำมันปาล์มจากเนื้อของผลปาล์ม 9 ตัน และน้ำมันปาล์มจากเมล็ดหรือแก่นของผลปาล์ม 1 ตัน ซึ่งกระบวนการผลิตน้ำมันจากผลปาล์มในปัจจุบัน มี 2 แบบ คือ

1.2.6.1 กระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบแบบใช้ไอน้ำ (สกัดน้ำมันปาล์มแบบเปียก) เป็นเทคโนโลยีที่โรงงานแบบเก่าส่วนใหญ่นิยมใช้ โดยจะใช้ไอน้ำร้อนในการนึ่งปาล์ม เพื่อหยุดปฏิกิริยาการเกิดกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid) ในผลปาล์ม ซึ่งไอน้ำร้อนช่วยทำให้ทะลายปาล์มสดอ่อนตัวและหลุดออกจากขั้วผลได้ง่าย จากนั้นแยกผลปาล์มและทะลายออกจากกัน เนื้อปาล์มที่ได้จะถูกส่งเข้าเครื่องหีบผลปาล์ม น้ำมันปาล์มที่ได้จะถูกนำไปผ่านกระบวนการกรอง ถังตกจม แยกทราย เหวี่ยงแยกน้ำมันด้วยเครื่อง Decanter Separator เพื่อทำให้ได้น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ทำให้น้ำมันปาล์มดิบที่ได้เย็นลง และบรรจุลงถังเก็บน้ำมัน (ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎธานี, 2554)

ผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตแบบใช้ไอน้ำ คือ Condensate ทะลายปาล์มเปล่า Press Cake น้ำเสีย และDecanter Cake

ข้อดีของระบบ คือ ได้น้ำมันปาล์มเกรดเอ มีคุณภาพและสมบัติเหมาะต่อการใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่อเนื่อง เช่น การผลิตน้ำมันไบโอดีเซล หรือน้ำมันพืช เป็นต้น

ข้อเสียของระบบ คือ กระบวนการผลิตมีการใช้ไอน้ำจึงทำให้เกิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตสูง รวมทั้งกระบวนการผลิตประกอบด้วยเครื่องมือและเครื่องจักรที่มีความซับซ้อนมากกว่ากระบวนการผลิตแบบไม่ใช้ไอน้ำ (บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์, 2552) ซึ่งกระบวนการผลิตแบบดังกล่าวส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงมากโดยเฉพาะปัญหาน้ำเสีย ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดที่สูงเช่นกัน ส่งผลให้ผู้ประกอบการส่วนใหญ่เริ่มปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตมาเป็นแบบไม่ใช้ไอน้ำ

1.2.6.2 กระบวนการผลิตน้ำมันแบบไม่ใช้ไอน้ำ (สกัดน้ำมันปาล์มแบบแห้ง) เนื่องจากกระบวนการผลิตแบบใช้ไอน้ำส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้โรงงานต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดจำนวนมาก เพื่อให้เป็นไปตามกฎหมายของกรมควบคุมมลพิษ ต่อมาโรงงานจึงมีการพัฒนากระบวนการผลิตเป็นแบบไม่ใช้ไอน้ำมากขึ้น ซึ่งปัจจุบันมี 3 แบบ ได้แก่ แบบอบแห้ง แบบทอดในสภาวะสุญญากาศ และแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ

1. การสกัดน้ำมันปาล์มแบบอบแห้ง

ผลพลอยได้ที่เกิดขึ้น คือ ขยะและเศษช่อดอก กากปาล์ม ตะกอนน้ำมัน อากาศเสีย และขี้เถ้า

ข้อดีของระบบ คือ กระบวนการผลิตมีความยุ่งยากน้อยกว่ากระบวนการผลิตแบบใช้ไอน้ำ และกากเนื้อปาล์มที่ได้ยังมีคุณค่าสามารถจำหน่ายหรือใช้เป็นอาหารสัตว์ รวมทั้งไม่ใช้น้ำในกระบวนการผลิตจึงไม่เกิดน้ำเสีย

ข้อเสียของระบบ คือ น้ำมันปาล์มที่ได้เป็นน้ำมันรวม ซึ่งมีค่าไอโอดีนไม่เหมาะที่จะใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่อเนื่อง ทำให้น้ำมันถูกลดเกรดเป็นน้ำมันปาล์มเกรดบี รวมทั้งเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตมีความสึกหรอมากกว่ากระบวนการผลิตแบบใช้ไอน้ำ เพราะหีบเนื้อปาล์มและเมล็ดหรือแก่นของผลปาล์ม (ที่มีความแข็ง) พร้อมกัน ทำให้มีค่าใช้จ่ายด้านการซ่อมแซมและบำรุงรักษาค่อนข้างสูง (บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์, 2552) ดังตารางที่ 1-1

2. การสกัดน้ำมันปาล์มแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ

ผลพลอยได้ที่เกิดขึ้น คือ ขยะและเศษช่อดอก กากปาล์ม อากาศเสีย และขี้เถ้า

ข้อดีของระบบ คือ ไม่มีน้ำเสีย ไม่มีเขม่า กลิ่น ควัน เสียงดังจากกระบวนการผลิต และปลอดภัยจากการระเบิด เพราะทอดในระบบปิดสภาวะสุญญากาศ ประสิทธิภาพการผลิตน้ำมันสูง สามารถผลิตน้ำมันจากเนื้อของผลปาล์มแยกกับน้ำมันที่ได้จากเมล็ดหรือแก่นของผลปาล์มได้เนื่องจากใช้เครื่องหีบเพลาคู่ และในกรณีที่จะผลิตเป็นไบโอดีเซลต่อนั้นสามารถผลิตน้ำมันจากเนื้อของผลปาล์มผสมกับน้ำมันที่ได้จากเมล็ดหรือแก่นของผลปาล์ม นอกจากนั้นกากปาล์มที่ได้สามารถขายเป็นอาหารสัตว์ (กรณีหีบรวม) (ชาญชัย รังษี, 2547)

ข้อเสียของระบบ คือ กรดไขมันอิสระค่อนข้างสูง เนื่องจากต้องใช้ผลปาล์มร่วงเป็นวัตถุดิบ (สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน, 2553) ดังตารางที่ 1-1

3. การสกัดน้ำมันปาล์มแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ

ผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นจาก คือ เศษทลายปาล์มและเศษช่อดอก กากปาล์ม อากาศเสีย และขี้เถ้า

ข้อดีของระบบ คือ การสกัดยุ่งยากน้อยกว่าแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ เนื่องจากเป็นการทอดแบบธรรมดา โดยใช้ไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงในการทอดโดยตรง และมีการหีบน้ำมันหลายครั้งทำให้ได้น้ำมันปาล์มในปริมาณมาก ประกอบกับไม่เกิดน้ำเสีย

ข้อเสียของระบบ คือ มีเขม่าควันฟุ้งกระจาย ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ไม้ฟืนที่ไม่มีฝาปิดกั้น ประกอบกับต้องใช้คนในการคนผลปาล์มขณะทอดอยู่ตลอดเวลา รวมทั้งสิ้นเปลืองค่าไฟฟ้าในการหีบผลปาล์มจำนวนมาก ดังตาราง 1-6 ดังนี้

ตารางที่ 1-6 เปรียบเทียบกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปาล์ม

ข้อเปรียบเทียบ	กระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบแบบไม่ใช้ไอน้ำ		
	แบบอบแห้ง	แบบทอดในสภาวะสุญญากาศ	แบบทอดในสภาวะบรรยากาศ
งบประมาณและการบริหารจัดการ	1. ใช้งบลงทุนน้อย 2. ค่าบริหารจัดการต่ำ	1. ใช้งบลงทุนสูง 2. ค่าบริหารจัดการสูง	1. ใช้งบลงทุนน้อย 2. ค่าบริหารจัดการต่ำ
น้ำมันปาล์ม	1. เป็นน้ำมันรวมได้จากเนื้อและเมล็ดในปาล์ม 2. ไม่ต้องผ่านกระบวนการไล่ความชื้นในน้ำมันปาล์ม 3. เป็นน้ำมันเกรดบี	1. เป็นน้ำมันเปลือกแยกกับน้ำมันเมล็ดใน (เครื่องหีบเพลาคู่) หรือน้ำมันเปลือกผสมกับน้ำมันเมล็ดใน(เครื่องหีบเพลาเดี่ยว) 2. ผ่านกระบวนการไล่ความชื้นด้วยถังอบแห้งไล่ความชื้น 3. เป็นน้ำมันเกรดบี	1. เป็นน้ำมันรวมได้จากเนื้อและเมล็ดในปาล์ม 2. เป็นน้ำมันเกรดบี

ตารางที่ 1-6 เปรียบเทียบกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปาล์ม (ต่อ)

ข้อเปรียบเทียบ	กระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบแบบไม่ใช้ไอน้ำ		
	สกัดน้ำมันปาล์มด้วยวิธีอบแห้ง	สกัดน้ำมันปาล์มด้วยวิธีทอดในสภาวะสุญญากาศ	การสกัดน้ำมันปาล์มด้วยวิธีทอดในสภาวะบรรยากาศ
พลังงาน	1. พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนจากไม้ฟืนในการอบ	1. พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนจากไม้ฟืนในทอดสภาวะสุญญากาศ	1. พลังงานความร้อนจากไม้ฟืนในการทอดสภาวะบรรยากาศ
มลพิษ	1. ไม่มีน้ำเสียเกิดขึ้น 2. มีฝุ่นละอองจากการเผาไม้ฟืน 3. มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการอบผลปาล์ม การต้มและการเผาไม้ฟืน	1. ไม่มีน้ำเสียเกิดขึ้น 2. มีฝุ่นละอองจากการเผาไม้ฟืน 3. มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไม้ฟืน	1. ไม่มีน้ำเสียเกิดขึ้น 2. มีฝุ่นละอองจากการเผาไม้ฟืน 3. มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการทอดผลปาล์มและการเผาไม้ฟืน
การจัดการปัญหา	1. ใช้กากปาล์มเป็นเชื้อเพลิงในการอบผลปาล์ม 2. ควรมีฝาปิดที่เตาเผาเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของขี้เถ้า	1. ใช้กากปาล์มเป็นเชื้อเพลิงของเตาเทอร์มัลในการทอดผลปาล์ม 2. ระบบสุญญากาศทำให้ไม่มีอากาศเสียและขี้เถ้า	1. ใช้น้ำมันหลังการทอดไปผลิตเป็นไบโอดีเซล 2. ใช้กากปาล์มเป็นเชื้อเพลิงเพราะให้ค่าความร้อนสูง 3. ควรมีอุปกรณ์ดูดควันที่เกิดขึ้นจากการทอด

ที่มา : ดัดแปลงจากบุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์ (2552)

1.2.7 การใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือของกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม

อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มเป็นอุตสาหกรรมที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูง แต่ขณะเดียวกันวัสดุเศษเหลือที่เกิดขึ้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายเช่นกัน ดังนี้

- ทะลายปาล์มเปล่า สามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงให้กับหม้อกำเนิดไอน้ำ (boiler) วัสดุคลุมดินในสวนปาล์มเพื่อลดการระเหยของน้ำ รักษาความชุ่มชื้นให้กับดิน และเป็นการเพิ่มแร่ธาตุให้แก่พืช ใช้ทะลายปาล์มเปล่าในการเพาะเห็ด ใช้ทะลายปาล์มเปล่าเป็นวัตถุดิบในการผลิต particle board การทำวัสดุไส้ในของที่นั่ง ที่นอน นอกจากนี้ได้มีการนำขี้เถ้าจากทะลายปาล์มเปล่าซึ่งผ่านการเผาในเตาเผาไปใช้เป็นปุ๋ยที่องค์ประกอบของธาตุอาหาร ได้แก่ K_2O 32%, P_2O_2 4%, MgO 5%, Cao 4% ซึ่งการนำทะลายปาล์มเปล่ามาใช้ประโยชน์สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในเรื่องเชื้อเพลิง เป็นการลดการใช้ทรัพยากรสิ้นเปลือง ซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงาน เป็นการ

ดึงธาตุอาหารกลับมาใช้ใหม่ เป็นการลดปริมาณของเสียที่เกิดจากรับวนการผลิตน้ำมันปาล์ม และยังสามารถลดต้นทุนขอผู้ประกอบการได้อีกด้วย (พรชัย เหลืองอาภาพงศ์, 2553)

- เส้นใยปาล์ม เส้นใยปาล์มเกือบทั้งหมดสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงให้กับหม้อกำเนิดไอน้ำสำหรับการผลิตไอน้ำหรือผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าได้ เป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในเรื่องเชื้อเพลิงให้กับโรงงาน และเป็นการลดใช้ทรัพยากรสิ้นเปลืองซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงาน นอกจากนี้สามารถนำเถ้าจากเส้นใยปาล์มที่มีองค์ประกอบของฟอสฟอรัส 17-66% โพรแทสเซียม 17-25% และแคลเซียม 7% นำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น ทำปุ๋ย การใช้เส้นใยปาล์มเป็นส่วนผสมในการทำผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ เพื่อเพิ่มทางทนทานของผลิตภัณฑ์ และเพิ่มทางเลือกในการใช้วัสดุจากปุ๋ย (สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์ และคณะ, 2543)

- กะลา เป็นวัสดุเศษเหลือจากการกะเทาะเมล็ดในปาล์ม เพื่อให้เหลือเฉพาะส่วนของเมล็ดในสำหรับการนำไปสกัดน้ำมันปาล์มจากเมล็ดในปาล์ม ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น การใช้กะลาเป็นเชื้อเพลิงควบคู่กับเส้นใยปาล์ม เพื่อช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในเรื่องของเชื้อเพลิง ลดการใช้ทรัพยากรสิ้นเปลืองแทนการใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่นที่ไม่จำเป็น นอกจากนี้มีการนำกะลาปาล์มน้ำมันมาผลิตถ่านกัมมันต์ ซึ่งช่วยลดการทำลายทรัพยากรป่าไม้ (เตือนใจ ปียัง, 2554)

- กากสลัดจ์ เป็นวัสดุเศษเหลือที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนการแยกน้ำมันปาล์ม สามารถใช้ประโยชน์โดยนำมาทำปุ๋ย เนื่องจากเป็นแหล่งแร่ธาตุที่สำคัญ คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพรแทสเซียม เพื่อดึงธาตุอาหารกลับมาใช้ใหม่ นอกจากยังมีการนำกากสลัดจ์มาผสมกับขี้เลื่อยไม้ยางพาราในการเพาะเห็ดนางฟ้า ซึ่งช่วยลดการใช้วัสดุเกษตรชนิดอื่นในการเพาะเห็ดได้ และยังสามารถนำกากสลดจ์เหล่านี้ไปเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ด้วย (สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์ และคณะ, 2543)

1.2.8 ประวัติความเป็นมาและความหมายของประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

แนวคิดเกี่ยวกับหลักการประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเริ่มขึ้นในช่วงประมาณปี พ.ศ. 2513 ซึ่งเป็นช่วงที่ประเด็นการอนุรักษ์และการป้องกันมลภาวะที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมได้ถูกจุดประกายขึ้น และกลายเป็นประเด็นที่สำคัญสำหรับทุกสังคม รวมถึงทุกประเทศในโลกที่จะต้องหันมาให้ความสำคัญกับการป้องกันมลภาวะที่จะเกิดกับสิ่งแวดล้อม โดยคณะกรรมการวิทยาศาสตร์แห่งประเทศแคนาดา (Science Council of Canada) เกิดแนวคิดต้นแบบของประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในขณะนั้นซึ่งเรียกว่า หลักการสังคมอนุรักษ์ (Conserver Society) ต่อมาองค์กรอนุรักษ์ธรรมชาติ (International Union for The Conservation of Nature: IUCN) และองค์กรอื่นที่เกี่ยวข้องได้นำแนวคิดดังกล่าวมาปรับเปลี่ยนให้เป็นแผนกลยุทธ์การอนุรักษ์ระดับโลก และนำมาสู่การพัฒนาเป็นคำว่า ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency) ซึ่งหลังจากที่นักวิจัยชาวสวิสได้

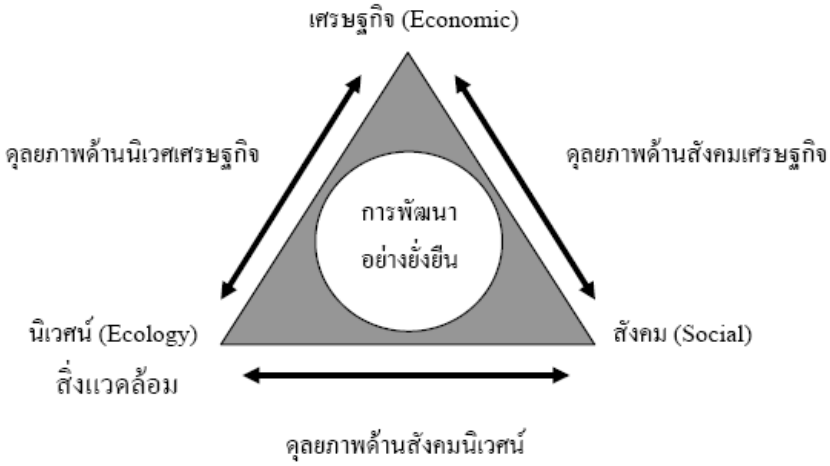
เริ่มต้นเสนอแนวคิดของคำว่า ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจต่อสาธารณะได้ไม่นาน คณะกรรมการนักธุรกิจเพื่อสิ่งแวดล้อมโลก (World Business Council for Sustainable Development: WBCSD) ซึ่งเป็นการรวมตัวระหว่างกลุ่มบริษัทชั้นนำระหว่างประเทศกว่า 130 บริษัท จาก 30 ประเทศทั่วโลก ได้ให้คำจำกัดความของคำว่า ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจอย่างเป็นทางการในปี พ.ศ. 2534 ภายใต้แนวความคิดให้เกิดการรวมกันของการพัฒนาที่ดีขึ้นทางด้านเศรษฐกิจด้านสิ่งแวดล้อมอันจะนำไปสู่ผลลัพธ์ทางด้านสังคม ซึ่งทำให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไป (Cote R. *et al.*, 2006)

คำว่า ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ มาจากการรวมกันของคำ 2 คำ ได้แก่ คำว่า Eco หมายถึง ระบบนิเวศ (Ecology) และ เศรษฐกิจ (Economy) กับคำว่า ประสิทธิภาพ (Efficiency) โดย WBCSD ได้ให้คำนิยามของคำว่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจว่า “การแข่งขันในศักยภาพด้านการผลิตและการบริการ โดยมีจุดประสงค์เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์และนำมาซึ่งคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ในขณะที่การแข่งขันดังกล่าวจำเป็นต้องตระหนักถึงผลกระทบที่มีต่อระบบนิเวศและทรัพยากรธรรมชาติ ให้อยู่ในระดับที่ความสามารถของโลกใบนี้ที่จะรองรับผลกระทบที่เกิดจากการแข่งขันได้” (WBCSD, 2000a)

1.2.9 ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจกับการพัฒนาอย่างยั่งยืนของภาคอุตสาหกรรม

การพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Development) ของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยเป็นประเด็นที่หลายหน่วยงานให้ความสำคัญในปัจจุบัน เนื่องจากการพัฒนาอย่างยั่งยืน คือ การพัฒนาอย่างสมดุล หมายถึง การพัฒนาที่มีการบูรณาการให้เกิดองค์รวมระหว่างองค์ประกอบทางด้านเศรษฐกิจ ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านสังคม ซึ่งมนุษย์จะช่วยให้เกิดการประสานกันครบองค์รวมโดยมีดุลยภาพเรียกว่า ภาวะยั่งยืน (WBCSD, 2000a)

การพัฒนาอย่างยั่งยืนของภาคอุตสาหกรรม หมายถึง ความพยายามสร้างสมดุลทางเศรษฐกิจ สามารถทำให้เกิดการแข่งขันได้อย่างเสรีในตลาดโลก ควบคู่ไปกับการคุ้มครองและรักษาสภาพแวดล้อม โดยไม่สร้างภาระให้กับโลก นำไปสู่การมีชีวิตที่ดีของมนุษย์ทั้งในปัจจุบันและอนาคต และใช้ดัชนีชี้วัดในการตรวจสอบลักษณะความมีประสิทธิภาพของอุตสาหกรรมในมิติทางด้านเศรษฐกิจและด้านสิ่งแวดล้อม โดยสามารถนำผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินไปใช้เปรียบเทียบกับองค์กรของตนเอง เพื่อกำหนดนโยบายและมาตรการพัฒนาของอุตสาหกรรมอย่างมีดุลยภาพ (CPEE, 2000) ดังภาพประกอบที่ 1-6



ภาพประกอบที่ 1-6 องค์ประกอบของการพัฒนาอย่างยั่งยืน
ที่มา : ดัดแปลงจาก WBCSD, 2000a

การนำประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจมาใช้ในอุตสาหกรรม โดยกำหนดเป็นดัชนีชี้วัดเพื่อรายงานผลดำเนินงานของอุตสาหกรรม ปัจจุบันได้รับความเป็นสากลมากขึ้น เพราะสามารถรายงานผลการดำเนินงานและกำหนดนโยบายและมาตรการของผู้บริหาร อันนำไปสู่ภาวะยั่งยืนต่อไป

1.2.10 แนวทางการดำเนินงาน และหลักการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

การดำเนินงานของอุตสาหกรรมจะประสบความสำเร็จในเชิงนิเวศเศรษฐกิจเพิ่มขึ้น หากมีแนวทางการดำเนินงาน 7 ประการ ซึ่งได้กำหนดวิธีการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจและได้ให้คำแนะนำแนวทางไว้โดย WBCSD (WBCSD, 2000b) ดังต่อไปนี้

1. ลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติหรือวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิต (Reduce Material Intensity)
2. ลดการใช้พลังงานในการผลิตและบริการ (Reduce Energy Intensity)
3. ลดการปล่อยสารพิษออกสู่สิ่งแวดล้อม (Reduce Dispersion of Toxic Substance)
4. เพิ่มศักยภาพการใช้ใหม่ของวัสดุ (Enhance Recyclability)
5. เพิ่มปริมาณการใช้ทรัพยากรที่หมุนเวียนได้ (Maximize Use of Renewable)
6. เพิ่มอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ (Extend Product Durability)
7. เพิ่มระดับการให้บริการแก่ผลิตภัณฑ์และเสริมสร้างธุรกิจบริการ (Increase Service Intensity)

วิถีทางการดำเนินงานเพื่อให้บรรลุถึงแนวทางทั้ง 7 ประการ ควรประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญทั้งหมด 4 ส่วน ได้แก่

1. องค์กรธุรกิจหรือภาคอุตสาหกรรมที่ต้องการประยุกต์ใช้หลักการประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

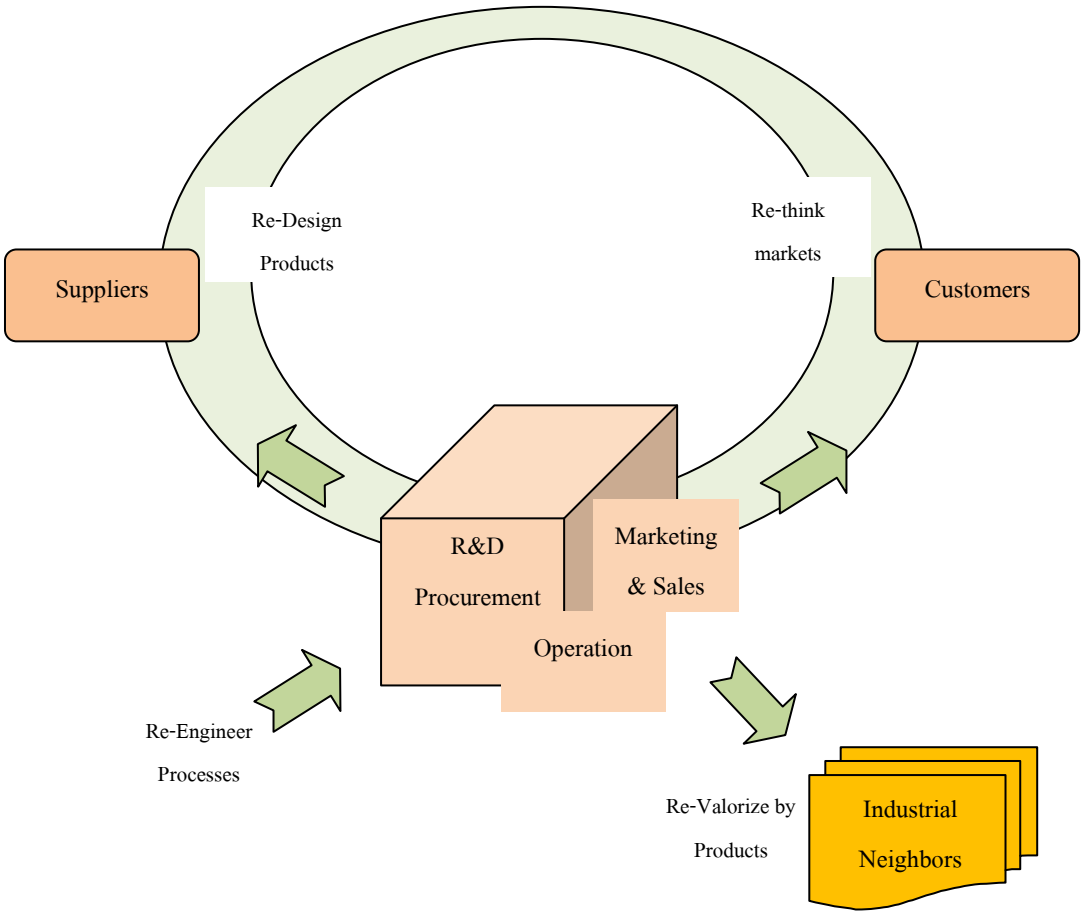
2. องค์กรธุรกิจหรือภาคอุตสาหกรรมที่อยู่ใกล้เคียงหรือมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน (Industrial Neighbors)

3. ผู้จัดหา (Suppliers)

4. ลูกค้า (Customers)

โดยที่องค์ประกอบทั้ง 4 ส่วนที่กล่าวข้างต้นนี้จะต้องมีความสัมพันธ์พึ่งพากัน และพัฒนาการดำเนินงานเพื่อให้บรรลุสู่แนวทาง 7 ประการอันจะนำไปสู่การพัฒนาขีดความสามารถของประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของตนเอง ซึ่งอาจขยายความถึงความสัมพันธ์เชื่อมโยง และแนวทางการดำเนินงานของแต่ละองค์ประกอบได้ดังนี้คือ ในส่วนขององค์กรธุรกิจหรือภาคอุตสาหกรรมที่ต้องการประยุกต์ใช้หลักการประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเองนั้น วิถีทางการดำเนินงานเพื่อให้บรรลุถึงแนวทางการประสบความสำเร็จเชิงนิเวศเศรษฐกิจทั้ง 7 ประการ สามารถทำได้โดยการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยอาศัยหลักทางวิศวกรรมศาสตร์ (Re-Engineer Processes) เพื่อให้เกิดการลดการใช้พลังงาน ทรัพยากรธรรมชาติและวัตถุดิบ ปริมาณมลพิษที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม รวมถึงราคาต้นทุนการผลิตให้ได้มากที่สุด ซึ่งต้องมีการสร้างความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันระหว่างองค์ประกอบที่ 1 และ 2 ทั้งในด้านเทคโนโลยีการผลิต บุคลากร และผลพลอยได้ที่เหลือจากกระบวนการ กล่าวคือ มีการแลกเปลี่ยนความรู้ และประสบการณ์ระหว่างบุคลากรในด้านเทคโนโลยีการผลิตหรือการบริหารจัดการที่เกี่ยวข้องสิ่งแวดล้อมซึ่งกันและกัน ผลพลอยได้ที่เหลือจากกระบวนการของอุตสาหกรรมหรือโรงงานหนึ่งอาจสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบให้กับอีกอุตสาหกรรมหรือโรงงานอื่นได้ ซึ่งจะสามารถช่วยให้เกิดการปิดวงของของเสีย (Close Loop Waste Emission) ที่เกิดขึ้นภายในอุตสาหกรรมหรือโรงงานตนเองโดยสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์กับภาคอุตสาหกรรมหรือโรงงานอื่นได้ ในส่วนการดำเนินงานเพื่อให้บรรลุสู่เป้าหมายเชิงนิเวศเศรษฐกิจที่ 3 สามารถทำได้โดยความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบที่ 1 และองค์ประกอบที่ 3 กล่าวคือ ตัวองค์กร ภาคอุตสาหกรรมหรือโรงงานเองจำเป็นที่จะต้องมีการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ของตนเอง (Re-Design Products) ที่ส่งให้กับผู้จัดหา (Supplier) เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด หมายความได้ถึงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของตนเองให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานมากขึ้น วัสดุที่เป็นองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์สามารถนำกลับมาเวียนใช้ซ้ำหรือแปรใช้ใหม่ได้ อันจะเป็นการช่วยลดผลกระทบที่จะเกิดกับสิ่งแวดล้อม และช่วยลดต้นทุนการผลิตจากการที่จะสามารถนำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมาแปรใช้ใหม่ได้อีกด้วย ในส่วนวิถีทางการดำเนินงานสุดท้ายคือ การดำเนินงานเพื่อให้เกิดความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างตัวตัวองค์กร ภาคอุตสาหกรรมหรือโรงงานกับลูกค้า การ

ที่จะดำเนินงานให้บรรลุสู่เป้าหมายเชิงนิเวศเศรษฐกิจในส่วนนี้สามารถทำได้โดยอาศัยการปรับปรุงกระบวนการคิดที่เกี่ยวข้องกับการตลาด (Rethink Markets) หลายๆองค์กรธุรกิจ ภาคอุตสาหกรรมหรือโรงงานในแถบประเทศยุโรป และอเมริกา ปัจจุบันเริ่มเปลี่ยนแนวคิดที่จะมุ่งให้ความสำคัญในด้านการบริการหลังการขายแก่ลูกค้ามากกว่าที่จะมุ่งเพียงขายผลิตภัณฑ์สู่ผู้บริโภค การมุ่งให้ความสำคัญด้านการบริการภายหลังการขายจะช่วยให้อายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์นั้นๆมีอายุการใช้งานที่ยาวนานมากขึ้น อันจะส่งผลให้เกิดการลดการใช้พลังงาน และวัตถุดิบตามมาเป็นลำดับ

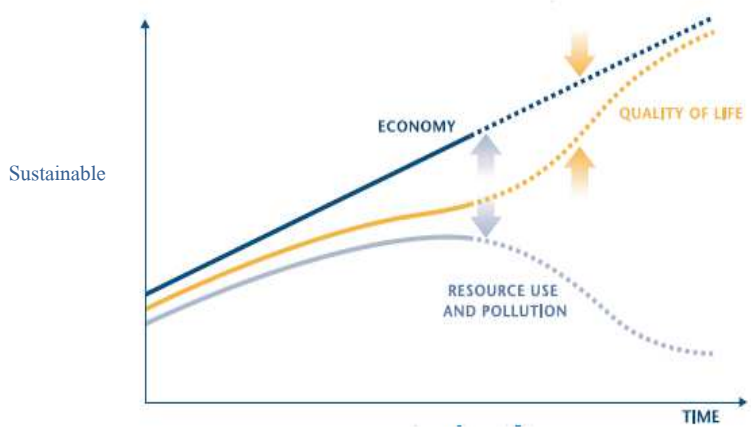


ภาพประกอบที่ 1-7 แนวทางการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆสู่การพัฒนาอย่างมี - ประสิทธิภาพ

ที่มา : ดัดแปลงจาก WBCSD, 2000b

ทิศทางการพัฒนาอย่างยั่งยืนของประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ เป็นเครื่องมือทางการจัดการช่วยให้เกิดผลกำไรเพิ่มขึ้นจากการลดการใช้ทรัพยากรหรือวัตถุดิบ พลังงาน รวมถึงลดการปล่อยของเสียออกสู่สิ่งแวดล้อม ในขณะเดียวกันจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง ดัง

ภาพประกอบที่ 1-8 ซึ่งแกน Y คือ ความยั่งยืน และแกน X คือ เวลา กล่าวคือเมื่อมีการพัฒนาด้านเศรษฐกิจเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปัจจัยความต้องการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและการปล่อยมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งหากมีการดำเนินการต่อไปอาจไม่เป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อมและคุณภาพชีวิตในอนาคต เห็นได้จากเส้นกราฟปัจจัยคุณภาพชีวิตมีแนวโน้มลดลง แต่ถ้าหากคำนึงถึงการพัฒนาอย่างยั่งยืน คือ การพัฒนาด้านเศรษฐกิจควบคู่กับด้านสิ่งแวดล้อม ส่งผลให้คุณภาพชีวิตดีขึ้นด้วย ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน เห็นได้จากลักษณะเส้นกราฟเป็นเส้นประที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น



ภาพประกอบที่ 1-8 ความสัมพันธ์ระหว่างด้านเศรษฐกิจ การปล่อยมลพิษ และคุณภาพชีวิต
ที่มา : WBCSD, 2000b

การประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ตามแนวทางวิธีการประเมินที่กำหนดขึ้นโดย WBCSD สามารถประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจได้จากการพิจารณาสัดส่วนของมูลค่าผลิตภัณฑ์หรือการบริการ เปรียบเทียบกับผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อม ดังสมการที่(1-1) (Charmondusit K. *et al.,* 2007) ดังนี้

$$EE_n = \frac{EI_n}{\sum En_m} \qquad (1\text{-}1)$$

เมื่อ EE_n คือ ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของตัวอย่าง n ที่ทำการประเมิน

EI_n คือ มูลค่าทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์หรือบริการ

En_m คือ ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อม และเป็นฟังก์ชั่นโดยตรงกับดัชนีชี้วัดทางสิ่งแวดล้อมต่างๆ “m” ที่กำหนดขึ้น โดยการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจจะนำค่า EI มาประเมินเปรียบเทียบกับค่า En_m แยกกันตามแต่ละดัชนีชี้วัด m

จากสมการที่ (1-1) เห็นได้ว่า ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยของมูลค่าผลิตภัณฑ์หรือบริการ (Product or Service Value) และปัจจัยของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Influence) โดยที่ทั้ง 2 ปัจจัย จะอยู่ในรูปที่เป็นสัดส่วน

กัน ซึ่งจำเป็นที่จะต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลปัจจัยของมูลค่าผลิตภัณฑ์หรือบริการ และข้อมูลปัจจัยของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นในการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจจากสมการดังกล่าว จึงต้องเลือกค่าข้อมูลจากดัชนีชี้วัดที่เหมาะสมกับธุรกิจหรืออุตสาหกรรมแต่ละประเภท เพื่อให้ผลลัพธ์จากการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจที่ได้สามารถสื่อสารได้ง่าย และนำไปสู่การกำหนดนโยบายและมาตรการของผู้บริหารต่อไป (UNEP, 1989)

ซึ่งค่า En_m ที่เป็นฟังก์ชั่นโดยตรงกับดัชนีชี้วัดทางสิ่งแวดล้อม m ตัว ดังสมการที่ (1-2) (Breedveld L. *et al.,* 2007) ดังนี้

$$\Sigma En_m = f\left[\sum_{t=1}^{r} M_t, \sum_{t=1}^{r} E_t, \sum_{t=1}^{r} W_{st}, \sum_{t=1}^{r} (CO_2)_t\right] > 0 \qquad (1\text{-}2)$$

เมื่อ $\sum_{t=1}^{r} M_t$ คือ ค่าผลรวมของปริมาณวัตถุดิบที่ใช้เป็นจำนวน t จาก r ชนิดของวัตถุดิบของตัวอย่าง n ที่ทำการประเมิน ในหน่วยตัน (T)

$\sum_{t=1}^{r} E_t$ คือ ค่าผลรวมของปริมาณพลังงานที่ใช้เป็นจำนวน t จาก r ชนิดของพลังงานของตัวอย่าง n ที่ทำการประเมิน ในหน่วยจิกะจูล (GJ)

$\sum_{t=1}^{r} W_{st}$ คือ ค่าผลรวมของวัสดุเศษเหลือที่เกิดขึ้นเป็นจำนวน t จากชนิดของวัสดุเศษเหลือ r ตัวอย่าง n ที่ทำการประเมิน ในหน่วยตัน (T)

$\sum_{t=1}^{r} (CO_2)_t$ คือ ค่าผลรวมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นเป็นจำนวน t จาก r ตัวอย่าง n ที่ทำการประเมิน ในหน่วยตันของคาร์บอนไดออกไซด์ (T of CO_2)

1.2.11 ลักษณะของดัชนีชี้วัดที่ใช้ในการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

WBCSD แบ่งลักษณะของดัชนีชี้วัดในการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจออกเป็น 2 ประเภทได้แก่

1. ดัชนีชี้วัดแบบทั่วไป (Generally Applicable Indicators)

เป็นดัชนีชี้วัดที่ใช้ในธุรกิจหรืออุตสาหกรรมทั่วไป และเป็นที่ยอมรับกันในระดับสากล โดยดัชนีชี้วัดแบบทั่วไปสามารถแบ่งตามลักษณะของข้อมูลเป็นเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ซึ่งแต่ละดัชนีชี้วัดมีความเกี่ยวข้องกับปัญหาสิ่งแวดล้อมในระดับโลก และถ้าแบ่งตามลักษณะของการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจได้ 2 แบบได้แก่ ดัชนีชี้วัดทั่วไปสำหรับการประเมินมูลค่าผลิตภัณฑ์หรือบริการ เช่น ปริมาณของสินค้าและการบริการที่ผลิตและจัดหาให้แก่ลูกค้า (Quantity of Goods or Services Produced or Provided to Customers) หรือปริมาณยอดขายรวม

(Net Sales) และดัชนีชี้วัดทั่วไปสำหรับการประเมินมูลค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ปริมาณการใช้พลังงาน (Energy Consumption) ปริมาณการใช้วัตถุดิบ (Materials Consumption) ปริมาณการใช้น้ำ (Water Consumption) ปริมาณของเสีย (Wastes) และปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Co_2 Emissions) เป็นต้น (WBCSD, 2000a) ดังตารางที่ 1-7

ตารางที่ 1-7 ตัวอย่างดัชนีชี้วัดแบบทั่วไป

ดัชนีชี้วัด	รูปแบบ
มูลค่าผลิตภัณฑ์หรือการบริการ	ปริมาณยอดขายรวม
	ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้รวม
	ผลกำไร
	กำไรเบื้องต้น (Gross Margin)
	มูลค่าเพิ่ม (Value Added)
	มูลค่าหุ้น (Share Value)
	มูลค่าการลงทุน
	จำนวนพนักงาน
ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ (ตัน)
	ปริมาณการใช้พลังงาน (จิกะจูล)
	ปริมาณการใช้น้ำ (ลูกบาศก์เมตร)
	ปริมาณของเสีย (ตัน)
	ปริมาณการปล่อยอากาศเสียที่มีผลกระทบต่อภาวะเรือนกระจก (ตัน)

ที่มา : ดัดแปลงจาก WBCSD, 2000a

2. ดัชนีชี้วัดเฉพาะธุรกิจ (Business Specific Indicators)

เป็นดัชนีชี้วัดที่ธุรกิจหรืออุตสาหกรรมใช้คำนวณหาค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเพิ่มเติม นอกเหนือจากข้อมูลที่ได้จากดัชนีชี้วัดแบบทั่วไป ซึ่งเป็นการช่วยให้ธุรกิจหรืออุตสาหกรรมประสบความสำเร็จในการพัฒนาอย่างยั่งยืน โดยดัชนีชี้วัดเฉพาะธุรกิจจะพิจารณาเลือกจากลักษณะเฉพาะของธุรกิจหรืออุตสาหกรรมแต่ละประเภท เช่น ค่า Gross Margin ปริมาณขยะที่นำไปฝังกลบ (Waste to Landfill) และปริมาณขยะที่นำไปเผา (Waste to Incineration) เป็นต้น (Leo B. *et al.,* 2005)

วิธีการดำเนินงานเพื่อให้ประสบความสำเร็จตามแนวทางข้างต้น ทุกฝ่าย (ธุรกิจหรืออุตสาหกรรมที่ต้องการประยุกต์ใช้หลักการประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ธุรกิจหรืออุตสาหกรรมที่มีความสัมพันธ์กัน ผู้จัดหา รวมทั้งลูกค้า) ต้องพึ่งพากัน และเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ โดยการปรับปรุง พัฒนา และเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต ด้วยหลักการของเทคโนโลยีสะอาด เพื่อลดการใช้พลังงาน ลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและวัตถุดิบ ลดปริมาณมลพิษที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด

1.2.12 การศึกษาแนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิต

การศึกษาแนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ โดยการประเมินแนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจจากแผนภาพ Snapshot ที่ได้รับการพัฒนาโดยกลุ่ม Anite System ประเทศลักเซมเบิร์ก (Anite Systems, 1999) สถานะประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจบนกราฟ Snapshot สามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ซึ่งการประเมินดังกล่าวเริ่มต้นจากการคำนวณหาค่าร้อยละความเปลี่ยนแปลง (Percent variation) ของดัชนีชี้วัดด้านเศรษฐกิจและดัชนีชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อม โดยนำข้อมูลดัชนีชี้วัดของปีที่ต้องการประเมินมาคิดหาร้อยละความเปลี่ยนแปลง เทียบกับปีที่ใช้เป็นปีอ้างอิง (Base Year) โดยการคำนวณหาค่าร้อยละความเปลี่ยนแปลงของดัชนีชี้วัดทั้ง 2 ด้าน (Kharel G. *et al.,* 2008) ดังสมการที่ (1-3) และสมการที่ (1-4) ดังนี้

$$\% \, VE = \frac{(\Sigma EV_i - \Sigma EV_b) \times 100}{\Sigma EV_b} \qquad (1\text{-}3)$$

เมื่อ % VE คือ ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของดัชนีชี้วัดด้านเศรษฐกิจ

ΣEV_i คือ ผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์หรือบริการของปีที่ต้องการประเมิน i

ΣEV_b คือ ผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์หรือบริการของปีอ้างอิง b

$$\% \, VEn_m = \frac{(\Sigma En_{m,i} - \Sigma En_{m,b}) \times 100}{\Sigma En_{m,b}} \qquad (1\text{-}4)$$

เมื่อ % VEn_m คือ ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของตัวชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อมที่เป็นฟังก์ชั่นโดยตรงกับดัชนีชี้วัดทางสิ่งแวดล้อม m ตัว ดังสมการที่ (1-2)

$\Sigma En_{m,i}$ คือ ผลรวมของดัชนีชี้วัดทางสิ่งแวดล้อมแยกตามชนิดของดัชนีชี้วัด m ของปีที่ต้องการประเมิน i

$\Sigma En_{m,b}$ คือ ผลรวมของดัชนีชี้วัดทางสิ่งแวดล้อมแยกตามชนิดของดัชนีชี้วัด m ของปีอ้างอิง b

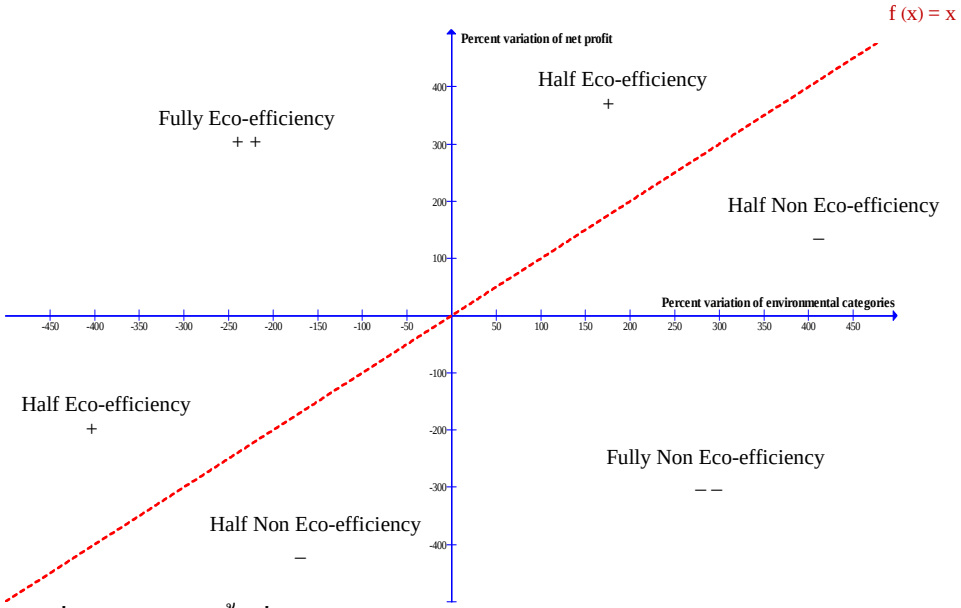
การศึกษาแนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจสามารถทำได้โดยการคำนวณหาค่าร้อยละความเปลี่ยนแปลงของดัชนีชี้วัดด้านเศรษฐกิจและดัชนีชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อมแยกจากกกัน จากนั้นจึงนำมาพล๊อตลงบนกราฟ Snapshot ระดับประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจบนกราฟ Snapshot สามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ แสดงดังภาพประกอบที่ 1-9 ได้แก่

1. ระดับ Fully Eco-efficiency (++) ระดับที่มีผลการเปลี่ยนแปลงด้านเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้นควบคู่กับที่การเปลี่ยนแปลงที่มีผลกระทบต่อด้านสิ่งแวดล้อมลดลง

2. ระดับ Half Eco-efficiency (+) ระดับที่มีผลการเปลี่ยนแปลงด้านเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้น หรือมีการเปลี่ยนแปลงที่มีผลกระทบต่อด้านสิ่งแวดล้อมลดลงเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยมีแนวโน้มค่อนไปทาง Fully Eco-Efficiency

3. ระดับ Half Non Eco-efficiency (-) ระดับที่มีผลการเปลี่ยนแปลงด้านเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้นหรือมีการเปลี่ยนแปลงที่มีผลกระทบต่อด้านสิ่งแวดล้อมลดลงเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยมีแนวโน้มค่อนไปทาง Fully Non-Eco-Efficiency

4. ระดับ Fuuly Non Eco-efficiency (--) ระดับที่มีผลการเปลี่ยนแปลงด้านเศรษฐกิจที่ลดลงควบคู่กับที่การเปลี่ยนแปลงที่มีผลกระทบต่อด้านสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น



ภาพประกอบที่ 1-9 การแบ่งพื้นที่ต่างๆบนกราฟ Snapshot

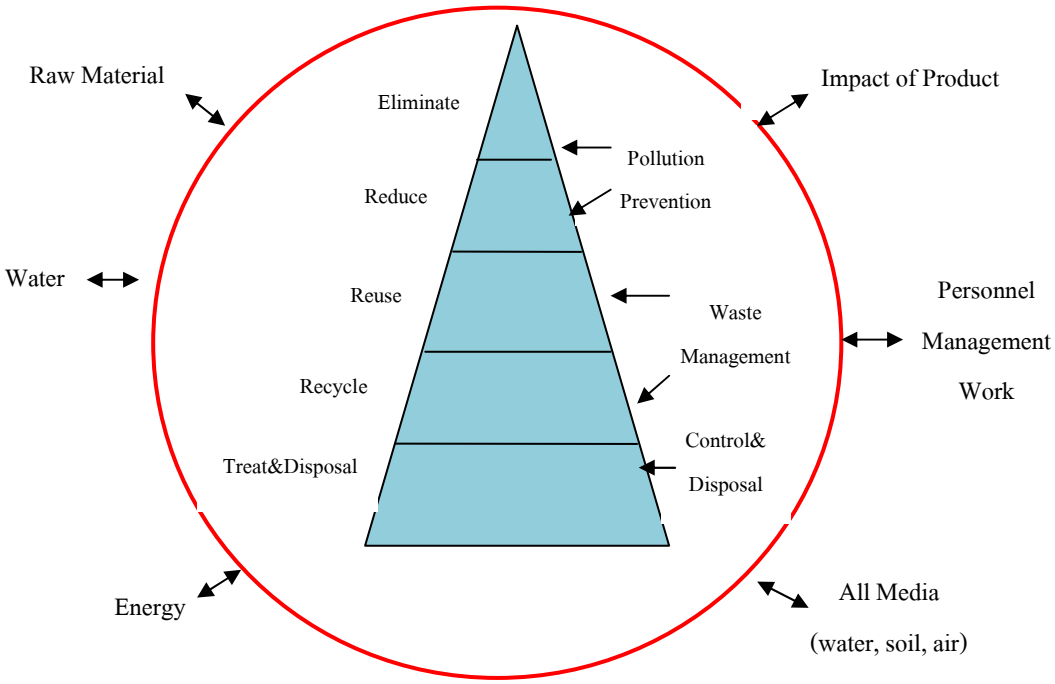
ที่มา : Maxime D. *et al.* (2006)

1.2.13 หลักการและวิธีการของเทคโนโลยีสะอาด

ปัจจุบันประเทศไทยกำลังก้าวสู่การพัฒนาเป็นประเทศอุตสาหกรรม มีการลงทุนในการผลิตสินค้าและบริการมากขึ้น แต่สิ่งที่เกิดตามมาจากการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรม คือ ปัญหา

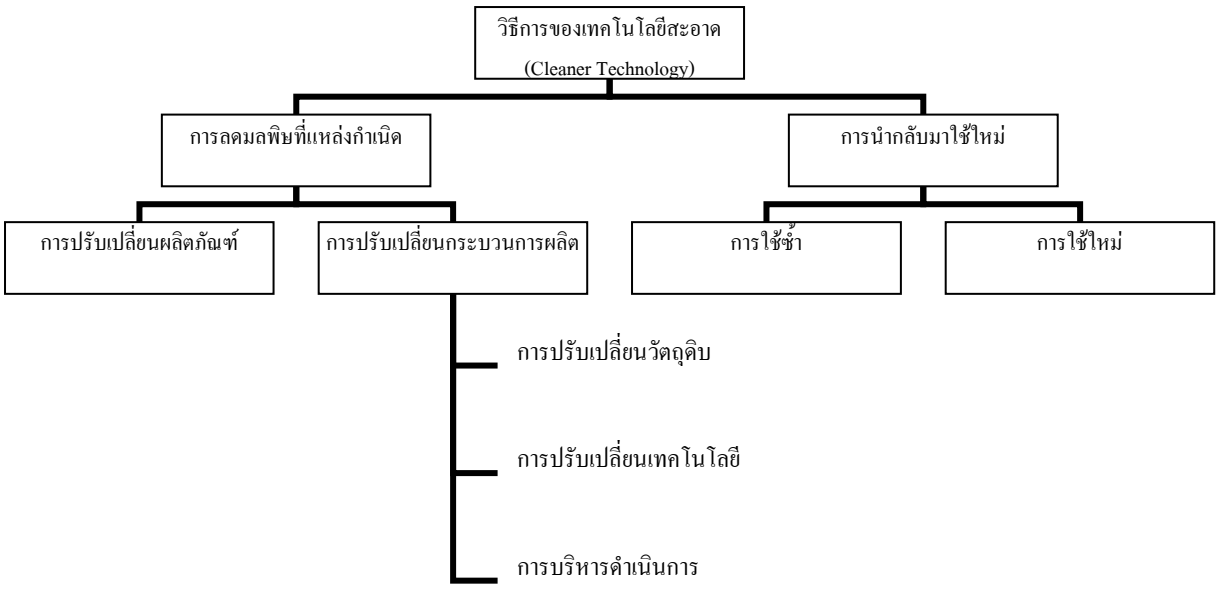
ด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งโรงงานอุตสาหกรรมเป็นต้นเหตุสำคัญ โดยเฉพาะองค์กรที่ผู้ประกอบการขาดความรับผิดชอบต่อสังคม

เทคโนโลยีสะอาดเป็นหลักการป้องกันมลพิษที่แหล่งกำเนิด (Pollution Prevention) ที่ใช้หลักการลดของเสียให้เหลือน้อยที่สุด (Waste Minimization) โดยการแยกสารมลพิษที่เกิดจากกระบวนการผลิตทุกขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วยการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต การเปลี่ยนวัตถุดิบ ทำให้เกิดผลพลอยได้ที่ไม่เป็นอันตราย รวมทั้งการลดปริมาณและความเข้มข้นขององค์ประกอบในของเสียเพื่อให้สามารถนำไปใช้ซ้ำ (Reuse) หรือนำกลับไปใช้ใหม่ (Recycle) จนไม่สามารถนำของเสียไปใช้ประโยชน์ได้อีก จากนั้นจะนำของเสียไปบำบัดให้ถูกต้องต่อไป นอกจากนี้บุคลากรทุกฝ่ายต้องมีการดำเนินการอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง มีทัศนคติที่ดีประกอบกับมีการร่วมมือกันอย่างเต็มที่เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของธุรกิจหรืออุตสาหกรรม (DIW, 2004) ดังภาพประกอบที่ 1-10



ภาพประกอบที่ 1-10 หลักการของเทคโนโลยีสะอาดในการป้องกันมลพิษ
ที่มา : ดัดแปลงจากกรมควบคุมมลพิษ (2553)

เทคโนโลยีสะอาด มีวิธีดำเนินงานแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ วิธีลดมลพิษที่แหล่งกำเนิดและวิธีการนำกลับมาใช้ใหม่หรือการใช้ซ้ำ ดังภาพประกอบที่ 1-11



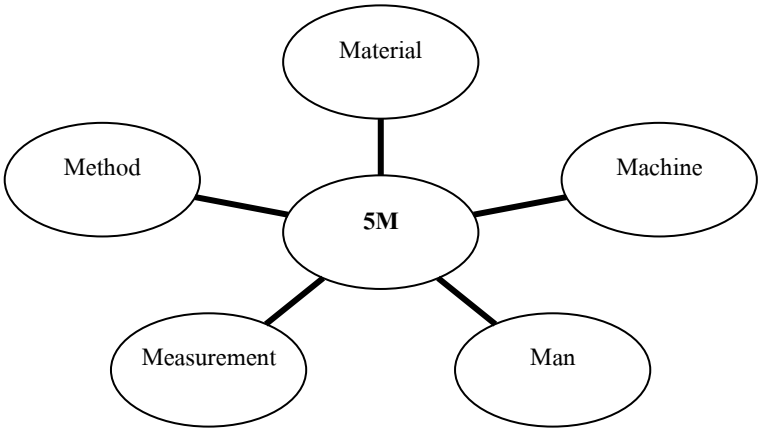
ภาพประกอบที่ 1-11 วิธีการดำเนินงานเทคโนโลยีสะอาด
ที่มา : ดัดแปลงจากกรมควบคุมมลพิษ (2553)

การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด แบ่งออกเป็น 2 วิธี ดังนี้

1.2.8.1 การปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต (Process Change) แบ่งออกเป็น 3 วิธี

1. การปรับเปลี่ยนวัตถุดิบ (Input Material Change) เป็นการเลือกใช้วัตถุดิบที่สะอาดโดยการใช้วัตถุดิบที่มีคุณสมบัติใช้หมุนเวียนได้ และไม่มีสิ่งปนเปื้อนหรือสิ่งสกปรกปะปนมากับวัตถุดิบ ซึ่งถ้าหากเป็นไปได้ควรมีการกำจัดสิ่งดังกล่าวออกก่อนที่วัตถุดิบจะเข้าสู่โรงงาน รวมทั้งการผลิตของโรงงานควรมีการควบคุมให้เป็นไปตามมาตรฐาน

2. การปรับปรุงเทคโนโลยี (Technology Improvement) เป็นการเพิ่มศักยภาพการผลิตหรือการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การปรับเปลี่ยนวิธีการ กลไกในกระบวนการผลิต หรือปรับปรุงอุปกรณ์ในสายการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการสูญเสีย การเปลี่ยนการออกแบบใหม่ รวมถึงการเพิ่มระบบอัตโนมัติเข้ามาช่วยในการปรับปรุงข้อจำกัด ซึ่งเงื่อนไขในการนำเทคโนโลยีมาปรับปรุงมีองค์ประกอบ 5 ประการ (5 M) ดังภาพประกอบที่ 1-12



ภาพประกอบที่ 1-12 เงื่อนไขในการปรับปรุงเทคโนโลยี
ที่มา : ดัดแปลงจากกรมควบคุมมลพิษ (2553)

3. การปรับปรุงกระบวนการบริหารการดำเนินงาน (Operational Management) เป็นการปรับปรุงการบริหารระบบการวางแผนและควบคุม เพื่อเพิ่มศักยภาพของกระบวนการผลิตให้สามารถลดต้นทุนการผลิตและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น มีกระบวนการทำงานและขั้นตอนการบำรุงรักษาที่ชัดเจน มีการบริหารการปฏิบัติงาน มีการฝึกอบรม มีระบบการจัดเก็บในโกดังชั้นเก็บของ ใช้ระบบ First in – First out เพื่อลดการสูญเสียจากคุณภาพของผลิตภัณฑ์ รวมถึงการหลีกเลี่ยงการรวมของเสียต่างชนิดเข้าด้วยกัน

1.2.8.2 การปรับเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ (Product Reformulation)

การปรับปรุงรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ เพื่อหลีกเลี่ยงและลดการเกิดสารมลพิษ โดยพัฒนาการออกแบบให้มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมน้อยที่สุด เช่น ทำให้อยู่ในรูปสารละลายเข้มข้นเพื่อลดจำนวนบรรจุภัณฑ์ หรือเปลี่ยนเป็นรูปสารละลายผง เพื่อเพิ่มอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ รวมถึงการยกเลิกหีบห่อที่ไม่จำเป็น ซึ่งสามารถทำได้ 4 วิธี ดังนี้

1. Product Change Factor คือ การออกแบบเพื่อปรับเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ โดยมีเงื่อนไขและเทคนิคที่เหมาะสม

2. Production Change Factor คือ การปรับปรุงกระบวนการผลิต และการควบคุมสินค้า รวมถึงการเก็บรักษาคงเหลือ

3. Market Change Factor คือ การปรับเปลี่ยนวิธีการตลาด และการประมาณความต้องการของตลาด

4. Marketing Change Factor คือ การปรับปรุงการบริการ และการตลาด

1.2.8.3 การใช้ซ้ำหรือการนำกลับมาใช้ใหม่

หลักการของเทคโนโลยีสะอาดควรดำเนินการลดการสูญเสียก่อนที่จะหาวิธีนำผลิตภัณฑ์กลับมาสกัดของมีค่ากลับคืนหรือใช้หมุนเวียน เช่น เมื่อนำทรัพยากรมาผ่านการใช้งานครั้งหนึ่งแล้ว ทรัพยากรนั้นยังมีคุณภาพที่สามารถนำไปใช้งานในขั้นตอนอื่นได้ ควรหาวิธีในการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ แต่ถ้าใช้ในกระบวนการอื่นไม่ได้อีกแล้ว ควรศึกษาหาเทคโนโลยีมาออกแบบกระบวนการผลิต เพื่อนำทรัพยากรน้ำ วัตถุดิบ หรือพลังงานกลับมาใช้ใหม่ หรือทำให้เกิดผลพลอยได้ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับของเสียนั้น

1. การใช้ซ้ำ (Reuse) เป็นการนำของเสียจากกระบวนการผลิตมาใช้ซ้ำโดยนำกลับมาใช้ใหม่โดยตรง เพื่อใช้ในการผลิตเดิมหรือใช้กระบวนการอื่น เช่น การนำขวดที่ใช้แล้วมาล้างเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ การนำน้ำหล่อเย็นกลับมาใช้ใหม่ การนำเศษผ้าจากการตัดเย็บไปใส่ที่นอนแทนนุ่น เป็นต้น

2. การนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) เป็นการนำของเสียไปผ่านกระบวนการเพื่อนำกลับมาใช้อีกหรือเป็นผลพลอยได้ที่มีมูลค่าเพิ่ม (Value Aaded by Product) เช่น การนำพลาสติกมาหลอมใหม่ การผลิตตะกั่วจากการหลอมแบตเตอรี่เก่า การนำน้ำนึ่งปลาในโรงงานผลิตปลาทูน่ากระป๋องมาทำซอสปรุงรส เป็นต้น (กรมโรงงาน, 2553)

1.2.9 การพัฒนาข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด

การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจด้วยเทคโนโลยีสะอาด แบ่งลักษณะการตรวจประเมินได้ 2 แบบ คือ การตรวจประเมินเบื้องต้น และการตรวจประเมินอย่างละเอียด ซึ่งประเด็นในการพิจารณาสำหรับการตรวจประเมินเบื้องต้นมี 3 ขั้นตอน คือ การพิจารณาด้านเทคโนโลยี ด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านสิ่งแวดล้อม แล้วรวมคะแนนเพื่อจัดลำดับความสำคัญของประเด็นปัญหา (กาญจนี ชูทอง และ จตุพร ดิสกุล, 2553) ส่วนประเด็นในการพิจารณาสำหรับการตรวจประเมินอย่างละเอียดมี 4 ขั้นตอน คือ การตรวจวัดและวิเคราะห์ข้อมูล การจัดทำสมดุลมวลสารและดุลพลังงาน การหาสาเหตุของการเกิดของเสีย และการสร้างเสนอเทคโนโลยีสะอาด (CT options) (ณรงค์วัฒน์ บุญแก้ว และ นายอภิฤทธิ์ เพชรขวัญ, 2554) ดังนี้

การตรวจประเมินเบื้องต้น

1.2.9.1 การปรับปรุงทางด้านเทคนิค พิจารณาตามดัชนีชี้วัด (Key Factor) โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลการผลิตในอดีตของโรงงาน (Internal Benchmarking) ซึ่งมีวิธีการคำนวณค่าความเป็นไปได้ทางด้านเทคโนโลยี ดังสมการ (1-5) และสมการ (1-6)

$$\text{ค่าดัชนีชี้วัด (Key Factor)} = \frac{\text{ปริมาณการใช้ทรัพยากร}}{\text{ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้}} \quad (1\text{-}5)$$

$$\text{ความเป็นไปได้ทางด้านเทคโนโลยี (\%)} = \frac{\text{ค่าดัชนีชี้วัดเฉลี่ย} - \text{ค่าดัชนีชี้วัดที่ดีที่สุด}}{\text{ค่าดัชนีชี้วัดเฉลี่ย}} \times 100 \quad (1\text{-}6)$$

หมายเหตุ : ค่าดัชนีชี้วัด (Key Factor) คือ ปริมาณของการใช้ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มแต่ละเดือน

ค่าดัชนีที่ดีที่สุด คือ ปริมาณของทรัพยากรที่ใช้และสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มเดือนที่มีค่าน้อยที่สุด

1.2.9.2 การปรับปรุงทางด้านเศรษฐศาสตร์ เป็นการประเมินเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายที่ใช้ในกระบวนการผลิต แสดงให้เห็นว่าข้อมูลในแต่ละเดือนมีดัชนีค่าใช้จ่ายมากน้อยเพียงใด หากโรงงานสามารถควบคุมดัชนีค่าใช้จ่ายให้เท่ากับเดือนที่มีค่าดัชนีน้อยที่สุด จะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ ส่งผลให้กำไรเพิ่มขึ้น ซึ่งคำนวณค่าความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ดังสมการ (1-7) และสมการ (1-8)

$$\text{ค่าความเป็นไปได้} = (\text{ค่าดัชนีชี้วัดเฉลี่ย} - \text{ค่าดัชนีชี้วัดที่ดีที่สุด}) \times \text{กำลังการผลิตเฉลี่ย} \times \text{ราคาต้นทุนต่อหน่วย} \quad (1\text{-}7)$$

$$\text{ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ (\%)} = \frac{\text{ค่าความเป็นไปได้}}{\text{ผลรวมของค่าความเป็นไปได้ทั้งหมด}} \times 100 \quad (1\text{-}8)$$

1.2.9.3 การปรับปรุงทางด้านสิ่งแวดล้อม เป็นการประเมินเพื่อค้นหาปัญหาที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเกณฑ์การพิจารณาได้แก่ ปริมาณ (Quantity,Q) ผลกระทบ (Effect,E) และการแพร่กระจาย (Distribution,D) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนตามดัชนีชี้วัด Q x E x D ระหว่าง 1-3 คะแนน ดังตารางที่ 1-8

ตารางที่ 1-8 เกณฑ์การพิจารณาเพื่อประเมินความสำคัญด้านสิ่งแวดล้อม

เกณฑ์การพิจารณา	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน
ปริมาณ (Q)	มีศักยภาพที่จะเกิดสูงหรือมีการใช้ทรัพยากรสูง	มีศักยภาพที่จะเกิดปานกลางหรือมีการใช้ทรัพยากรปานกลาง	มีศักยภาพที่จะเกิดเล็กน้อยหรือมีการใช้ทรัพยากรเล็กน้อย
ผลกระทบ (E)	พิจารณาผลกระทบที่เกี่ยวข้อง 3 ประเด็น -กฎหมายกำหนด -มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชน -มีผลกระทบต่อสุขภาพและความปลอดภัย		
	มีผลกระทบสูง/ส่งผลกระทบเกี่ยวข้องครบทั้ง 3 ประเด็นข้างต้น	มีผลกระทบปานกลาง/ส่งผลกระทบเกี่ยวข้อง 2 ใน 3 ประเด็นข้างต้น	มีผลกระทบน้อย/ส่งผลกระทบเกี่ยวข้อง 1 ใน 3 ประเด็นข้างต้น
การแพร่กระจาย (D)	ผลกระทบที่เกิดขึ้นในรูปของก๊าซ	ผลกระทบที่เกิดขึ้นในรูปของเหลว	ผลกระทบที่เกิดขึ้นในรูปของแข็ง

ที่มา : กาญจนี ชูทอง และ จตุพร ดิสกุล (2553)

การจัดลำดับความสำคัญในการประเมินเบื้องต้นแสดงให้เห็นว่า ประเด็นปัญหาใดเป็นปัญหาเร่งด่วน ควรได้รับการปรับปรุงแก้ไขเป็นลำดับแรก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการให้น้ำหนัก (Weight Factor) ความสำคัญในแต่ละด้าน โดยกำหนดน้ำหนักคะแนนช่วง 1-3 คะแนน เพื่อจัดเรียงลำดับความสำคัญ ซึ่งถือว่า 1 คะแนน มีความสำคัญน้อยที่สุด และ 3 คะแนน มีความสำคัญมากที่สุด (Thant M. *et al.,* 2009) แสดงดังตารางที่ 1-9

ตารางที่ 1-9 เกณฑ์การให้น้ำหนักคะแนน (Weight Factor) ในการจัดลำดับประเด็นปัญหา

ประเด็นการประเมิน	เกณฑ์การให้น้ำหนักคะแนน (Weight Factor)		
	1 คะแนน	2 คะแนน	3 คะแนน
ความสำคัญทางด้านเทคโนโลยี	มีความเป็นไปได้น้อยในการปรับปรุงให้ดีขึ้น	มีความเป็นไปได้ปานกลางในการปรับปรุงให้ดีขึ้น	มีความเป็นไปได้สูงในการปรับปรุงให้ดีขึ้น
ความสำคัญทางด้านเศรษฐศาสตร์	มีความเป็นไปได้น้อยในการลดค่าใช้จ่ายของโรงงาน	มีความเป็นไปได้ปานกลางในการลดค่าใช้จ่ายของโรงงาน	มีความเป็นไปได้สูงในการลดค่าใช้จ่ายของโรงงาน
ความสำคัญทางด้านสิ่งแวดล้อม	ไม่มีหรือมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมปานกลาง	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูง

ที่มา : กาญจนี ชูทอง และ จตุพร ดิสกุล (2553)

การคิดคะแนนรวมเพื่อจัดลำดับความสำคัญของประเด็นปัญหา คิดจากการนำน้ำหนักคะแนน (Weight Factor) ในแต่ละด้าน คูณ คะแนนด้านนั้น แล้วนำผลลัพธ์ทั้ง 3 ด้านมารวมกัน ดังสมการ (1-9)

คะแนนรวม = (Weight Factor1 × ด้านเทคนิค) + (Weight Factor2 × ด้านเศรษฐศาสตร์) +
(Weight Factor3 × ด้านสิ่งแวดล้อม) (1-9)

การตรวจประเมินอย่างละเอียด

1.2.9.4 การตรวจวัดและวิเคราะห์ข้อมูล

1. การคำนวณปริมาณออกซิเจนในการเผาไหม้ไม้ฟืน ดังสมการที่ (1-10)

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2 \quad (1\text{-}10)$$

2. การคำนวณปริมาณของ CO_2 ในที่ปล่องระบาย ดังสมการที่ (1-11)

ปริมาณของ CO_2 = (จำนวนโมลของ CO_2 × 100) / จำนวนโมลทั้งหมด (1-11)

การตรวจและวิเคราะห์ข้อมูลโดยการคำนวณปริมาณออกซิเจนที่ต้องการในการเผาไหม้ไม้ฟืน และการคำนวณปริมาณของ CO_2 ในก๊าซไอเสียที่ปล่องระบาย จำเป็นต้องทราบองค์ประกอบของไม้ฟืน ดังตารางที่ 1-10 และทราบน้ำหนักโมเลกุล (กิโลกรัม/กิโลกรัมโมล) ดังตารางที่ 1-11

ตารางที่ 1-10 แสดงองค์ประกอบของไม้ฟืน

องค์ประกอบ	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
คาร์บอน	49.00
ออกซิเจน	44.00
ไฮโดรเจน	6.00
ไนโตรเจน	0.10
น้ำ	0.35
ขี้เถ้า	0.55

ที่มา: IPCC (1996)

ตารางที่ 1-11 แสดงน้ำหนักโมเลกุล (กิโลกรัม/กิโลกรัมโมล)

ธาตุ	น้ำหนักโมเลกุล (กิโลกรัม/กิโลกรัมโมล)
C	12
O_2	32
H_2	2
S	32
N_2	28
CO_2	44
SO_2	64
H_2O	18

ที่มา: วีกิพีเดีย สารานุกรมเสรีไทย (2554)

3. การคำนวณประสิทธิภาพของเตาเผา ดังสมการที่ (1-12)

$$Q = m \times Cp\ (t_1 - t_2) \qquad (1\text{-}12)$$

โดยที่ Q คือ ปริมาณความร้อนของผลปาล์ม ในหน่วย กิโลแคลอรี (kCal)

m คือ น้ำหนักของผลปาล์ม ในหน่วย กิโลกรัม (kg)

Cp คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะเฉลี่ย ในหน่วย กิโลแคลอรี/กิโลกรัม องศาเซลเซียส (kCal/kg $^{\circ}$C)

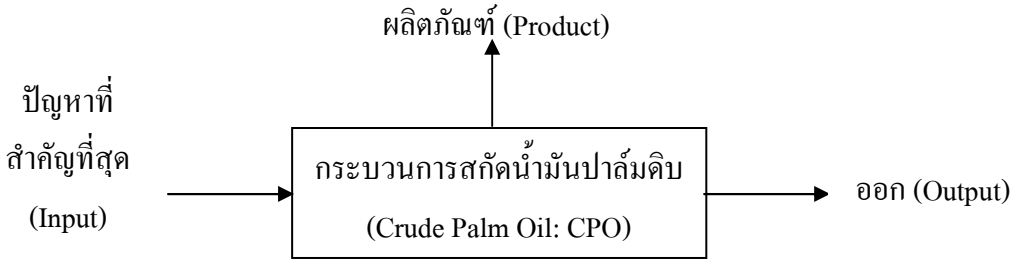
t_1 คือ อุณหภูมิขณะปฏิบัติงาน (อุณหภูมิของเตาเผาแบบต่อเนื่องเฉลี่ย) ในหน่วย องศาเซลเซียส ($^{\circ}$C)

t_2 คือ อุณหภูมิสภาพแวดล้อม ในหน่วย องศาเซลเซียส ($^{\circ}$C)

4. การคำนวณอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องจักร ดังสมการที่ (1-13)

พลังงานไฟฟ้า(kW-h) = พลังไฟฟ้า (kW)×ชั่วโมงการใช้งาน (hr)×จำนวนเครื่องจักร(เครื่อง) (1-13)

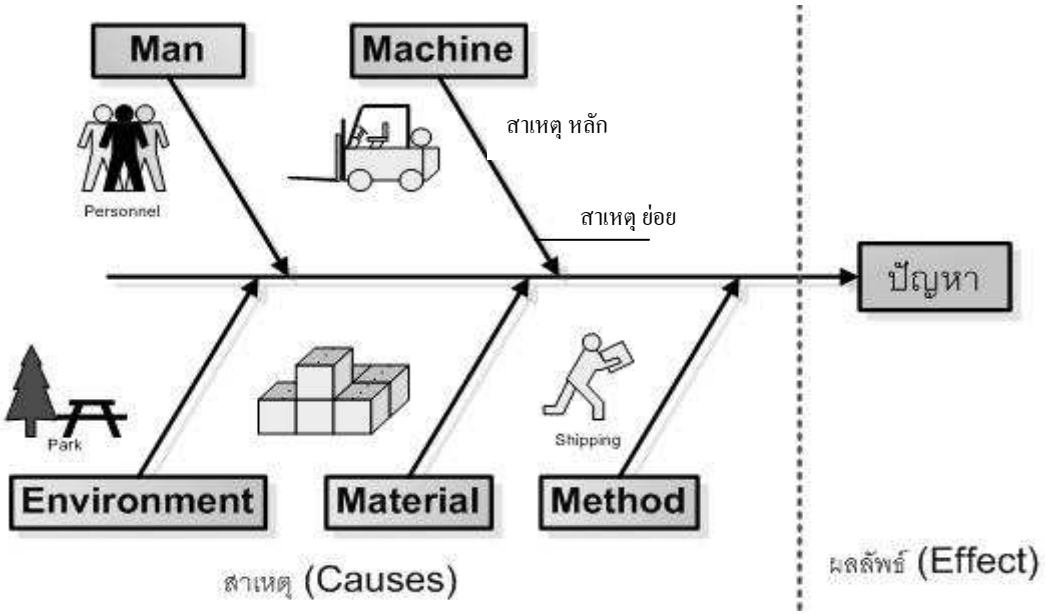
1.2.9.5 การจัดทำสมดุลมวลสารและดุลพลังงาน (Mass Balance) ในรูปแบบของสารขาเข้าและขาออก ทำให้ทราบแหล่งกำเนิดของเสีย ดังภาพประกอบที่ 1-13



ภาพประกอบที่ 1-13 สมดุลมวลสารสำหรับวิเคราะห์ปัญหาที่สำคัญที่สุดของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแต่ละแบบ

ที่มา : ดัดแปลงจากกิติกร จามรดุสิต และคณะ (2550)

1.2.9.6 การหาสาเหตุของการเกิดของเสีย เพื่อตรวจสอบกิจกรรมและระบบการทำงาน รวมทั้งการวิเคราะห์หาปัจจัยสาเหตุของการสูญเสีย ซึ่งเลือกใช้เทคนิคอิชิคาว่า (Ishikawa Technique) หรือ แผนภูมิก้างปลา (Fish Bone Diagram) เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายแต่มีประสิทธิภาพสูงในการวิเคราะห์ให้เห็นรากเหง้าของปัญหา ดังภาพประกอบที่ 1-10



ภาพประกอบที่ 1-14 เทคนิคอิชิคาว่า หรือ แผนภูมิก้างปลา

ที่มา : ดัดแปลงจากประชาสรรณ์ แสนภักดี (2553)

ทั้งนี้กลุ่มปัจจัย (Factors) ที่กำหนดเพื่อจะนำไปสู่การแยกแยะสาเหตุของปัญหามาจาก

M - Man คนงาน หรือพนักงาน หรือบุคลากร

M - Machine เครื่องจักรหรืออุปกรณ์อำนวยความสะดวก

M - Material วัตถุดิบหรืออะไหล่ อุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในกระบวนการ

M - Method กระบวนการทำงาน

E - Environment อากาศ สถานที่ ความสว่าง และบรรยากาศการทำงาน

1.2.9.7 การสร้างข้อมูลเสนอเทคโนโลยีสะอาด (CT Options) เพื่อนำข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาดไปสู่การปฏิบัติ และเพื่อคัดเลือกข้อเสนอที่เป็นไปได้ในการปรับปรุงแก้ไข

1.2.9.8 การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อให้ทราบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น นำไปสู่วิธีการที่เหมาะสมและคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด

1.2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประยุกต์ใช้แนวคิดการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจกับกลุ่มภาคธุรกิจอุตสาหกรรม เท่าที่ทำการสืบค้นเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าการนำหลักการดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ยังไม่เป็นที่กว้างขวางมากนักในปัจจุบัน การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของภาคธุรกิจอุตสาหกรรมโดยส่วนใหญ่ที่สืบค้นได้ จะเป็นการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในระดับไมโคร เพื่อศึกษาลักษณะเฉพาะของโรงงานอุตสาหกรรมหรือกลุ่มอุตสาหกรรม และการศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการบางกระบวนการที่อยู่ภายในโรงงานอุตสาหกรรมเพียงเท่านั้น การประยุกต์ใช้ในระดับแมคโคร หรือระดับภูมิภาคยังไม่เป็นที่แพร่หลายนัก อาจเนื่องด้วยเพราะปัญหาด้านสถานะข้อมูลดัชนีชี้วัดที่จำเป็นต่อการนำมาประเมิน งานวิจัยที่สำคัญที่มีส่วนช่วยสนับสนุนด้านแนวความคิด และวิธีการวิจัยสำหรับงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ดังนี้

งานวิจัยเพื่อศึกษาและพัฒนาดัชนีชี้วัดสำหรับการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในระดับแมคโครโดย Cote R. และคณะ (2006) ได้ศึกษาถึงการแสดงระดับประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในกลุ่ม SMEs โดยได้พัฒนาดัชนีชี้วัดขึ้นมาจากการทบทวนเอกสารต่างๆจากหน่วยงานที่ได้มีการกำหนดดัชนีชี้วัดสำหรับประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ นำมาปรับใช้ให้สอดคล้องกับกลุ่ม SMEs ที่จะศึกษา ทำเป็นรายการสำหรับตรวจสอบ (Checklist) ออกมา นำไปใช้ในการตรวจสอบและประมวลผล สามารถสรุปได้ว่ามากกว่าร้อยละ 50 ของกลุ่มศึกษาได้ดำเนินการลด

การบริโภคทรัพยากร และใช้วิธีการคิดเชิงระบบเป็นเครื่องมือ อีกทั้งยังแสดงให้เห็นว่าต้นทุนเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมกลุ่มอุตสาหกรรม SMEs ขณะที่ตลาดไม่มีผลต่อความรับผิดชอบของ SMEs ต่อสิ่งแวดล้อม โดยสรุปแล้วจากการศึกษาพบว่า ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจอยู่ในระดับที่ต่ำเมื่อแสดงออกมาทั้งกลุ่ม จึงได้มีการแนะนำให้มีการประชุมเพื่อให้มีการปรับปรุงต่อไปในอนาคต ซึ่งประโยชน์ทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมสามารถได้รับจากการทำงานร่วมกันด้านประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

งานวิจัยเพื่อศึกษาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของระบบผ้ากรองในอุตสาหกรรมกระเบื้องเคลือบประเทศอิตาลีโดย Breedveld L. และคณะ (2007) แสดงการคำนวณประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ โดยใช้ต้นทุนต่อหน่วยของการปล่อยฝุ่นละออง และใช้ข้อมูลวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เป็นตัวร่วมประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ปริมาณการใช้พลังงาน ปริมาณการใช้วัตถุดิบ ปริมาณของสารที่ใช้เป็นตัวกระทำปฏิกิริยา (Reagent) ปริมาณการปล่อยฝุ่นละออง และปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น โดยเปรียบเทียบระหว่างระบบที่ใช้ผ้ากรองปิดที่ปลายท่อและไม่ใช้ผ้ากรอง จากผลการวิจัยจะสรุปได้ว่า ในระบบที่ไม่ใช้ผ้ากรองจะเกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับผลกระทบในด้านต่างๆ เช่น การเกิดภาวะโลกร้อน การลดลงของชั้นโอโซน การเกิดหมอกควัน (Smog) และความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ เป็นต้น สาเหตุหลักจะมาจากการปล่อยของฝุ่นละอองถึง 99.7 % และเมื่อใช้ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจประเมินในส่วนของการปลดปล่อยฝุ่นละอองในระบบที่มีผ้ากรองและไม่มีผ้ากรอง พบว่าการใช้ผ้ากรองสามารถลดฝุ่นละอองได้ถึง 3,1620 ตัน/ปี ลด Fluorine ได้ 14.4 ตัน/ปี ลดซัลเฟอร์ (SOx)ได้ 25 ตัน/ปี โดยต้นทุนของผ้ากรองมีประมาณ 843 k€/year ดังนั้นค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของผ้ากรองจะอยู่ที่ 0.23 k€/kg dust ซึ่งเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของ Dutch Situation ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจจากเทคนิคที่มีต้นทุนต่ำไปจนถึงเทคนิคที่มีต้นทุนสูงจะมีค่าในช่วง 0.1-2.5 € ดังนั้น ผ้ากรองซึ่งมีสัดส่วนประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจอยู่ที่ 0.23 จึงเป็นเทคนิคที่มีค่าสัมพันธ์กับค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ โดยมีการลงทุนค่อนข้างต่ำ และสามารถลดปริมาณฝุ่นละอองลงได้ค่อนข้างดี

งานวิจัยเพื่อนำหลักการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจตามวิธีการประเมินของ The World Business Council for Sustainable Developmentไปประยุกต์ใช้โดย Kharel G. และคณะ (2008) เพื่อศึกษาระดับประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมเหล็กแท่งยาว ในประเทศเนปาล โดยใช้ดัชนีชี้วัดทางเศรษฐกิจ ได้แก่ ปริมาณยอดขายรวม และปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ทั้งหมดมาประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเปรียบเทียบกับดัชนีชี้วัดทางสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ ปริมาณพลังงานที่ใช้ ปริมาณน้ำที่ใช้ ปริมาณของเสีย และปริมาณก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นโดยกระบวนการผลิต โดยทำการเก็บข้อมูลเปรียบเทียบตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2548 ผลจากการประเมินพบว่า ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของโรงงานอุตสาหกรรมดังกล่าวมีแนวโน้มที่ดีขึ้นตลอดปีที่ทำการศึกษา และผลจากงานวิจัยสามารถนำสู่การตัดสินใจในระดับเชิงนโยบายของรัฐบาลต่อไปได้ในอนาคต

งานวิจัยเพื่อพัฒนาดัชนีชี้วัดสำหรับการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของเศรษฐกิจในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มในประเทศแคนาดาโดย Maxime D. และคณะ (2006) ได้ศึกษาระบบของอุตสาหกรรมดังกล่าวโดยได้พิจารณาประเด็นทางสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การใช้พลังงาน การปล่อยก๊าซที่ทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก (Greenhouse Gas) การใช้น้ำของเสียที่เกิดขึ้น รวมถึงเศษเหลือจากการบรรจุภัณฑ์และเศษเหลือของสารอินทรีย์ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม ในการพิจารณาจะได้การรวบรวมข้อมูลซึ่งได้จากแหล่งต่างๆที่เกี่ยวข้องในประเทศแคนาดา โดยนำมากำหนดขอบเขตของระบบอุตสาหกรรม และคำนวณค่าปริมาณจากปัจจัยดังกล่าวโดยใช้สมการตามลักษณะเฉพาะของตัวแปรที่ทางผู้วิจัยได้ประสบกับข้อจำกัดทางด้านข้อมูลที่ใช้ประกอบตัวแปร ซึ่งข้อมูลที่รวบรวมมามีความแตกต่างกันตามแต่ละท้องที่หรือหน่วยงาน ส่งผลต่อคุณภาพของข้อมูลโดยเฉพาะอย่างยิ่งประเด็นเกี่ยวกับปริมาณของ Greenhouse Gas ที่ปล่อยออกมาจากที่ฝังกลบ และจากการสร้างและใช้พลังงานไฟฟ้า จึงต้องมีการวางแผนในการคำนวณทางอ้อม เพื่อให้มีค่าใกล้เคียงและเป็นที่ยอมรับ ทำให้มีข้อมูลที่คุณภาพดี และลดความคลาดเคลื่อนได้ บทความวิจัยนี้ได้สรุปว่า ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มของแคนาดา สามารถกำหนดเป็นดัชนีชี้วัดที่เป็นรูปธรรมได้ สามารถนำไปใช้ในองค์กรเพื่อเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ประกอบการตัดสินใจได้ เพื่อการดำเนินธุรกิจร่วมกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และยกระดับการแข่งขันระหว่างประเทศ

คณะกรรมการนักธุรกิจเพื่อสิ่งแวดล้อมโลก (World Business Council for Sustainable Development: WBCSD) (2000) ได้ให้คำจำกัดความของคำว่า ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจอย่างเป็นทางการในปี พ.ศ. 2534 ภายใต้แนวความคิดให้เกิดการรวมกันของการพัฒนาที่ดีขึ้นทางด้านเศรษฐกิจด้านสิ่งแวดล้อมอันจะนำไปสู่ผลลัพธ์ทางด้านสังคม ทำให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืน โดย WBCSDได้กำหนดวิธีการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจและได้ให้คำแนะนำแนวทางเพื่อให้อุตสาหกรรมประสบความสำเร็จไว้ดังนี้ ลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติหรือวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิต (Reduce Material Intensity) ลดการใช้พลังงานในการผลิตและบริการ (Reduce Energy Intensity) ลดการปล่อยสารพิษออกสู่สิ่งแวดล้อม (Reduce Dispersion of Toxic Substance) เพิ่มศักยภาพการใช้ใหม่ของวัสดุ (Enhance Recyclability) เพิ่มปริมาณการใช้ทรัพยากรที่หมุนเวียนได้ (Maximize Use of Renewable) เพิ่มอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ (Extend Product Durability) และ

เพิ่มระดับการให้บริการแก่ผลิตภัณฑ์และเสริมสร้างธุรกิจบริการ (Increase Service Intensity) โดยสามารถประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจได้จากการพิจารณาสัดส่วนของมูลค่าผลิตภัณฑ์หรือการบริการ เปรียบเทียบกับผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ต้องกำหนดดัชนีชี้วัดที่เหมาะสมกับอุตสาหกรรมแต่ละประเภท

งานวิจัยเพื่อศึกษาลักษณะเฉพาะของธุรกิจอุตสาหกรรมในพื้นที่มาบตาพุด โดยใช้หลักการและเครื่องมือประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจโดย กิติกร จามรดุสิต และคณะ (2550) ซึ่งใช้แผนภาพการไหลของวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์ และผลพลอยได้ มากำหนดเป็นดัชนีชี้วัด ซึ่งทำการเก็บรวบรวมข้อมูลแยกตามกลุ่มประเภทอุตสาหกรรม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 ถึง พ.ศ. 2548 เพื่อประเมินค่าและศึกษาแนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ด้วยกราฟ Snapshot โดยใช้ดัชนีชี้วัดด้านเศรษฐกิจ ได้แก่ ปริมาณยอดขายรวม และกำไรขั้นต้น เปรียบเทียบกับดัชนีชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ปริมาณการใช้น้ำของกลุ่มอุตสาหกรรม พบว่า ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจที่ประเมินจากจำนวนยอดขายรวมของทุกกลุ่มอุตสาหกรรมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปีที่ทำการศึกษา ในขณะที่ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจที่ประเมินจากกำไรขั้นต้นเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้น้ำของทุกกลุ่มอุตสาหกรรม มีค่าลดลงใน พ.ศ. 2548 เนื่องจากความผันผวนของราคาวัตถุดิบ ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อแนวโน้มการเพิ่มขึ้นและลดลงของตัวชี้วัดกำไรขั้นต้น ดังนั้นสรุปว่า ประสิทธิภาพการใช้น้ำเพื่อให้เกิดประโยชน์ในเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกลุ่มอุตสาหกรรมมาบตาพุด จัดอยู่ในระดับ Half Eco-Efficiency โดยมีแนวโน้มในพ.ศ. 2548 ขยับเข้าสู่ระดับ Fully Eco-Efficiency ทั้งนี้สามารถนำผลที่ได้จากการศึกษาเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการวางแผนจัดสรรทรัพยากรแก่อุตสาหกรรมกลุ่มต่างๆในพื้นที่ วางแผนการดำเนินงานเพื่อจัดการประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม พัฒนาดัชนีชี้วัดของอุตสาหกรรมไทย ตลอดจนกำหนดนโยบายและมาตรการพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน

หลักการและวิธีการในการจัดการสิ่งแวดล้อม อาศัยเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด โดยกลุ่มเทคโนโลยีการผลิต สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2553) ซึ่งเป็นแนวทางของการจัดการในลักษณะของการป้องกันมลพิษ (Pollution Prevention) ที่มีการประยุกต์และผสมผสานกลยุทธ์ เพื่อให้การดำเนินกิจกรรมของภาคการผลิตมีการป้องกันหรือลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมควบคู่ไปกับการพัฒนาศักยภาพในการผลิตของภาคอุตสาหกรรม ด้วยเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดเป็นการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตหรือผลิตภัณฑ์ เพื่อให้เกิดการใช้วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากรธรรมชาติให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยทำให้เกิดของเสียน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย รวมถึงการเปลี่ยนวัตถุดิบ การใช้ซ้ำ และการนำกลับมาใช้ใหม่ จึงเป็นการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด ช่วยอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ ลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นกับ

มนุษย์ และลดต้นทุนการผลิต ตลอดจนค่าใช้จ่ายในการบำบัดหรือกำจัดของเสีย จึงเกิดประโยชน์ต่อการดำเนินธุรกิจและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันทางการค้า ดังนั้นเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด จึงได้รับการยอมรับว่าเป็นเครื่องมือการจัดการในเชิงรุกที่มีประสิทธิภาพในการจัดการสิ่งแวดล้อมในยุคปัจจุบัน

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

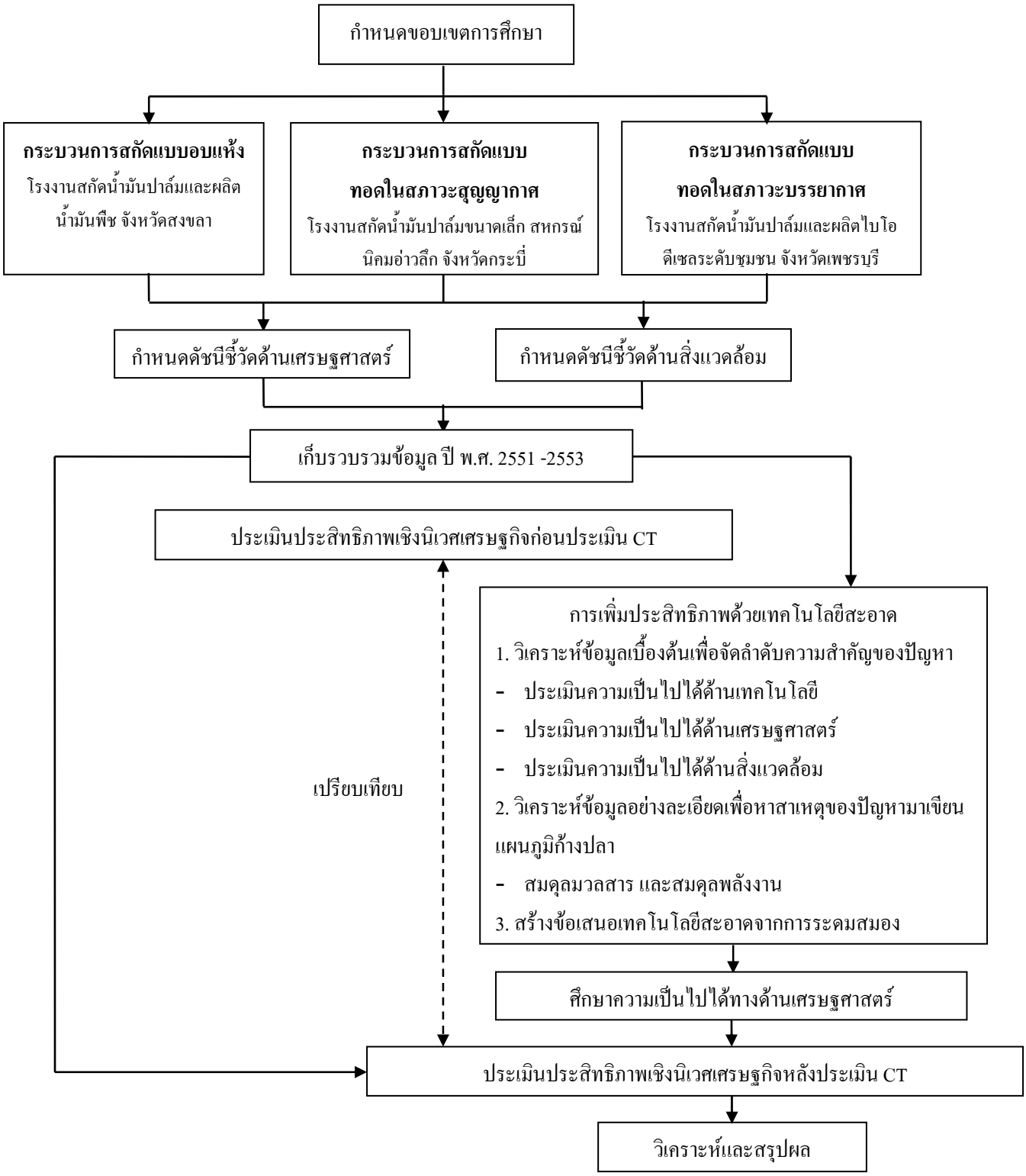
1. เพื่อประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบแบบไม่ใช้ไอน้ำ 3 แบบ คือ การสกัดน้ำมันปาล์มด้วยวิธีอบแห้ง การสกัดน้ำมันปาล์มวิธีทอดในสภาวะสุญญากาศ และการสกัดน้ำมันปาล์มวิธีทอดในสภาวะบรรยากาศ

2. เพื่อหาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบด้วยเทคโนโลยีสะอาด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผู้ประกอบการสามารถนำแนวทางในการเพิ่มค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจร่วมกับเทคโนโลยีสะอาดไปปรับปรุง พัฒนา และเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการเลือกแบบกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบของโรงงานระดับชุมชนในพื้นที่อื่นต่อไป

1.5 ขอบเขตของการวิจัย



ภาพประกอบที่ 1-15 ขอบเขตของการวิจัย

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงวิเคราะห์ ข้อมูลส่วนใหญ่ที่นำมาใช้เก็บรวบรวมจากผู้ประกอบการของแต่ละโรง พนักงาน บันทึกข้อมูลของโรงงาน และรายงานงบดุลประจำปีของโรงงาน ซึ่งมีวิธีการวิจัยดังต่อไปนี้

2.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการในการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบแบบไม่ใช้ไอน้ำ ทำการประเมินโดยใช้หลักการของคณะกรรมการนักธุรกิจเพื่อสิ่งแวดล้อมโลก (WBCSD, 2000a) ควบคู่กับหลักการเทคโนโลยีสะอาด (กาญจนี ชูทอง และ จตุพร ดิสกุล, 2553) เพื่อหาแนวทางการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ ทำให้เกิดความสมดุลในการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม โดยมีวัตถุประสงค์จำกัดขอบเขตเฉพาะกระบวนการผลิตเท่านั้น (Gate-to-Gate) แบ่งขั้นตอนการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจด้วยเทคโนโลยีสะอาด

2.1.1 การกำหนดขอบเขตการศึกษา และศึกษาลักษณะของกระบวนการผลิต

2.1.1.1 การศึกษากระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบแบบไม่ใช้ไอน้ำ

ทำการศึกษากระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบแบบไม่ใช้ไอน้ำ 3 แบบ คือ แบบอบแห้ง แบบทอดในสภาวะสุญญากาศ และแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ

2.1.1.2 การกำหนดวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายในการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจด้วยเทคโนโลยีสะอาด

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย คือ ประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบแบบไม่ใช้ไอน้ำ และหาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบด้วยเทคโนโลยีสะอาด

2.1.1.3 กำหนดขอบเขตการศึกษา

ขอบเขตที่นำมาพิจารณาในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้งของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มและผลิตน้ำมันพืช ตำบลพะตง อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก สหกรณ์นิคมอ่าวลึก ตำบลคีรีวง อำเภอปลายพระยา จังหวัด

กระบี่ และกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มและผลิตไบโอดีเซลระดับชุมชน ตำบลหนองพลับ อำเภอหัวหิน จังหวัดเพชรบุรี โดยรายละเอียดของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแต่ละแบบมีดังนี้

1. กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง

ผลปาล์มร่วงจะถูกนำมาอบ (ไม่ใช้ไอน้ำ) ที่อุณหภูมิ 80-100 °C โดยมีคนคอยพลิกผลปาล์มอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งพลังงานที่ใช้ในการอบมาจากพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนจากไม้ฟืน ต่อมานำผลปาล์มที่ผ่านการอบแล้วเข้าสู่เครื่องแยกผลปาล์ม เพื่อแยกขยะและเศษช่อดอกออกจากผลปาล์มก่อนเข้าสู่เครื่องหีบเพลาเดี่ยว ซึ่งเป็นการหีบรวมระหว่างเนื้อปาล์มกับเมล็ดหรือแก่นของผลปาล์ม ได้น้ำมันปาล์มที่มีกรดไขมันอิสระสูงเนื่องจากใช้ผลปาล์มร่วงในการสกัดน้ำมันปาล์ม จากนั้นจึงลำเลียงน้ำมันเข้าสู่ตะแกรงสั่น เพื่อกรองกากปาล์มออกจากน้ำมัน โดยนำกากปาล์มเปียกเข้าสู่เครื่องหีบเพลาเดี่ยวเพื่อบีบน้ำมันออกอีกครั้ง จนกระทั้งได้กากปาล์มแห้ง จากนั้นนำน้ำมันที่ได้เข้าสู่กระบวนการต้ม ซึ่งพลังงานที่ใช้ในการต้มมาจากพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนจากไม้ฟืนเช่นเดียวกับการอบ น้ำมันปาล์มที่ได้จากการต้มจะลำเลียงผ่านทางท่อเพื่อกรองเอากากปาล์มออกอีกครั้งด้วยเครื่องกรองผ้าอัดหลายชั้น จนกระทั่งได้น้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil)

2. กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ

ผลปาล์มร่วงจะถูกนำมาเข้าเครื่องแยกผลปาล์ม เพื่อแยกขยะและเศษช่อดอก ก่อนเข้าสู่กระบวนการทอดในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 70-85 °C ความดัน 60 mm. Hg. และใช้เตาเทอร์มัลในการเผาไม้ฟืนเพื่อนำพลังงานความร้อนมาใช้ในระบบสุญญากาศ ซึ่งระบบนี้สามารถดูดความชื้นออกจากหม้อทอดและถังไล่ความชื้น โดยอาศัยแรงดันน้ำเป็นแหล่งพลังของระบบ ขณะเดียวกันระบบนี้ยังให้ความร้อนเข้าสู่หม้อทอดและถังไล่ความชื้น โดยอาศัยการเผาไม้ฟืนเป็นแหล่งพลังของระบบ จากนั้นจึงลำเลียงผลปาล์มที่ผ่านการทอดในสภาวะสุญญากาศเข้าสู่เครื่องหีบเพลาเดี่ยวเพื่อบีบน้ำมันปาล์มออก จากนั้นจึงลำเลียงกากปาล์มเปียกเข้าสู่เครื่องหีบเพลาเดี่ยวอีกครั้งจนได้กากปาล์มแห้ง แล้วนำน้ำมันที่ได้เข้าสู่กระบวนการไล่ความชื้นและลำเลียงผ่านทางท่อเพื่อกรองเอากากปาล์มออกอีกครั้งด้วยเครื่องกรองผ้าอัดหลายชั้น จนกระทั่งได้น้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil)

3. กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ

ผลปาล์มทะลายจะถูกนำมาเข้าเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายปาล์มก่อนเข้าสู่เครื่องทำความสะอาดลูกปาล์ม เพื่อแยกขยะและเศษช่อดอกออก ซึ่งวิธีที่กล่าวมาข้างต้นทำให้น้ำมันปาล์มที่ได้เกิดกรดไขมันอิสระต่ำ จากนั้นจึงนำผลปาล์มเข้าสู่กระบวนการทอดในสภาวะบรรยากาศที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 30 นาที โดยมีคนกวนผลปาล์มอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งพลังงานที่ใช้ในการทอดมาจากพลังงานความร้อนจากไม้ฟืนประกอบกับการทอดเป็นระบบเปิด ทำให้เกิดอากาศเสียจากการทอดและเขม่าขี้เถ้าจากการเผาไหม้ไม้ฟืนฟุ้งกระจาย จากนั้นจึงลำเลียงผลปาล์มที่ผ่านการทอดแล้วเข้าสู่เครื่องหีบเพลาเดี่ยวเพื่อบีบน้ำมันออกอีกครั้งจนได้กากปาล์มแห้ง จากนั้นจึงลำเลียงน้ำมันเข้าสู่ตะแกรงสั่น เพื่อกรองกากปาล์มออกจากน้ำมันได้กากปาล์มเปียกเข้าสู่เครื่องหีบเพลาเดี่ยวเพื่อบีบน้ำมันออกอีกครั้ง ขณะที่น้ำมันจากตะแกรงสั่นจะถูกส่งเข้าสู่กระบวนการกรองด้วยเครื่องกรองผ้าอัดหลายชั้น จนกระทั่งได้น้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil)

2.1.1.4 หน่วยการทำงาน (Functional Unit: FU)

ผู้วิจัยใช้ตัน (ton) ปาล์มร่วง เป็นหน่วยอ้างอิงเพื่อประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ และใช้กิโลกรัม (kg) ของน้ำมันปาล์มดิบ เป็นหน่วยอ้างอิงเพื่อประเมินเทคโนโลยีสะอาด

2.1.1.5 การกำหนดเกณฑ์ในการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

จากการศึกษากระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ รวมถึงการศึกษางานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ และเทคโนโลยีสะอาด เช่น งานวิจัยของ Kharel G. *et al.* (2008) WBCSD (2000a) กิติกร จามรดุสิต และคณะ (2552) ดังนั้นงานวิจัยนี้เลือกใช้ดัชนีชี้วัดแบบทั่วไปในการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ดัชนีชี้วัด โดยผู้วิจัยรวบรวมดัชนีชี้วัดดังกล่าวจากการทบทวนเอกสารและปรับใช้ให้สอดคล้องกับกระบวนการผลิตของ 3 โรงงาน ดังนี้

1. ดัชนีชี้วัดด้านเศรษฐกิจ คือ ปริมาณกำไรสุทธิ

2. ดัชนีชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อม คือ ปริมาณการใช้วัตถุดิบ ปริมาณการใช้พลังงาน ปริมาณวัสดุเศษเหลือที่เกิดขึ้น และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการผลิต

2.1.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ศึกษาข้อมูลปฐมภูมิจากโรงงานดังนี้ เก็บข้อมูลจากผู้ประกอบการและพนักงานโดยตรง บันทึกของโรงงาน รายงานงบดุลและรายงานประจำปีของโรงงาน โดยการสอบถามจาก

ผู้ประกอบการของโรงงานโดยตรงในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2551 – 2553

2.1.3 การประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

การประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (EE_n) หาจากผลิตภัณฑ์หรือบริการ (EI_n) หารกับผลรวมของผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ($\sum En_m$) ซึ่งผลิตภัณฑ์หรือบริการ ได้แก่ ปริมาณกำไรสุทธิ ในหน่วย บาท (Bath) และผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมมี 4 ฟังก์ชั่น ได้แก่ ปริมาณการใช้วัตถุดิบ ในหน่วยตัน (ton) ปริมาณการใช้พลังงาน ในหน่วยจิกะจูล (GJ) ปริมาณวัสดุเศษเหลือที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ ในหน่วยตัน (ton) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ ในหน่วยตันของคาร์บอนไดออกไซด์ (ton of CO_2) ซึ่งดัชนีชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อมทั้ง 4 ฟังชั่นข้างต้น ดังตารางประกอบที่ (2-1) คัดเลือกจากการทบทวนเอกสารและดัชนีชี้วัดทางด้านสิ่งแวดล้อมที่แต่ละโรงงานมีร่วมกัน (Potter S. *et al.,* 2002) ดังนี้

ตารางที่ 2-1 ฟังก์ชั่นของดัชนีชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อม

ดัชนีชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อม	สมการ	ความหมาย
ปริมาณการใช้วัตถุดิบ	$EE_{n\,(M)} = \frac{EI_n}{\sum_{t=1}^{r} M_t} = \frac{EI_n}{(M_{n1}\times CF_1+M_{n2}\times CF_2+.....+M_{nr}\times CF_r)}$	$(M_{n1}, M_{n2} ..... M_{nr})$ หมายถึง ปริมาณการใช้วัตถุดิบในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบและ $CF_1,CF_2...CF_r$ หมายถึง ปัจจัยการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับปริมาณการใช้วัตถุดิบทั้งหมด ในหน่วยตัน (ton)
ปริมาณการใช้พลังงาน	$EE_{n\,(E)} = \frac{EI_n}{\sum_{t=1}^{r} E_t} = \frac{EI_n}{(E_{n1}\times CF_1+E_{n2}\times CF_2+.....+E_{nr}\times CF_r)}$	$(E_{n1}, E_{n2} ..... E_{nr})$ หมายถึง ปริมาณการใช้พลังงานในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบและ $CF_1,CF_2...CF_r$ หมายถึง ปัจจัยการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับที่มาของพลังงานทั้งหมด ในหน่วย จิกะจูล (GJ)

ตารางที่ 2-1 ฟังก์ชั่นของดัชนีชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

ดัชนีชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อม	สมการ	ความหมาย
ปริมาณวัสดุเศษเหลือ	$EE_{n\,(Ws)} = \frac{EI_n}{\sum_{t=1}^{r} Ws_t} = \frac{EI_n}{(Ws_{n1}\times CF_1 + Ws_{n2}\times CF_2 + \ldots + Ws_{nr}\times CF_r)}$	$(Ws_{n1}, Ws_{n2}.....Ws_{nr})$ หมายถึง ปริมาณวัสดุเศษเหลือที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบและ $CF_1, CF_2 \ldots CF_r$ หมายถึง ปัจจัยการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับปริมาณวัสดุเศษเหลือทั้งหมด ในหน่วยตัน (ton)
ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	$EE_{n(CO2)} = \frac{EI_n}{\sum_{t=1}^{r} (CO_2)_t} = \frac{EI_n}{(CO_{2n1}\times CF_1 + CO_{2n2}\times CF_2 + \ldots + CO_{2nr}\times CF_r)}$	$(CO_{2n1}, CO_{2n2} \ldots. CO_{2nr})$ หมายถึง ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 จากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบและ $CF_1, CF_2 \ldots CF_r$ หมายถึง ปัจจัยการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับก๊าซ CO_2 ทั้งหมด ในหน่วยตันของคาร์บอนไดออกไซด์ (ton of CO_2)

2.1.4 การศึกษาแนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ โดยกราฟ Snapshot

การหาค่าร้อยละความเปลี่ยนแปลง (Percent Variation) ของดัชนีชี้วัดด้านเศรษฐกิจและดัชนีชี้วัดสิ่งแวดล้อม เพื่อศึกษาแนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ทำได้โดยนำข้อมูลดัชนีชี้วัดของปีที่ต้องการประเมินมาเปรียบเทียบกับปีอ้างอิง (Base Year) ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ปี พ.ศ. 2551 เพื่อหาค่าร้อยละความเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจและค่าร้อยละความเปลี่ยนแปลงทางด้านสิ่งแวดล้อมมาพล็อตลงบนกราฟ (Toshiba Co., Ltd. 2009)

2.1.5 การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจด้วยเทคโนโลยีสะอาด

ผู้วิจัยใช้หลักการเทคโนโลยีสะอาดมาแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบแบบไม่ใช้ไอน้ำ โดยพิจารณาด้านเทคนิค ด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านสิ่งแวดล้อม ตามลำดับ ซึ่งดัชนีชี้วัดสำหรับใช้ในการประเมิน คือ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในหน่วยกิโลวัตต์ (kW) ต่อ กิโลกรัมของน้ำมันปาล์มดิบ ปริมาณการใช้ไม้ฟืนในหน่วย กิโลกรัม (kg) ต่อ กิโลกรัมของน้ำมันปาล์มดิบ ขยะและเศษช่อดอกในหน่วย กิโลกรัม (kg) ต่อ กิโลกรัมของน้ำมันปาล์มดิบ และกากปาล์มในหน่วย กิโลกรัม (kg) ต่อ กิโลกรัมของน้ำมันปาล์มดิบ โดยเลือกปี พ.ศ.

2553 ในการประเมิน ซึ่งแบ่งเป็นการตรวจประเมินเบื้องต้น และการตรวจประเมินอย่างละเอียด ดังนี้

2.1.5.1 การตรวจประเมินเบื้องต้น ประเด็นในการพิจารณามี 3 ขั้นตอน ดังนี้

1.การปรับปรุงด้านเทคนิค เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการปรับปรุงทางด้านเทคโนโลยี

2.การปรับปรุงด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อประเมินค่าใช้จ่ายที่ใช้ในกระบวนการผลิต

3.การปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อประเมินปัญหาที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเกณฑ์การพิจารณาได้แก่ ปริมาณ (Q) ผลกระทบ (E) และการแพร่กระจาย (D)

2.1.5.2 การตรวจประเมินอย่างละเอียด เพื่อหาสาเหตุของการการสูญเสียจากผลการประเมินเบื้องต้น และสร้างชุดข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด ซึ่งแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูล

- การคำนวณปริมาณออกซิเจนในการเผาไหม้ไม้ฟืน
- การคำนวณปริมาณของ CO_2 ในก๊าซไอเสียที่ปล่องระบาย
- การคำนวณประสิทธิภาพของเตาเผา
- การคำนวณอัตราค่าพลังงานไฟฟ้า

2. การจัดทำดุลมวลสารและดุลพลังงาน

งานวิจัยนี้แสดงการจัดทำดุลมวลสารเฉพาะประเด็นปัญหาด้านพลังงาน (ไม้ฟืน) ดังสมการ (2-7) เนื่องจากด้านพลังงาน (ไฟฟ้า) แสดงการคำนวณอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรที่แยกประเภทอยู่แล้ว ทำให้เห็นพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียไปได้อย่างชัดเจน ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องทำดุลมวลสารด้านพลังงาน (ไฟฟ้า)

มวลสารทั้งระบบ = สารขาเข้า + สารขาออก (2-7)

3. การหาสาเหตุการสูญเสียทรัพยากร

งานวิจัยนี้เลือกใช้เทคนิคอิชิคาว่า (Ishikawa Technique) หรือ แผนภูมิก้างปลา (Fish Bone Diagram) เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายแต่มีประสิทธิภาพสูงในการวิเคราะห์ให้เห็นรากเหง้าของปัญหา

4. สร้างข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด (CT Option)

งานวิจัยนี้ใช้เลือกเทคนิคการระดมสมอง (Brain Storming) โดยนำประเด็นปัญหาที่ควรได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วนของแต่ละโรงงาน มาระดมสมองร่วมกันระหว่างโรงงาน อาจารย์ และนักศึกษา เพื่อหาเทคนิคที่ดีที่สุดในการประหยัดพลังงาน นำไปสู่การปฏิบัติที่เป็นเลิศ

2.1.6 การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

งานวิจัยนี้เลือกใช้ระยะเวลาคืนทุนในการนำมาคำนวณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น ดังสมการ (2-8) เพื่อให้ทราบถึงมูลค่าที่สามารถประหยัดได้ และความคุ้มค่าในการลงทุน

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุนทั้งหมด (บาท)}}{\text{ผลประหยัดต่อปี (บาท/ปี)}} \qquad (2\text{-}8)$$

2.1.7 การประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจประเมิน CT

การประเมินค่าจากผลิตภัณฑ์หรือบริการกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งใช้หลักการคำนวณเดียวกันกับการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจก่อนประเมิน CT แต่การประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจหลังประเมิน CT ประเมินเฉพาะประเด็นที่เป็นปัญหาเร่งด่วนและควรได้รับการแก้ไขเป็นอันดับแรก (Dechpong K., 2008)

2.1.8 การสรุป และวิจารณ์ผลการดำเนินงานวิจัย

2.1.8.1 วิเคราะห์ อภิปรายผลการดำเนินงานวิจัย และสรุปผลการดำเนินงานวิจัย

2.1.8.2 สรุปทางเลือกที่สามารถลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมควบคู่กับการเพิ่มผลกำไรทางธุรกิจ

2.1.8.4 เสนอแนะแนวทางปฏิบัติแก่โรงงาน และเสนอแนะการทำวิจัยเพิ่มเติม

บทที่ 3

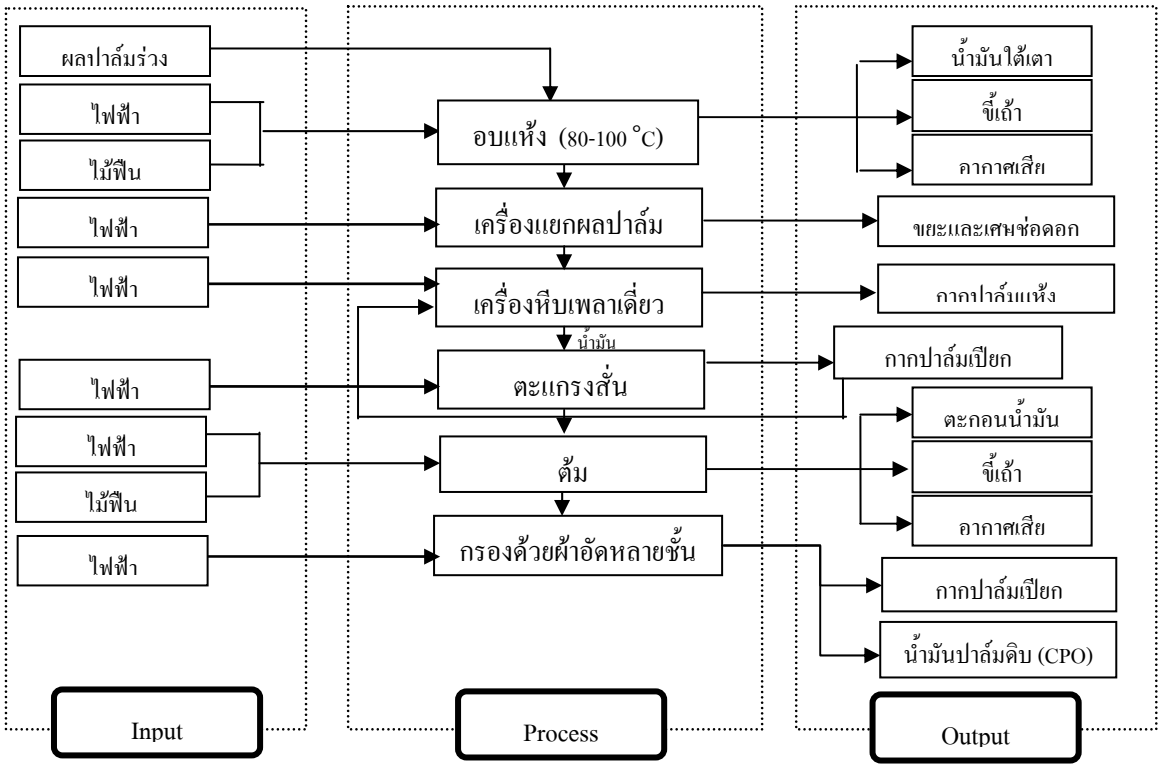
ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ โดยประยุกต์ใช้หลักการและเครื่องมือของประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจร่วมกับเทคโนโลยีสะอาดในอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มดิบแบบไม่ใช้ไอน้ำ เพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ และเพิ่มความสามารถในการแข่งขันทางธุรกิจ นำไปสู่ความสุมดลในการพัฒนาเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และสังคมในอนาคต โดยมีรายละเอียดการศึกษาวิจัยดังนี้

3.1 ลักษณะเบื้องต้นของกระบวนการผลิตแต่ละโรงงาน

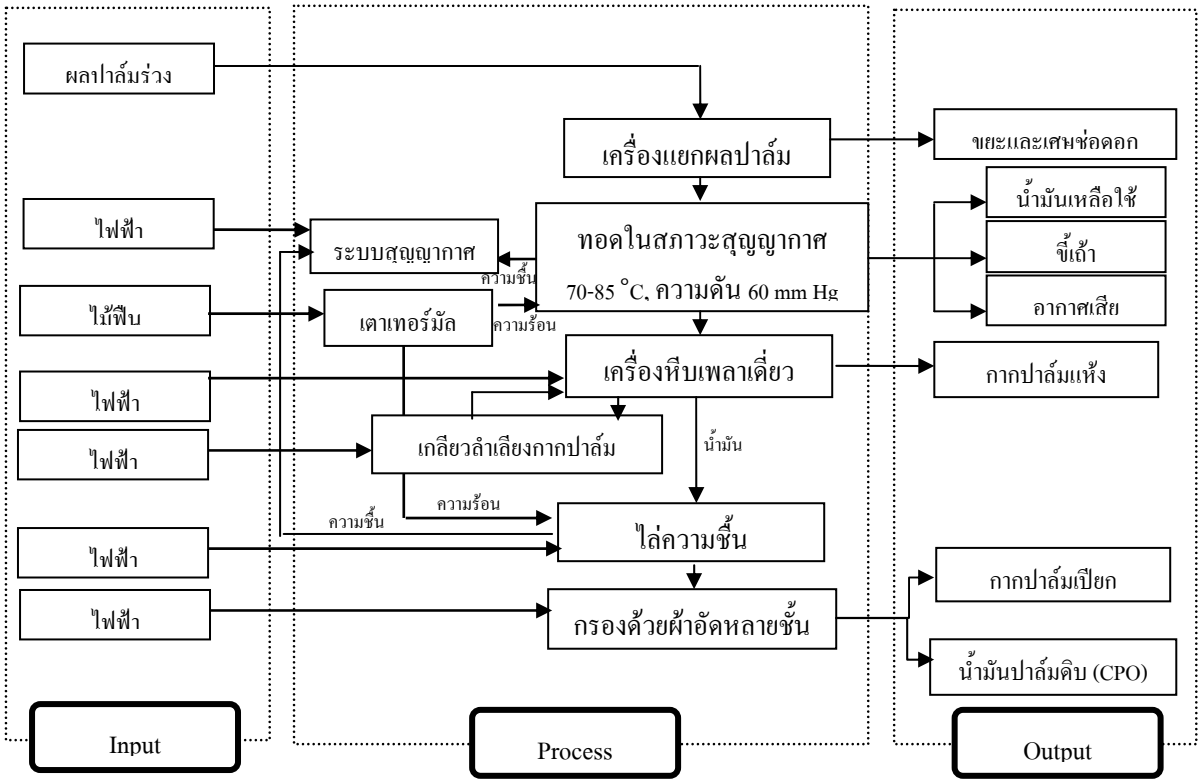
การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบแบบไม่ใช้ไอน้ำ จากการศึกษาพบว่าปัจจุบันมี 3 แบบ คือ แบบอบแห้ง แบบทอดในสภาวะสุญญากาศ และแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ โดยการศึกษาจำกัดขอบเขตเฉพาะกระบวนการผลิตเท่านั้น (Gate-to-Gate) ซึ่งมีกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบดังนี้

3.1.1 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง แสดงดังภาพประกอบที่ 3-1 งานวิจัยนี้ศึกษากระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้งจากห้างหุ้นส่วนจำกัดรุ่งเรืองกิจน้ำมันพืช ตำบลพะตง อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เป็นโรงงานของเอกชน ซึ่งเป็นโรงงานขนาดเล็กมีกำลังการผลิตติดตั้งของเครื่องจักร 2.5 ตันทะลาย/ชั่วโมง โดยมีการผลิตต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง ปริมาณน้ำมันปาล์มดิบที่ผลิตได้เฉลี่ยในปี พ.ศ. 2553 ค่อนข้างสูง คือ 202,477.90 กิโลกรัม/เดือน ทำให้โรงงานมีรายได้เฉลี่ยจากการขายน้ำมันปาล์มสูงเช่นกัน แต่โรงงานมีกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบโดยการอบผลปาล์มที่เตาอบแบบเปิดอุณหภูมิระหว่าง 80-100 °C ซึ่งส่วนปลายของหัวเผาเกิดการชำรุดเนื่องจากการกัดกร่อนของขี้เถ้า ประกอบกับไม้ฟืนและผลปาล์มที่ใช้มีความชื้นสูง นอกจากนี้ช่องเติมไม้ฟืนยังเปิดต่อเนื่องไว้ตลอดเวลา ทำให้โรงงานสูญเสียพลังงานดังกล่าวไปอย่างไม่จำเป็น ซึ่งหากโรงงานสามารถลดผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมเหล่านี้จะส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจสูงขึ้น เนื่องจากโรงงานมีกำไรเพิ่มขึ้นควบคู่กับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมลดลง



ภาพประกอบที่ 3-1 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง

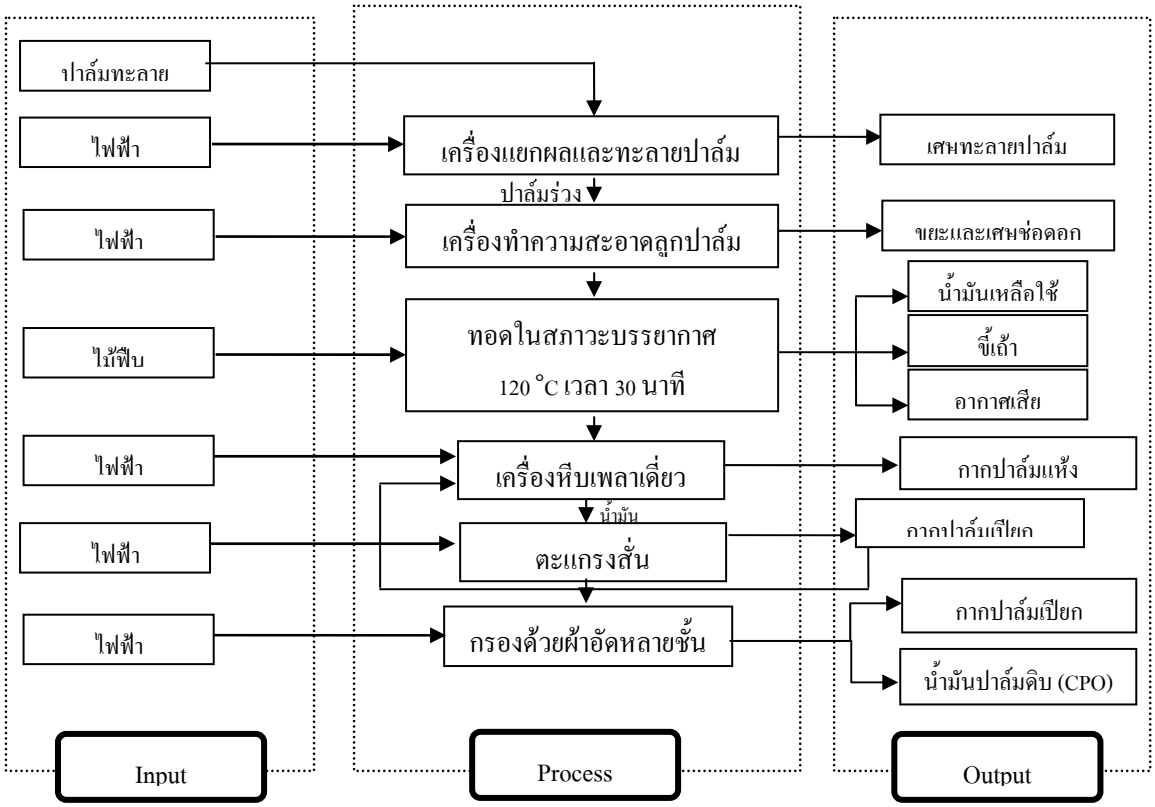
3.1.2 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ แสดงดังภาพประกอบที่ 3-2 งานวิจัยนี้ศึกษากระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก สหกรณ์นิคมอ่าวลึก ตำบลคีรีวง อำเภอปลายพระยา จังหวัดกระบี่ เป็นโครงการของเอกชนร่วมมือกับมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรชาวสวนปาล์มน้ำมันรายย่อย มีโอกาสรวมกลุ่มกันสร้างโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบจำหน่าย ซึ่งเป็นโรงงานขนาดเล็กมีกำลังการผลิตติดตั้งของเครื่องจักร 2 ตันทะลาย/ชั่วโมง ปริมาณน้ำมันปาล์มดิบที่ผลิตได้เฉลี่ยในปี พ.ศ. 2553 คือ 44,285.63 กิโลกรัม/เดือน โรงงานมีกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบโดยการทอดในสภาวะสุญญากาศซึ่งเป็นระบบปิดที่อุณหภูมิ 70-85 °C, ความดัน 60 มิลลิเมตรปรอท ซึ่งมีเตาเทอร์มัลนำพลังงานความร้อนจากไม้ฟืนมาใช้ในหม้อทอดและถังไล่ความชื้น ขณะเดียวกันระบบสุญญากาศซึ่งเปิดต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการผลิต 8 ชม./วัน มีหน้าที่ดูดความชื้นจากหม้อทอดและถังไล่ความชื้น ทำให้โรงงานสูญเสียพลังงานดังกล่าว ซึ่งหากโรงงานสามารถลดผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมเหล่านี้จะส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจสูงขึ้น



ภาพประกอบที่ 3-2 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ

3.1.3 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ แสดงดังภาพประกอบที่ 3-3 งานวิจัยนี้ศึกษากระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มและผลิตไบโอดีเซลระดับชุมชน ตำบลหนองพลับ อำเภอหัวหิน จังหวัดเพชรบุรี เป็นโครงการในพระราชดำริที่มุ่งเน้นดัชนีชี้วัดด้านสังคมมากกว่าดัชนีชี้วัดด้านเศรษฐกิจ กล่าวคือ มีการจัดตั้งโรงงานเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ซึ่งเปิดให้บุคคลที่สนใจเข้ามาศึกษาดูงาน ประกอบกับการก่อตั้งของโครงการยังช่วยลดปัญหาการสูญเสียคุณภาพของน้ำมันปาล์มจากการขนส่งไปยังโรงงานที่อยู่ห่างไกล ซึ่งเป็นโรงงานขนาดเล็กมีกำลังการผลิตติดตั้งของเครื่องจักร 1.8 ตันทะลาย/ชั่วโมง ปริมาณน้ำมันปาล์มดิบที่ผลิตได้เฉลี่ยในปี พ.ศ. 2553 คือ 933.47 กิโลกรัม/เดือน ซึ่งมีปริมาณน้อย เนื่องจากกระบวนการผลิตหลักของโรงงานนั้นจะนำน้ำมันพืชใช้แล้วไปผลิตไบโอดีเซลมากกว่าการนำผลปาล์มมาสกัดน้ำมันปาล์มดิบเพื่อนำน้ำมันปาล์มดิบที่ได้ไปผลิตเป็นไบโอดีเซล โรงงานมีกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบโดยการทอดในสภาวะบรรยากาศซึ่งเป็นระบบเปิดที่อุณหภูมิ 120 °C เวลา 30 นาที ซึ่งใช้พลังงานความร้อนจากไม้ฟืนในการทอด นอกจากนี้โรงงานใช้เครื่องหีบผลปาล์มแบบเก่า และหีบผลปาล์มหลายครั้งเพื่อให้ได้กากปาล์มที่

อัดกันจนแข็ง ทำให้โรงงานสูญเสียพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องจักรในปริมาณสูง ซึ่งหากโรงงานสามารถลดผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมเหล่านี้จะส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจสูงขึ้น



ภาพประกอบที่ 3-3 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ

เกณฑ์การเลือกดัชนีชี้วัดในการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจได้จากการทบทวนเอกสาร และประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบแบบไม่ใช้ไอน้ำทั้ง 3 แบบ พบว่า แบบอบแห้ง แบบทอดในสภาวะสุญญากาศ และแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ มีดัชนีชี้วัดทางด้านสิ่งแวดล้อมร่วมกัน คือ ปริมาณการใช้วัตถุดิบ ได้แก่ ผลปาล์ม และไม้ฟืน ปริมาณการใช้พลังงาน ได้แก่ พลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อน ปริมาณวัสดุเศษเหลือจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ ได้แก่ ขยะและเศษช่อดอก กากปาล์มแห้ง กากปาล์มเปียก และปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกดัชนีชี้วัดทั้ง 4 ฟังก์ชั่น ข้างต้นมาใช้สำหรับการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

3.2 ผลการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

3.2.1 ผลการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของแบบอบแห้ง

ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของปริมาณการใช้วัตถุดิบของปี พ.ศ. 2552 ลดลงจากปี 2551 เป็น 926.50 บาท/ตัน และเพิ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2553 เป็น 6,280.00 บาท/ตัน โดยค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจด้านปริมาณการใช้วัตถุดิบเฉลี่ยเท่ากับ 2,903.40 บาท/ตัน ซึ่งช่วงระยะเวลา 3 ปี พบว่า ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเพิ่มขึ้น เป็น 318%

ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของปริมาณการใช้พลังงานของปี พ.ศ. 2552 ลดลงจากปี 2551 เป็น 288.09 บาท/จิกะจูล และเพิ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2553 เป็น 2,074.46 บาท/จิกะจูล โดยค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจด้านปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ยเท่ากับ 1,044.40 บาท/จิกะจูล ซึ่งช่วงระยะเวลา 3 ปี พบว่า ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเพิ่มขึ้น เป็น 169%

ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของปริมาณวัสดุเศษเหลือของปี พ.ศ. 2552 ลดลงจากปี 2551 เป็น 1,928.58 บาท/ตัน และเพิ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2553 เป็น 12,609.93 บาท/ตัน โดยค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจด้านปริมาณวัสดุเศษเหลือเฉลี่ยเท่ากับ 5,775.87 บาท/ตัน ซึ่งช่วงระยะเวลา 3 ปี พบว่า ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเพิ่มขึ้น เป็น 352%

ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของปี พ.ศ. 2552 ลดลงจากปี 2551 เป็น 4,393.83 บาท/ตันคาร์บอนไดออกไซด์ และเพิ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2553 เป็น 28,911.33 บาท/ตันคาร์บอนไดออกไซด์ โดยค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจด้านปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยเท่ากับ 13,233.30 บาท/ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งช่วงระยะเวลา 3 ปี พบว่า ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเพิ่มขึ้น เป็น 352% ดังตารางประกอบที่ 3-1

จากผลการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง พบว่าค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจทางด้านปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งน้อยกว่าค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจทางด้านปริมาณการใช้วัตถุดิบ ปริมาณวัสดุเศษเหลือและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตามลำดับ แม้ว่าค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจทุกดัชนีชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อมจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากโรงงานมีกำไรสูงขึ้น เพราะค่าเงินริงกิตของประเทศมาเลเซียแข็งตัว ทำให้ประเทศไทยส่งน้ำมันปาล์มดิบออกไปขายต่างประเทศมากขึ้น ประกอบกับราคาขายน้ำมันปาล์มดิบต่อกิโลกรัมสูงขึ้น แต่ขณะเดียวกันโรงงานใช้เวลาในการอบผลปาล์มแต่ละเตานั้นใช้เวลาถึง 24 ชั่วโมง อีกทั้งเตาอบที่ใช้เป็นระบบเปิดทำให้สูญเสียพลังงานความร้อนสูง และผลปาล์มกับไม้ฟืนซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตนั้นค่อนข้างเปียก ทำให้ต้องใช้ไม้ฟืนจำนวนมาก

เพื่อให้ได้ค่าความร้อนที่เหมาะสมในการอบผลปาล์ม ซึ่งถ้าหากไม่มีการควบคุมปริมาณการใช้พลังงาน อาจทำให้ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจลดลงได้ในอนาคต

ตารางประกอบที่ 3-1 ค่าประสิทธิของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง

รายการ	2551	2552	2553	เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพระหว่างปี 2551-2553
กำไรสุทธิจากกระบวนการผลิต (บาท)	14,565,999.62	11,447,096.63	69,945,859.43	
ปริมาณการใช้วัตถุดิบ (ตัน)	9,686.88	12,355.21	11,137.87	
ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของวัตถุดิบ (บาท/ตัน)	1,503.68	926.50	6,280.00	
เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	-	(2551-2552)	(2552-2553)	(2551-2553)
		↓ -38%	↑ 578%	↑ 318%
ปริมาณการใช้พลังงาน (จิกะจูล)	18,901.13	39,733.86	33,717.68	
ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของพลังงาน (บาท/จิกะจูล)	770.64	288.09	2,074.46	
เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	-	(2551-2552)	(2552-2553)	(2551-2553)
		↓ -63%	↑ 620%	↑ 169%
ปริมาณวัสดุเศษเหลือ (ตัน)	5,222.44	5,935.52	5,546.89	
ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของวัสดุเศษเหลือ (บาท/ตัน)	2,789.12	1,928.58	12,609.93	
เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	-	(2551-2552)	(2552-2553)	(2551-2553)
		↓ -31%	↑ 554%	↑ 352%
ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ตันคาร์บอนไดออกไซด์)	2,277.81	2,605.26	2,419.32	
ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (บาท/ตันคาร์บอนไดออกไซด์)	6,394.73	4,393.83	28,911.33	
เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	-	(2551-2552)	(2552-2553)	(2551-2553)
		↓ -31%	↑ 558%	↑ 352%

หมายเหตุ: ↑ หมายถึง ดัชนีชี้วัดมีค่าเพิ่มขึ้น (+)

↓ หมายถึง ดัชนีชี้วัดมีค่าลดลง (-)

หมายเหตุ; จากตารางประกอบที่ 3-1 พบว่า กำไรจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้งนั้นสูงกว่ากระบวนการสกัดแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ ดังตารางประกอบที่ 3-2 และแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ ดังตารางประกอบที่ 3-3 เนื่องจากแบบอบแห้งใช้ปริมาณปาล์มร่วงซึ่งเป็นวัตถุดิบมากกว่าโรงงานอื่น ทำให้เกิดกากปาล์มจากกระบวนการผลิตมากกว่า ส่งผลให้โรงงานแบบอบแห้งมีกำไรจากการขายกากปาล์มซึ่งเมื่อรวมกับปริมาณน้ำมันปาล์มดิบแล้วจะสูงกว่าแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ และแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ

3.2.2 ผลการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ

ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของปริมาณการใช้วัตถุดิบของปี พ.ศ. 2552 ลดลงจากปี 2551 เป็น 289.57 บาท/ตัน และเพิ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2553 เป็น 1,066.66 บาท/ตัน โดยค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจด้านปริมาณการใช้วัตถุดิบเฉลี่ยเท่ากับ 561.82 บาท/ตัน ซึ่งช่วงระยะเวลา 3 ปี พบว่า ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเพิ่มขึ้น เป็น 224%

ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของปริมาณการใช้พลังงานของปี พ.ศ. 2552 ลดลงจากปี 2551 เป็น 111.87 บาท/จิกะจูล และเพิ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2553 เป็น 434.77 บาท/จิกะจูล โดยค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจด้านปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ยเท่ากับ 226.34 บาท/จิกะจูล ซึ่งช่วงระยะเวลา 3 ปี พบว่า ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเพิ่มขึ้น เป็น 228%

ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของปริมาณวัสดุเศษเหลือของปี พ.ศ. 2552 ลดลงจากปี 2551 เป็น 980.98 บาท/ตัน และเพิ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2553 เป็น 3,566.33 บาท/ตัน โดยค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจด้านปริมาณวัสดุเศษเหลือเฉลี่ยเท่ากับ 1,888.49 บาท/ตัน ซึ่งช่วงระยะเวลา 3 ปี พบว่า ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเพิ่มขึ้น เป็น 219%

ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของปี พ.ศ. 2552 ลดลงจากปี 2551 เป็น 1,331.48 บาท/ตันคาร์บอนไดออกไซด์ และเพิ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2553 เป็น 4,840.58 บาท/ตันคาร์บอนไดออกไซด์ โดยค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจด้านปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยเท่ากับ 2,563.24 บาท/ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งช่วงระยะเวลา 3 ปี พบว่า ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเพิ่มขึ้น เป็น 219% ดังตารางประกอบที่ 3-2

จากผลการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ พบว่าค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจทางด้านปริมาณวัสดุเศษเหลือและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด ซึ่งน้อยกว่าค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจทางด้านปริมาณการใช้วัตถุดิบ และปริมาณการใช้พลังงานตามลำดับ แม้ว่าค่า

ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากโรงงานมีกำไรสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างปี พ.ศ. 2553 กับ พ.ศ. 2551 เพราะประเทศไทยส่งน้ำมันปาล์มดิบออกไปขายต่างประเทศมากขึ้น แต่ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของปริมาณการใช้พลังงานปี พ.ศ. 2552 กับ พ.ศ. 2551 นั้นมีค่าต่ำกว่าดัชนีชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อมอื่น เนื่องจากโรงงานยังใช้ไฟฟ้าในปริมาณสูงจากระบบสุญญากาศซึ่งต้องเปิดต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการผลิต เพื่อไล่ความชื้นออกจากระบบสุญญากาศจากการทอดผลปาล์มและระบบไล่ความชื้นจากน้ำมันปาล์ม ประกอบกับเกลียวลำเลียงผลปาล์มนั้นใช้มอเตอร์หลายตัว เนื่องจากมีสายพานที่ยาว ซึ่งถ้าหากไม่มีการควบคุมปริมาณการใช้พลังงาน อาจทำให้ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจลดลงได้ในอนาคต ดังนั้นทางโรงงานจึงให้ผู้วิจัยศึกษาปริมาณการใช้พลังงานเพิ่มเติม เพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ตารางประกอบที่ 3-2 ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ

รายการ	2551	2552	2553	เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพระหว่างปี 2551-2553
กำไรสุทธิจากกระบวนการผลิต (บาท)	660,176.38	593,728.10	2,550,876.12	
ปริมาณการใช้วัตถุดิบ (ตัน)	2,005.28	2,050.37	2,391.46	
ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของวัตถุดิบ (บาท/ตัน)	329.22	289.57	1,066.66	
เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	-	(2551-2552)	(2552-2553)	(2551-2553)
		↓ -12%	↑ 268%	↑ 224%
ปริมาณการใช้พลังงาน (จิกะจูล)	4,986.72	5,307.37	5,867.20	
ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของพลังงาน (บาท/จิกะจูล)	132.39	111.87	434.77	
เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	-	(2551-2552)	(2552-2553)	(2551-2553)
		↓ -15%	↑ 289%	↑ 228%
ปริมาณวัสดุเศษเหลือ (ตัน)	590.42	605.24	715.27	
ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของวัสดุเศษเหลือ (บาท/ตัน)	1,118.14	980.98	3,566.33	
เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	-	(2551-2552)	(2552-2553)	(2551-2553)
		↓ -12%	↑ 264%	↑ 219%

ตารางประกอบที่ 3-2 ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ (ต่อ)

รายการ	2551	2552	2553	เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพระหว่างปี 2551-2553
ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ตันคาร์บอนไดออกไซด์)	435.00	445.92	526.98	
ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (บาท/ตันคาร์บอนไดออกไซด์)	1,517.66	1,331.48	4,840.58	
เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	-	(2551-2552)	(2552-2553)	(2551-2553)
		↓ -12%	↑ 264%	↑ 219%

3.2.3 ผลการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ

ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของปริมาณการใช้วัตถุดิบ เพิ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2553 จาก 3,103.28 บาท/ตัน เป็น 3,374.30 บาท/ตัน โดยค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจด้านปริมาณการใช้วัตถุดิบเฉลี่ยเท่ากับ 2,706.39 บาท/ตัน ซึ่งช่วงระยะเวลา 3 ปี พบว่า ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเพิ่มขึ้น เป็น 106%

ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของปริมาณการใช้พลังงาน ลดลงในปี พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2553 จาก 1,007.31 บาท/ตัน เป็น 994.20 บาท/ตัน โดยค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจด้านปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ยเท่ากับ 1,030.11 บาท/จิกะจูล ซึ่งช่วงระยะเวลา 3 ปี พบว่า ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจลดลง เป็น 9%

ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของปริมาณวัสดุเศษเหลือของปี พ.ศ. 2552 ลดลงจากปี 2551 เป็น 2,491.74 บาท/ตัน และเพิ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2553 เป็น 4,783.40 บาท/ตัน โดยค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจด้านปริมาณวัสดุเศษเหลือเฉลี่ยเท่ากับ 3,258.28 บาท/ตัน ซึ่งช่วงระยะเวลา 3 ปี พบว่า ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเพิ่มขึ้น เป็น 91%

ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพิ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2553 จาก 11,674.34 บาท/ตันคาร์บอนไดออกไซด์ เป็น 12,422.48 บาท/ตันคาร์บอนไดออกไซด์ โดยค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจด้านปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

เฉลี่ยเท่ากับ 9,845.77 บาท/ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งช่วงระยะเวลา 3 ปี พบว่า ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเพิ่มขึ้น เป็น 128% ดังตารางประกอบที่ 3-3

จากผลการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ พบว่าค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจทางด้านปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ยมีน้อยที่สุด ซึ่งติดลบและน้อยกว่าค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจทางด้านปริมาณวัสดุเศษเหลือ ปริมาณการใช้วัตถุดิบ และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตามลำดับ แม้ว่าค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากโรงงานมีกำไรสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างปี พ.ศ. 2553 กับ พ.ศ. 2551 เพราะประเทศไทยส่งน้ำมันปาล์มดิบออกไปขายต่างประเทศมากขึ้น แต่โรงงานใช้ไม้ฟืนเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการทอดผลปาล์มจำนวนมาก ประกอบกับไม้ฟืนที่ใช้นั้นเป็นไม้ฟืนค่อนข้างเปียก ทำให้ต้องใช้ไม้ฟืนจำนวนมาก เพื่อให้ได้ค่าความร้อนที่เหมาะสมในการทอดผลปาล์ม นอกจากนี้ทางโรงงานยังจัดวางตำแหน่งของเครื่องจักรที่ไม่เหมาะสม คือ ตะแกรงสั่นน้ำมันปาล์มนั้นวางอยู่ด้านล่าง โดยมีเครื่องหีบผลปาล์มและเครื่องกรองด้วยผ้าอัดหลายชั้นวางอยู่ด้านบน ทำให้ต้องเพิ่มปั๊มซึ่งช่วยในการดูดน้ำมันจากด้านล่างขึ้นด้านบน อีกทั้งโรงงานยังเดินเครื่องจักรที่ไม่ต่อเนื่องและต้องเปิดเครื่องทุกครั้งที่มีคณะที่เข้ามาศึกษาดูงาน ทำให้ช่วงแรกที่เดินเครื่องนั้นต้องสิ้นเปลืองไฟฟ้าจำนวนมาก ประกอบกับโรงงานใช้เครื่องหีบผลแบบเก่าที่สามารถหีบผลปาล์มได้น้อย แต่ใช้แรงม้าจำนวนมาก ซึ่งถ้าหากไม่มีการควบคุมปริมาณการใช้พลังงานดังกล่าว อาจทำให้ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจที่ลดลดลงอยู่แล้วกลับลดลงยิ่งขึ้น เพราะถ้าไม่สามารถลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้ ต้นทุนการผลิตจะลดลง ส่งผลให้กำไรลดลงด้วย

ตารางประกอบที่ 3-3 ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ

รายการ	2551	2552	2553	เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพระหว่างปี 2551-2553
กำไรสุทธิจากกระบวนการผลิต (บาท)	128,250.40	151,751.30	170,635.19	
ปริมาณการใช้วัตถุดิบ (ตัน)	78.13	48.90	50.57	
ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของวัตถุดิบ (บาท/ตัน)	1,641.58	3,103.28	3,374.30	
เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	-	(2551-2552)	(2552-2553)	(2551-2553)
		↑ 89%	↑ 9%	↑ 106%
ปริมาณการใช้พลังงาน (จิกะจูล)	117.79	150.65	171.63	
ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของพลังงาน (บาท/จิกะจูล)	1,088.81	1,007.31	994.20	
เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	-	(2551-2552)	(2552-2553)	(2551-2553)
		↓ -7%	↓ -1%	↓ -9%
ปริมาณวัสดุเศษเหลือ (ตัน)	51.31	60.90	35.67	
ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของวัสดุเศษเหลือ (บาท/ตัน)	2,499.69	2,491.74	4,783.40	
เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	-	(2551-2552)	(2552-2553)	(2551-2553)
		↓ 0%	↑ 92%	↑ 91%
ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ตันคาร์บอนไดออกไซด์)	23.57	13.00	13.74	
ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (บาท/ตันคาร์บอนไดออกไซด์)	5,440.47	11,674.34	12,422.48	
เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	-	(2551-2552)	(2552-2553)	(2551-2553)
		↑ 115%	↑ 6%	↑ 128%

จากการผลการศึกษาค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในระยะเวลา 3 ปี (ปี พ.ศ. 2551 เป็นปีอ้างอิง) พบว่า แบบอบแห้งและแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ มีปริมาณการใช้ทรัพยากรเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณกำไรสุทธิก็ยังคงเพิ่มขึ้นสูงเช่นกัน ทำให้ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

เปลี่ยนแปลงในทิศทางเพิ่มขึ้น ส่วนแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ มีปริมาณการใช้ทรัพยากรทุกดัชนีชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อมลดลง ยกเว้นปริมาณการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณกำไรสุทธิเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (42,384.79 บาท) เนื่องจากเป็นโครงการในพระราชดำริ จึงไม่ดำเนินกิจการเพื่อหวังผลกำไร และเปิดให้คณะผู้สนใจเข้ามาศึกษาดูงาน ทำให้ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจด้านปริมาณการใช้พลังงานเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ลดลง ดังตารางประกอบที่ 3-4

ตารางประกอบที่ 3-4 สรุปผลการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของโรงงาน

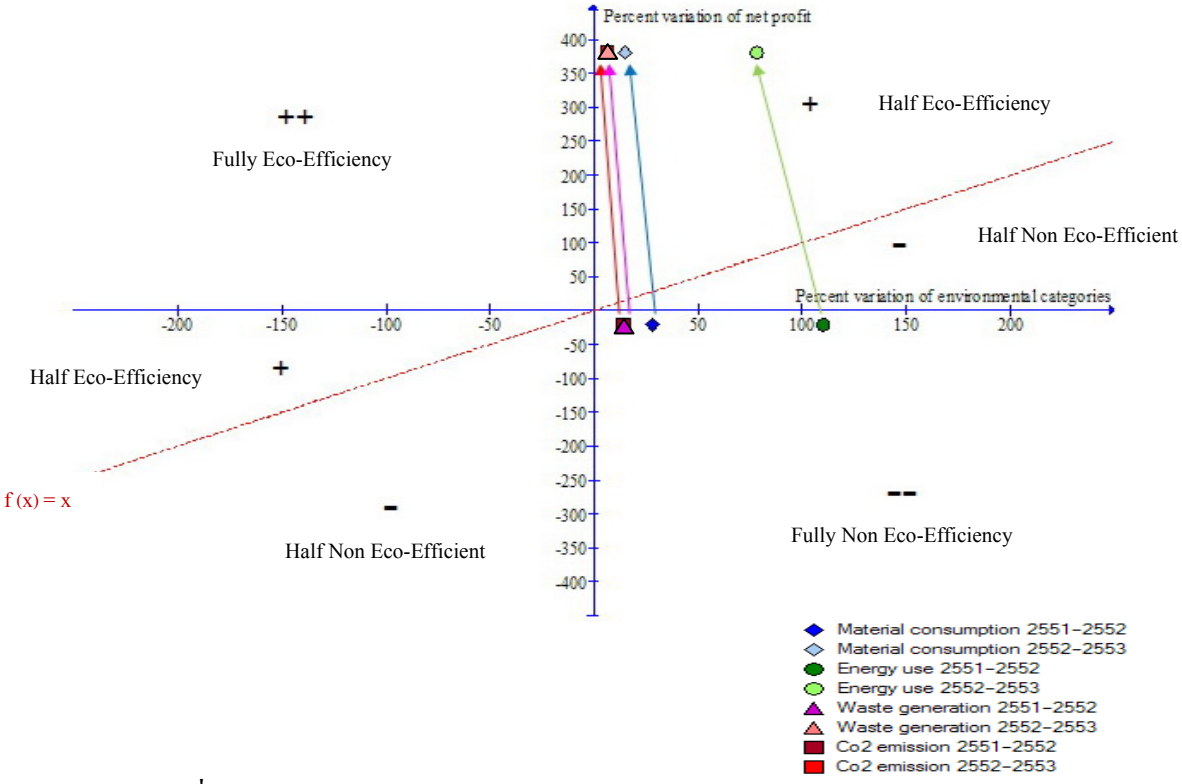
ดัชนีชี้วัด/กลุ่ม	การเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจระหว่างปี 2551 - 2553		
	วิธีอบแห้ง	วิธีทอดสุญญากาศ	วิธีทอดบรรยากาศ
ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของวัตถุดิบเปรียบเทียบกับกำไร (บาท/ตัน)	318%	224 %	106 %
ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของพลังงานเปรียบเทียบกับกำไร (บาท/จิกะจูล)	169 %	228 %	-9 %
ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของวัสดุเศษเหลือเปรียบเทียบกับกำไร (บาท/ตัน)	352 %	219 %	91 %
ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของปริมาณการปล่อย CO_2 เปรียบเทียบกับกำไร (บาท/ตัน)	352 %	219 %	128 %

จากตารางที่ 3-4 พบว่า การเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจระหว่างปี 2551 – 2553 ของแบบอบแห้งและแบบทอดในสภาวะบรรยากาศมีค่าประสิทธิเชิงนิเวศเศรษฐกิจของปริมาณการใช้พลังงานน้อยที่สุด ในขณะที่แบบทอดในสภาวะสุญญากาศมีค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของปริมาณวัสดุเศษเหลือและปริมาณการปล่อย CO_2 น้อยที่สุด แต่ถ้าเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจระหว่างปี 2551 – 2552 พบว่าทุกโรงงานมีค่าประสิทธิเชิงนิเวศเศรษฐกิจด้านปริมาณการใช้พลังงานน้อยที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงอาศัยกราฟ Snapshot เพื่อให้สามารถอ่านข้อมูลแนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจได้ชัดเจนขึ้น แสดงดังหัวข้อถัดไป

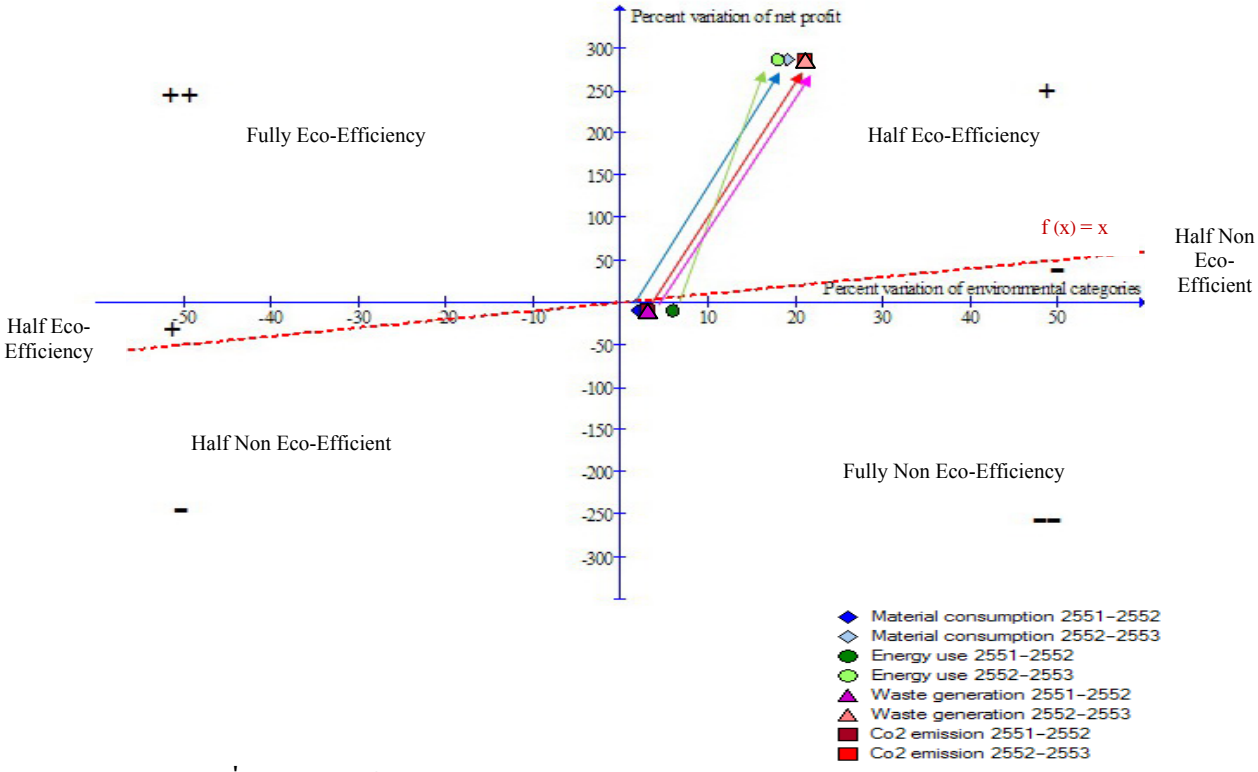
3.3 ผลการศึกษาแนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบโดยกราฟ Snapshot

เนื่องจากการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเพียงอย่างเดียว ยังไม่สามารถเห็นแนวโน้มค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในภาพรวมของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแต่ละแบบได้ว่าอยู่ในระดับใด ซึ่งจากทบทวนเอกสาร พบว่ากลุ่ม Anite System ประเทศลักเซมเบิร์ก (Anite Systems, 1999) มีการประยุกต์ใช้กราฟ Snapshot เพื่อใช้อ่านข้อมูลของแนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ โดยแกน y คือ ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของดัชนีชี้วัดด้านเศรษฐกิจ (Percent Variation of Net Profit) ได้แก่ ปริมาณกำไรสุทธิ ส่วนแกน x คือร้อยละการเปลี่ยนแปลงของดัชนีชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อม (Percent Variation of Environmental Categories) ได้แก่ ปริมาณการใช้วัตถุดิบ ปริมาณการใช้พลังงาน ปริมาณวัสดุเศษเหลือ และปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งกราฟ Snapshot ดังกล่าว สามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ คือ ระดับ Fully Eco-efficiency (++), ระดับ Half Eco-efficiency (+), ระดับ Half Non Eco-efficiency (-) และระดับ Fuuly Non Eco-efficiency (--) ดังแสดงรายละเอียดในบทที่ 1 โดยผู้วิจัยนำข้อมูลดัชนีชี้วัดของปีที่ต้องการประเมินมาคิดหาร้อยละความเปลี่ยนแปลงเทียบกับปีที่ใช้เป็นปีอ้างอิง (Base Year) ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ปี พ.ศ. 2551 เป็นปีอ้างอิง เนื่องจากเป็นหลักมาตรฐานสากลที่นิยมใช้ปีต่ำสุด เพราะมีข้อมูลเพียงพอในการศึกษาค่าแนวโน้ม โดยการเลือกปีอ้างอิงจะมีข้อดีกว่าการประเมินร้อยละการเปลี่ยนแปลงที่เปรียบเทียบปีต่อปี ในแง่ของการลดความผันผวนที่เกิดขึ้น

ผลการศึกษาแนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง (--,+) ดังภาพประกอบที่ 3-4 และแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ (--,+) ดังภาพประกอบที่ 3-5 ด้วยกราฟ Snapshot พบว่า กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบทั้ง 2 แบบ มีแนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นจากระดับ Fully Non Eco-Efficiency เป็นระดับ Half Eco-Efficiency เนื่องจากกระบวนการผลิตทั้ง 2 แบบ มีปริมาณการใช้ทรัพยากรเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณกำไรสุทธิก็ยังคงเพิ่มขึ้นสูงเช่นกัน ทำให้แนวโน้มของค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจยังคงเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่เป็นบวก หรือปรับสู่ระดับที่สูงขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นในสัญลักษณ์ของลูกศรที่ชี้ขึ้น และถ้าโรงงานดังกล่าวสามารถลดปริมาณการใช้ทรัพยากรควบคู่กับกำไรสุทธิเพิ่มขึ้น ส่งผลให้แนวโน้มค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่เพิ่มขึ้นและอาจปรับเข้าสู่ระดับ Fully Eco-Efficiency ได้เช่นกัน



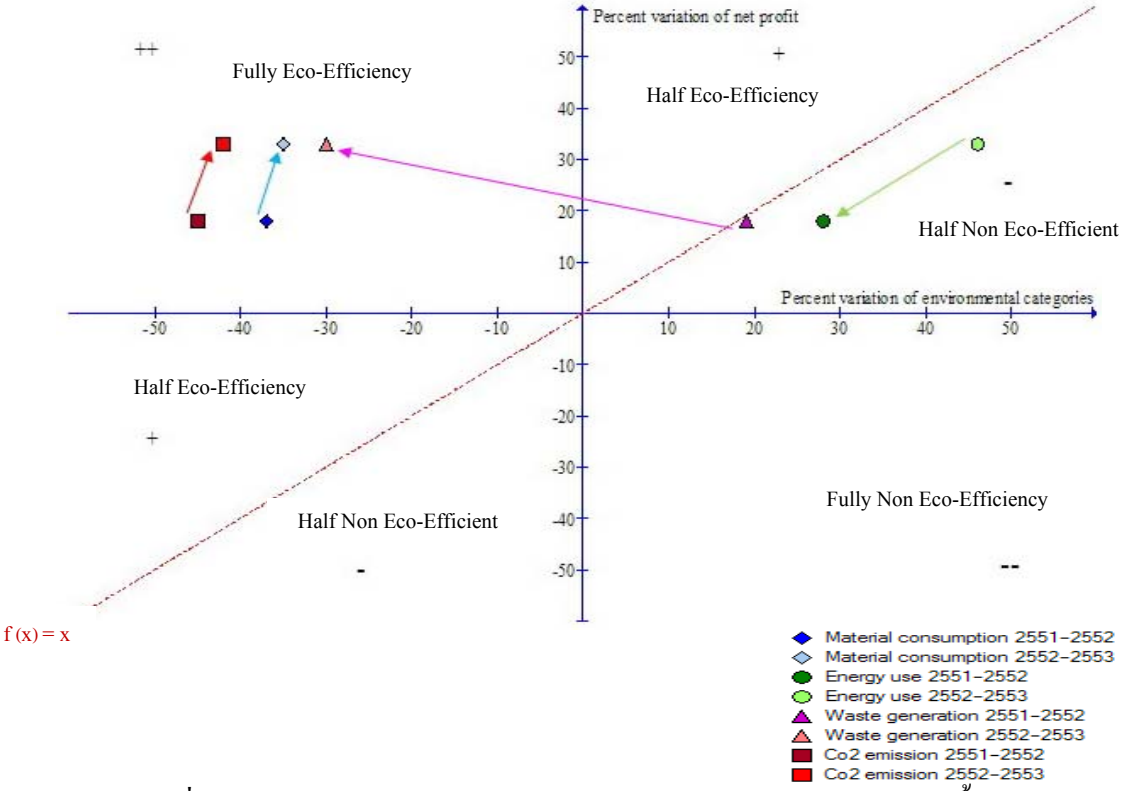
ภาพประกอบที่ 3-4 แนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของแบบอบแห้ง



ภาพประกอบที่ 3-5 แนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ

หมายเหตุ; เส้นประสีแดง คือ สมการ f (x) = x เป็นเส้นแบ่งระหว่าง Half Eco-Efficiency และ Half Non Eco-Efficient โดยปกติเส้นดังกล่าวจะทแยงมุม 45 ˚C กับแกน x และ แกน y แต่จากภาพผู้วิจัยตั้งค่าหน่วยแกน x น้อยกว่าหน่วยแกน y เพื่อให้สามารถเห็นตำแหน่งของดัชนีชี้วัดได้ชัดเจน เป็นสาเหตุให้เส้นประสีแดงดังกล่าวมีลักษณะของ scale ที่แตกต่างไปจากปกติ

สำหรับผลการศึกษาแนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ ดังภาพประกอบที่ 3-6 ด้วยกราฟ Snapshot พบว่า มีแนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของปริมาณการใช้วัตถุดิบและปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (++,++) เพิ่มขึ้นเป็นระดับ Fully Eco-Efficiency เนื่องจากผู้ประกอบการลดปริมาณไม้ฟืนซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต ส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงด้วย เนื่องจากปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แปรผันตรงกับปริมาณวัตถุดิบ (กิตติกร จามรดุสิต และคณะ, 2550) ส่วนแนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของปริมาณวัสดุเศษเหลือ (-,++) เพิ่มขึ้นจากระดับ Half Non Eco-Efficiency เป็นระดับ Fully Eco-Efficiency เนื่องจากโรงงานมีเครื่องหีบผลปาล์มแบบเพลาเดี่ยว ทำให้ได้กากปาล์มที่แข็งอัดกันเป็นแท่งและให้ค่าความร้อนสูง ขณะเดียวกันก็ได้น้ำมันปาล์มมากขึ้น ในขณะที่แนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของปริมาณการใช้พลังงาน (-,-) กลับลดลงเป็นระดับ Half Non Eco-Efficiency กล่าวคือ แม้ว่าผู้ประกอบการจะลดปริมาณไม้ฟืนซึ่งใช้ไม้ฟืนเพียงเตาที่ 1 และเตาที่ 2 โดยอาศัยการเคลื่อนที่ของอากาศนำพาความร้อนไปยังเตาที่ 3 ประกอบกับนำไม้ฟืนที่มีความชื้นสูงไปตากแดดก่อนนำมาใช้เพื่อเพิ่มค่าความร้อนให้สูงขึ้นทำให้ปริมาณการใช้ไม้ฟืนลดลง แต่ปริมาณการใช้ไฟฟ้ายังคงเพิ่มขึ้นเนื่องจากโรงงานเดินเครื่องจักรที่ไม่ต่อเนื่อง เพื่อให้ผู้ที่สนใจเข้ามาศึกษากระบวนการผลิต ทำให้ช่วงแรกที่เดินเครื่องนั้นต้องสิ้นเปลืองไฟฟ้าจำนวนมาก ประกอบกับโรงงานใช้เครื่องหีบผลแบบเก่าซึ่งใช้จำนวนแรงม้าถึง 20 แรงม้า แต่สามารถหีบผลปาล์มได้น้อยเพียง 100 กิโลกรัม รวมทั้งการวางตำแหน่งของเครื่องจักรที่ไม่เหมาะสม คือ ตะแกรงสั่นน้ำมันปาล์มนั้นวางอยู่ด้านล่าง ด้วยสาเหตุดังกล่าวส่งผลให้แนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของปริมาณการใช้พลังงานลดลง



ภาพประกอบที่ 3-6 แนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม - ดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ

ผลจากการศึกษาค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจโดยใช้แผนภาพ Snapshot แสดงให้เห็นเพียงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงโดยสัดส่วนระหว่างเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมเท่านั้น ยังไม่สามารถแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงประยุกต์ใช้หลักการเทคโนโลยีสะอาด เพื่อปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต ลดต้นทุนด้านสิ่งแวดล้อม ส่งผลให้โรงงานมีกำไรเพิ่มขึ้น นอกจากนี้เทคโนโลยีสะอาดยังช่วยจัดลำดับความสำคัญของประเด็นปัญหาที่ต้องปรับปรุงอย่างเร่งด่วน เพื่อลดผลกระทบของสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นตัวหารของค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ทำให้ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบแบบไม่ใช้ไอน้ำเพิ่มขึ้น นำไปสู่การพัฒนากระบวนการผลิตต่อไป ดังแสดงในหัวข้อต่อไป

3.4 ผลการหาแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจโดยอาศัยเทคโนโลยีสะอาด

ผู้วิจัยนำหลักการเทคโนโลยีสะอาดมาใช้จัดลำดับความสำคัญของประเด็นปัญหาที่ต้องแก้ไขในกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบแบบไม่ใช้ไอน้ำทั้ง 3 แบบ เพื่อหาแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ โดยพิจารณาเฉพาะด้านเทคโนโลยี ด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านสิ่งแวดล้อม ตามลำดับ ซึ่งแต่ละประเด็นมีดัชนีชี้วัด (Key Factor) สำหรับใช้ในการประเมิน คือ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในหน่วย กิโลวัตต์ (kW) ต่อ กิโลกรัมของน้ำมันปาล์มดิบ ปริมาณการใช้ไม้ฟืนในหน่วย กิโลกรัม (kg) ต่อ กิโลกรัมของน้ำมันปาล์มดิบ ขยะและเศษช่อดอกในหน่วย กิโลกรัม (kg) ต่อ กิโลกรัมของน้ำมันปาล์มดิบ และกากปาล์มในหน่วย กิโลกรัม (kg) ต่อ กิโลกรัมของน้ำมันปาล์มดิบ โดยเลือกปี พ.ศ. 2553 เดือนสิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน และธันวาคมมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้ในการประเมิน เนื่องจากมีข้อมูลครบถ้วนและสมบูรณ์มากที่สุด และรวมคะแนนเพื่อจัดลำดับความสำคัญของประเด็นปัญหา ซึ่งแสดงวิธีการคำนวณ ดังกล่าวไว้ในบทที่ 1 โดยมีการระดมสมองระหว่างตัวแทนจากผู้ประกอบการ อาจารย์ และนักศึกษาตลอดทั้งกระบวนการประเมินของเทคโนโลยีสะอาด ซึ่งมีผลการประเมินและการรวมคะแนน (กาญจนี ชูทอง และ จตุพร ดิสกุล, 2553) ดังนี้

3.4.1 ผลการตรวจประเมินเบื้องต้น

3.4.1.1 ผลการตรวจประเมินเบื้องต้นของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง

ตารางที่ 3-5 ผลการประเมินความเป็นไปได้ทางเทคนิค/โอกาสในการปรับปรุง ของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง

รายการ	หน่วย	ราคา (บาท/หน่วย)	เดือนที่เก็บข้อมูล					ค่าดัชนีชี้วัดเฉลี่ย	ค่าดัชนีชี้วัดที่ดีที่สุด	ผลต่างดัชนี	% ความเป็นไปได้	คะแนน
			สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม					
ปริมาณน้ำมันปาล์มดิบที่ผลิตได้	kg	-	310,108.08	214,756.46	213,757.56	165,409.02	108,358.37					
ไฟฟ้า	kW-h	3.5	11,057.38	9,932.52	9,774.73	8,516.95	6,128.31					
			0.0357	0.0463	0.0457	0.0515	0.0566	0.047136198	0.035656536	0.011479662	24.354238092	2
ไม้ฟืน	kg	1.3	72,490.00	238,712.00	221,727.00	104,894.00	8,620.00					
			0.2338	1.1115	1.0373	0.6341	0.0796	0.619257471	0.233757211	0.385500259	62.252015935	**3**
ขยะและเศษช่อดอก	kg	0.12	344,692.20	238,706.70	237,596.40	183,855.90	120,442.80					
			1.111522795	1.111522791	1.111522792	1.111522817	1.111522810	1.111522802	1.111522792	0.000000010	0.000000881	1
กากปาล์ม	kg	1.04	373,416.55	258,598.93	257,396.10	199,177.23	130,479.70					
			1.204149695	1.204149715	1.204149692	1.204149750	1.204149712	1.204149713	1.204149692	0.000000021	0.000001721	1

เกณฑ์คะแนน 0-20 % 1 คะแนน, เกณฑ์คะแนน 21-40 % 2 คะแนน, มากกว่า 40 % 3 คะแนน

ตารางที่ 3-6 ผลการประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์/โอกาสในการลดค่าใช้จ่าย ของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง

รายการ	หน่วย	ราคา (บาท/หน่วย)	เดือนที่เก็บข้อมูล					ผลต่างดัชนี	ค่าความเป็นไปได้	%ความเป็นไปได้	คะแนน
			สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม				
ปริมาณน้ำมันปาล์มดิบที่ผลิตได้	kg	-	310,108.08	214,756.46	213,757.56	165,409.02	108,358.37				
ไฟฟ้า	kW-h	3.5	11,057.38	9,932.52	9,774.73	8,516.95	6,128.31				
			0.0357	0.0463	0.0457	0.0515	0.0566	0.011479662	8,135.322365719	7.422252205	2
ไม้ฟืน	kg	1.3	72,490.00	238,712.00	221,727.00	104,894.00	8,620.00				
			0.2338	1.1115	1.0373	0.6341	0.0796	0.385500259	101,471.866842583	92.577743521	**3**
ขยะและเศษช่อดอก	kg	0.12	344,692.20	238,706.70	237,596.40	183,855.90	120,442.80				
			1.111522795	1.111522791	1.111522792	1.111522817	1.111522810	0.000000010	0.000238055	0.000000217	1
กากปาล์ม	kg	1.04	373,416.55	258,598.93	257,396.10	199,177.23	130,479.70				
			1.204149695	1.204149715	1.204149692	1.204149750	1.204149712	0.000000021	0.004363991	0.000003981	1
									∑ 109,607.19		

เกณฑ์คะแนน 0-20 % 1 คะแนน, เกณฑ์คะแนน 21-40 % 2 คะแนน, มากกว่า 40 % 3 คะแนน

ตารางที่ 3-7 ผลการประเมินความเป็นไปได้ทางสิ่งแวดล้อม ของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง

รายการ	หน่วย	ราคา (บาท/ หน่วย)	ปริมาณ	ปริมาณ (Q)	ผลกระทบ (E)	แพร่กระจาย (D)	Q×E×D	คะแนน
ไฟฟ้า	kW-h	3.5	103,494.17 kW-h/years	3	2	2	12	2
ไม้ฟืน	kg	1.3	458,310.00 kg/years	3	3	3	27	**3**
ขยะและเศษช่อดอก	kg	0.12	2,662,506.60 kg/years	1	2	1	2	1
กากปาล์ม	kg	1.04	2,884,382.15 kg/years	2	1	1	2	1

เกณฑ์คะแนน 1-9 เท่ากับ 1 คะแนน, เกณฑ์คะแนน 10-18 เท่ากับ 2 คะแนน, เกณฑ์คะแนน 19-27 เท่ากับ 3 คะแนน

ตารางที่ 3-8 ผลการคัดเลือกประเด็นปัญหา ของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง

รายการ	ความเป็นไปได้ด้านเทคนิค		ความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์		ความเป็นไปได้ด้านสิ่งแวดล้อม		ผลรวม	ลำดับ
	คะแนน	ถ่วงน้ำหนัก	คะแนน	ถ่วงน้ำหนัก	คะแนน	ถ่วงน้ำหนัก		
ไฟฟ้า	2	2	2	3	2	3	16	2
ไม้ฟืน	3	2	3	3	3	3	24	**1**
ขยะและเศษช่อดอก	1	2	1	3	1	3	8	3
กากปาล์ม	1	2	1	3	1	3	8	3

3.4.1.2 ผลการตรวจประเมินเบื้องต้นของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ

ตารางที่ 3-9 ผลการประเมินความเป็นไปได้ทางเทคนิค/โอกาสในการปรับปรุง ของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ

รายการ	หน่วย	ราคา (บาท/หน่วย)	เดือนที่เก็บข้อมูล					ค่าดัชนีชี้วัดเฉลี่ย	ค่าดัชนีชี้วัดที่ดีที่สุด	ผลต่างดัชนี	% ความเป็นไปได้	คะแนน
			สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม					
ปริมาณน้ำมันปาล์มดิบที่ผลิตได้	kg	-	44,128.50	49,996.50	44,326.50	38,691.00	-					
ไฟฟ้า	kW-h	3.5	8,615.35	9,009.44	8,736.67	8,576.62	-					
			0.1952	0.1802	0.1971	0.2217	-	0.198551	0.180201	0.018349	9.241568	1
ไม้ฟืน	kg	0.28	1,572.00	683.00	691.00	957.00	-					
			0.0356	0.0137	0.0156	0.0247	-	0.022402	0.013661	0.008741	39.018690	**2**
ขยะและเศษช่อดอก	kg	0.12	42,695.50	49,219.00	43,457.00	40,173.00	-					
			0.9675	0.9844	0.9804	1.0383	-	0.992666	0.967527	0.025139	2.532489	1
กากปาล์ม	kg	0.275	10,296.00	11,665.00	10,342.00	9,027.00	-					
			0.233319	0.233316	0.233314	0.233310	-	0.233315	0.233310	0.000005	0.002023	1

เกณฑ์คะแนน 0-20 % 1 คะแนน, เกณฑ์คะแนน 21-40 % 2 คะแนน, มากกว่า 40 % 3 คะแนน

หมายเหตุ: เดือนธันวาคมไม่มีการผลิตเนื่องจากหยุดซ่อมบำรุงเครื่องจักร

ตารางที่ 3-10 ผลการประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์/โอกาสในการลดค่าใช้จ่าย ของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ

รายการ	หน่วย	ราคา (บาท/หน่วย)	เดือนที่เก็บข้อมูล					ผลต่างดัชนี	ค่าความเป็นไปได้	% ความเป็นไปได้	คะแนน
			สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม				
ปริมาณน้ำมันปาล์มดิบที่ผลิตได้	kg	-	44,128.50	49,996.50	44,326.50	38,691.00	-				
ไฟฟ้า	kW-h	3.5	8,615.35	9,009.44	8,736.67	8,576.62	-				
			0.1952	0.1802	0.1971	0.2217	-	0.018349	2,844.1187187	92.1572102	**3**
ไม้ฟืน	kg	0.28	1,572.00	683.00	691.00	957.00	-				
			0.0356	0.0137	0.0156	0.0247	-	0.008741	108.3871622	3.5120399	1
ขยะและเศษช่อดอก	kg	0.12	42,695.50	49,219.00	43,457.00	40,173.00	-				
			0.9675	0.9844	0.9804	1.0383	-	0.025139	133.5963857	4.3288876	1
กากปาล์ม	kg	0.275	10,296.00	11,665.00	10,342.00	9,027.00	-				
			0.233319	0.233316	0.233314	0.233310	-	0.000005	0.0574733	0.0018623	1
									∑	3,086.16	

เกณฑ์คะแนน 0-20 % 1 คะแนน, เกณฑ์คะแนน 21-40 % 2 คะแนน, มากกว่า 40 % 3 คะแนน

ตารางที่ 3-11 ผลการประเมินความเป็นไปได้ทางสิ่งแวดล้อม ของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ

รายการ	หน่วย	ราคา (บาท/ หน่วย)	ปริมาณ	ปริมาณ (Q)	ผลกระทบ (E)	แพร่กระจาย (D)	Q*E*D	คะแนน
ไฟฟ้า	kW-h	3.5	103,494.17 kW-h/years	3	2	2	12	**2**
ไม้ฟืน	kg	0.28	458,310.00 kg/years	2	3	1	6	1
ขยะและเศษช่อดอก	kg	0.12	579,945.00 kg/years	2	1	1	2	1
กากปาล์ม	kg	0.275	27,616,428.57 kg/years	2	1	1	2	1

เกณฑ์คะแนน 1-9 เท่ากับ 1 คะแนน, เกณฑ์คะแนน 10-18 เท่ากับ 2 คะแนน, เกณฑ์คะแนน 19-27 เท่ากับ 3 คะแนน

ตารางที่ 3-12 ผลการคัดเลือกประเด็นปัญหาของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ

รายการ	ความเป็นไปได้ด้านเทคนิค		ความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์		ความเป็นไปได้ด้านสิ่งแวดล้อม		ผลรวม	ลำดับ
	คะแนน	ถ่วงน้ำหนัก	คะแนน	ถ่วงน้ำหนัก	คะแนน	ถ่วงน้ำหนัก		
ไฟฟ้า	1	2	3	3	2	3	17	**1**
ไม้ฟืน	2	2	1	3	1	3	10	2
ขยะและเศษช่อดอก	1	2	1	3	1	3	8	3
กากปาล์ม	1	2	1	3	1	3	8	3

3.4.1.3 การตรวจประเมินเบื้องต้นของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ

ตารางที่ 3-13 ผลการประเมินความเป็นไปได้ทางเทคนิค/โอกาสในการปรับปรุง ของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ

รายการ	หน่วย	ราคา (บาท/หน่วย)	เดือนที่เก็บข้อมูล					ค่าดัชนีชี้วัดเฉลี่ย	ค่าดัชนีชี้วัดที่ดีที่สุด	ผลต่างดัชนี	% ความเป็นไปได้	คะแนน
			สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม					
ปริมาณน้ำมันปาล์มดิบที่ผลิตได้	kg	-	1,594.42	667.58	671.89	1,071.05	662.40					
ไฟฟ้า	kW-h	3.5	3,423.50	3,252.26	3,393.58	3,662.34	3,534.10					
			2.1472	4.8717	5.0508	3.4194	5.3353	4.1649	2.1472	2.0177	48.4456	**3**
ไม้ฟืน	kg	0.8	1,572.00	683.00	691.00	957.00	684.00					
			0.9859	1.0231	1.0284	0.8935	1.0326	0.9927	0.8935	0.0992	9.9932	1
ขยะและเศษช่อดอก	kg	0.3	2,063.18	1,469.58	1,502.35	1,795.37	1,580.82					
			1.2940	2.2014	2.2360	1.6763	2.3865	1.9588	1.2940	0.6648	33.9400	2
กากปาล์ม	kg	2.5	1,632.27	984.57	1,027.46	1,358.37	1,145.73					
			1.0237	1.4748	1.5292	1.2683	1.7297	1.4051	1.0237	0.3814	27.1433	2

เกณฑ์คะแนน 0-20 % 1 คะแนน, เกณฑ์คะแนน 21-40 % 2 คะแนน, มากกว่า 40 % 3 คะแนน

ตารางที่ 3-14 ผลการประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์/โอกาสในการลดค่าใช้จ่าย ของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ

รายการ	หน่วย	ราคา (บาท/หน่วย)	เดือนที่เก็บข้อมูล					ผลต่างดัชนี	ความเป็นไปได้	%ความเป็นไปได้	คะแนน
			สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม				
ปริมาณน้ำมันปาล์มดิบที่ผลิตได้	kg	-	1,594.42	667.58	671.89	1,071.05	662.40				
ไฟฟ้า	kW-h	3.5	3,423.50	3,252.26	3,393.58	3,662.34	3,534.10				
			2.1472	4.8717	5.0508	3.4194	5.3353	2.0177	6,592.1029	85.1425	**3**
ไม้ฟืน	kg	0.8	1,572.00	683.00	691.00	957.00	684.00				
			0.9859	1.0231	1.0284	0.8935	1.0326	0.0992	74.0837	0.9569	1
ขยะและเศษช่อดอก	kg	0.3	2,063.18	1,469.58	1,502.35	1,795.37	1,580.82				
			1.2940	2.2014	2.2360	1.6763	2.3865	0.6648	186.1783	2.4046	1
กากปาล์ม	kg	2.5	1,632.27	984.57	1,027.46	1,358.37	1,145.73				
			1.0237	1.4748	1.5292	1.2683	1.7297	0.3814	890.0673	11.4960	2
								$\sum$	7,722.43		

เกณฑ์คะแนน 0-20 % 1 คะแนน, เกณฑ์คะแนน 21-40 % 2 คะแนน, มากกว่า 40 % 3 คะแนน

ตารางที่ 3-15 ผลการประเมินความเป็นไปได้ทางสิ่งแวดล้อม ของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ

รายการ	หน่วย	ราคา (บาท/ หน่วย)	ปริมาณ	ปริมาณ (Q)	ผลกระทบ (E)	แพร่กระจาย (D)	Q*E*D	คะแนน
ไฟฟ้า	kW-h	3.5	22,646.60 kW-h/years	3	2	2	12	2
ไม้ฟืน	kg	0.8	10,990.00 kg/years	2	3	3	18	**3**
ขยะและเศษช่อดอก	kg	0.3	20,713.33 kg/years	2	1	1	2	1
กากปาล์ม	kg	2.5	14,959.00 kg/years	2	1	1	2	1

เกณฑ์คะแนน 1-9 เท่ากับ 1 คะแนน, เกณฑ์คะแนน 10-18 เท่ากับ 2 คะแนน, เกณฑ์คะแนน 19-27 เท่ากับ 3 คะแนน

ตารางที่ 3-16 ผลการคัดเลือกประเด็นปัญหาของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ

รายการ	ความเป็นไปได้ด้านเทคนิค		ความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์		ความเป็นไปได้ด้านสิ่งแวดล้อม		ผลรวม	ลำดับ
	คะแนน	ถ่วงน้ำหนัก	คะแนน	ถ่วงน้ำหนัก	คะแนน	ถ่วงน้ำหนัก		
ไฟฟ้า	3	2	3	3	2	3	21	**1**
ไม้ฟืน	1	2	1	3	3	3	14	2
ขยะและเศษช่อดอก	2	2	1	3	1	3	10	4
กากปาล์ม	2	2	2	3	1	3	13	3

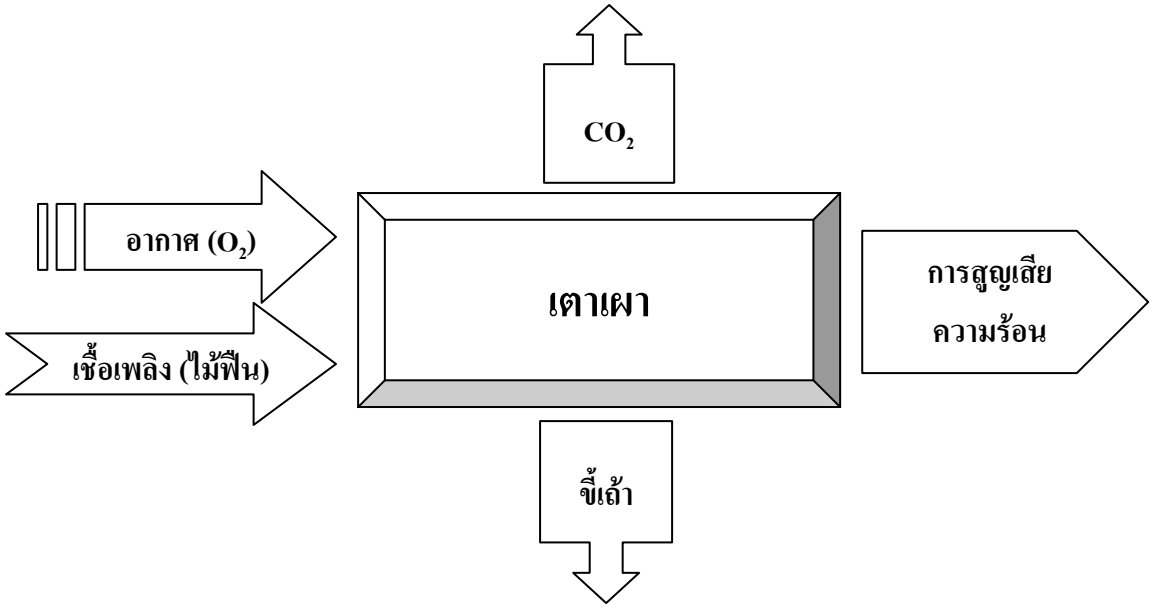
จากผลการประเมินในเบื้องต้นของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบไม่ใช้ไอน้ำทั้ง 3 แบบ ด้วยหลักการเทคโนโลยีสะอาด พบว่า แบบอบแห้งควรแก้ไขปัญหาด้านปริมาณการใช้พลังงาน (ไม้ฟืน) เป็นประเด็นเร่งด่วน ซึ่งสอดคล้องกับผลของการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ กล่าวคือ จากผลการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของแบบอบแห้ง พบว่าค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจทางด้านปริมาณการใช้พลังงานน้อยกว่าดัชนีชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อมอื่น เนื่องจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มแบบดังกล่าวใช้ไม้ฟืนในการอบผลปาล์มจำนวนมาก ประกอบกับการอบผลปาล์มต่อ 1 เตานั้นใช้เวลาถึง 24 ชั่วโมง อีกทั้งเตาอบที่ใช้เป็นระบบเปิดทำให้สูญเสียพลังงานความร้อนสูง ทำให้ต้องใช้ไม้ฟืนจำนวนมาก เพื่อให้ได้ค่าความร้อนที่เหมาะสมในการอบผลปาล์ม ในขณะที่แบบทอดในสภาวะสุญญากาศและแบบทอดในสภาวะบรรยากาศควรแก้ไขปัญหาด้านปริมาณการใช้พลังงาน (ไฟฟ้า) เป็นประเด็นเร่งด่วน ซึ่งสอดคล้องกับผลของการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ กล่าวคือ ผลการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ พบว่าค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจทางด้านปริมาณการใช้พลังงานในปี พ.ศ. 2552 น้อยกว่าดัชนีชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อมอื่น ซึ่งมีสาเหตุมาจากโรงงานใช้ไฟฟ้าในปริมาณสูงจากระบบสุญญากาศ ซึ่งต้องเปิดต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการผลิต ประกอบกับเกลียวลำเลียงผลปาล์มนั้นใช้มอเตอร์หลายตัว เนื่องจากมีสายพานที่ยาว ส่วนผลการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ พบว่าค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจทางด้านปริมาณการใช้พลังงานน้อยกว่าดัชนีชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อมอื่นและมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากโรงงานยังเดินเครื่องจักรที่ไม่ต่อเนื่อง ทำให้ช่วงแรกที่เดินเครื่องนั้นต้องสิ้นเปลืองไฟฟ้าจำนวนมาก และการวางตำแหน่งของเครื่องจักรที่ไม่เหมาะสม คือ ตะแกรงสั่นน้ำมันปาล์มนั้นวางอยู่ด้านล่าง โดยมีเครื่องหีบผลปาล์มและเครื่องกรองด้วยผ้าอัดหลายชั้นวางอยู่ด้านบน ทำให้ต้องเพิ่มปั๊มซึ่งช่วยในการดูดน้ำมันจากด้านล่างขึ้นด้านบน ประกอบกับโรงงานใช้เครื่องหีบผลแบบเก่าที่สามารถหีบผลปาล์มได้น้อย แต่ใช้แรงม้าจำนวนมาก ส่งผลให้แบบทอดในสภาวะสุญญากาศและแบบทอดในสภาวะบรรยากาศใช้ไฟฟ้าจำนวนมาก

3.4.2 ผลการตรวจประเมินอย่างละเอียด

จากผลการประเมินเบื้องต้นได้ถูกนำมาประเมินอย่างละเอียด เพื่อสร้างชุดข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด (CT Options) และเพื่อหาสาเหตุของการสูญเสียที่เกิดขึ้น รวมทั้งกำหนดข้อเสนอที่ปฏิบัติได้ทันทีหรือข้อเสนอที่ต้องศึกษารายละเอียดเพิ่มเติม ซึ่งผลการตรวจประเมินอย่างละเอียดมีดังนี้

3.4.2.1 ผลการตรวจประเมินอย่างละเอียดของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง

จากการประเมินในเบื้องต้น พบว่า แบบอบแห้งควรแก้ไขปัญหาด้านปริมาณการใช้พลังงานจากไม้ฟืนเป็นประเด็นเร่งด่วน ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำปัญหาด้านปริมาณการใช้พลังงานจากไม้ฟืนดังกล่าวมาคำนวณหาสมดุลมวลสาร ซึ่งสามารถทำได้โดยการวิเคราะห์ข้อมูลของปริมาณออกซิเจนที่ต้องการในการเผาไหม้ไม้ฟืน การคำนวณปริมาณของ CO_2 ที่ปล่องระบาย การคำนวณประสิทธิภาพของเตาเผาเพื่อหาค่าการสูญเสียความร้อน โดยแสดงแนวคิดในการจัดทำสมดุลมวลสาร ดังภาพประกอบที่ 3-7



ภาพประกอบที่ 3-7 แนวคิดในการจัดทำสมดุลมวลสารของพลังงานความร้อนจากไม้ฟืน
ที่มา: กมลรัตน์ สุวรรณวัฒน์ และ มารียา พันหวัง (2551)

1. ผลการคำนวณปริมาณออกซิเจนที่ต้องการในการเผาไหม้ไม้ฟืน

ผลการคำนวณปริมาณออกซิเจนที่ต้องการในการเผาไหม้ไม้ฟืนของแบบอบแห้ง ดังสมการที่ (3-2) และสมการที่ (3-3) (Shaha A. *et al.,* 2004)

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2 \qquad (3\text{-}2)$$

$$H_2 + 1/2O_2 \longrightarrow H_2O \qquad (3\text{-}3)$$

ส่วนประกอบของเชื้อเพลิง

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2$$

$$12 + 32 \longrightarrow 44$$

คาร์บอน 12 กิโลกรัม จะต้องการออกซิเจน 32 กิโลกรัม เพื่อจะทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ 44 กิโลกรัม เพราะฉะนั้นคาร์บอน 1 กิโลกรัม จึงต้องการออกซิเจน 32/12 กิโลกรัม หรือเท่ากับ 2.67 กิโลกรัม

(49.00) C	+	(49.00 × 2.67) O_2	⟶	179.67 CO_2
$2H_2$	+	O_2	⟶	$2H_2O$
4	+	32	⟶	36

ไฮโดรเจน 4 กิโลกรัม ต้องการออกซิเจน 32 กิโลกรัม เพื่อทำให้เกิดน้ำ 36 กิโลกรัม เพราะฉะนั้น ไฮโดรเจน 1 กิโลกรัม จึงต้องการออกซิเจน 32/4 กิโลกรัม หรือเท่ากับ 8 กิโลกรัม

(6.00) H_2	+	(6.00 × 8.00) O_2	⟶	54 H_2O

<u>ดังนั้น</u>ต้องการออกซิเจนทั้งหมด (135.24 + 48)	=	183.24 กิโลกรัม
ออกซิเจนที่มีอยู่แล้วในเชื้อเพลิง (เชื้อเพลิง 100 กก.)	=	44 กิโลกรัม
ต้องการออกซิเจนเพิ่ม	=	183.24 - 44
	=	139.24 กิโลกรัม
ฉะนั้นปริมาณของอากาศแห้งที่ต้องการ	=	139.24 / 0.23
(อากาศจะมีออกซิเจนอยู่ 23 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	=	605.39 กิโลกรัมของอากาศ
อากาศที่ต้องการตามทฤษฎี	=	605.39 / 100
	=	6.05 กิโลกรัมของอากาศต่อกิโลกรัมไม้ฟืน

ดังนั้นแต่ละกิโลกรัมของไม้ฟืนที่ถูกเผาไหม้ต้องการออกซิเจน 6.05 กิโลกรัม

2. ผลการคำนวณปริมาณของ CO_2 ที่ปล่องระบายแบบอบแห้ง

เนื่องจากการวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตนั้นทำได้ยาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีการคำนวณปริมาณของ CO_2 ในก๊าซไอเสียที่ปล่องระบาย โดยใช้สมการการเผาไหม้ ดังสมการที่ (3-4)

ไนโตรเจนในก๊าซไอเสีย	=	605.39 - 139.24
	=	466.15 กิโลกรัม

สำหรับปริมาณทางทฤษฎีของ CO_2 เป็นเปอร์เซ็นต์ในก๊าซแห้งที่ปล่องระบาย สามารถคำนวณได้ดังนี้

จำนวนโมลของ CO_2 ในก๊าซไอเสีย = 179.67/44 = 4.08

จำนวนโมลของ N_2 ในก๊าซไอเสีย = 466.15/28 = 16.65

ปริมาณทางทฤษฎีของ CO_2 เป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาตร

= (จำนวนโมลของ CO_2 × 100) / จำนวนโมลทั้งหมด (3-4)

= (4.08 × 100) / (4.08 + 16.65)

= 19.68 %

หมายเหตุ: การตรวจและวิเคราะห์ข้อมูลโดยการคำนวณปริมาณออกซิเจนที่ต้องการในการเผาไหม้ไม้ฟืน และการคำนวณปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซไอเสียที่ปล่องระบายจำเป็นต้องทราบองค์ประกอบของไม้ฟืน ดังตารางที่ 1-10 และทราบน้ำหนักโมเลกุล ดังตาราง 1-11 ดังแสดงไว้ในบทที่ 1

3. ผลการคำนวณประสิทธิภาพของเตาเผาแบบอบแห้ง

โรงงานที่พบปัญหาเกี่ยวกับสูญเสียพลังงานความร้อนที่มากเกินไป อาจมีสาเหตุมาจากเตาเผาที่ไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีการคำนวณประสิทธิภาพของเตาเผาซึ่งเป็นประเด็นเร่งด่วนของกระบวนการการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง โดยในทางอุดมคติความร้อนทั้งหมดที่เติมเข้าไปในเตาเผาควรถูกใช้ในการให้ความร้อนแก่ผลปาล์ม แต่ในทางปฏิบัติมีการสูญเสียความร้อนในเตาเผามีหลายช่องทาง ซึ่งการคำนวณประสิทธิภาพของเตาเผาจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณเปอร์เซ็นต์ของความร้อนที่ถูกถ่ายเทไปยังผลปาล์มเพิ่มขึ้น โดยสามารถคำนวณประสิทธิภาพของเตาเผา (UA Department of Energy (US DOE), 2004) ดังสมการที่ (3-5)

ผลผลิตความร้อนที่คำนวณได้จากกระบวนการการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้งคือ

จากสูตร $Q = m \times Cp\ (t_1 - t_2)$ (3-5)

= 2,027 กิโลกรัม/ชั่วโมง × 1.20 (UNEP, 2006) × (760-38)

= 1,756,192.8 กิโลแคลอรี่

โดยความร้อนที่เติมเข้าไปคือ 517 กิโลกรัม/ชั่วโมง

ค่าความร้อนของไม้ฟืนเปียกและไม้ฟืนแห้งคือ 3,548 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม

ค่าประสิทธิภาพของเตาเผาของกระบวนการการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง

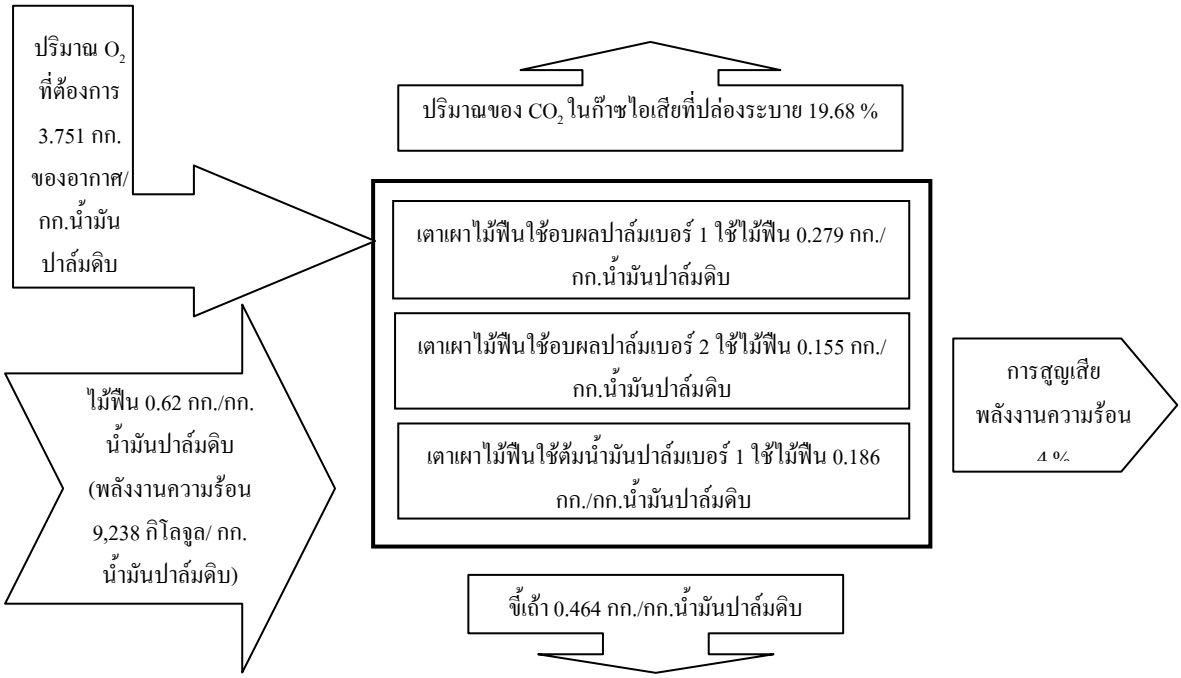
= (ความร้อนเข้า / ความร้อนออก) × 100

= [1,756,192.8 / (517×3,548)] × 100 = 95.74 %

การสูญเสียความร้อนโดยประมาณ คือ 100% – 96% = 4%

4. ผลการทำดุลมวลสารของแบบอบแห้ง

การวิเคราะห์ว่าประสิทธิภาพการผลิตน้ำมันปาล์มดิบเป็นอย่างไรและเกิดการสูญเสียอย่างไร ต้องจัดทำสมดุลมวลสาร เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลสารขาเข้า และสารขาออกได้อย่างถูกต้อง ซึ่งสำหรับงานวิจัยนี้ขอแสดงการจัดทำดุลมวลสารเฉพาะประเด็นปัญหาด้านพลังงาน (ไม้ฟืน) ดังภาพประกอบที่ 3-8 เนื่องจากด้านพลังงาน (ไฟฟ้า) ได้แสดงการคำนวณอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าไว้แล้วในหัวข้อถัดไป

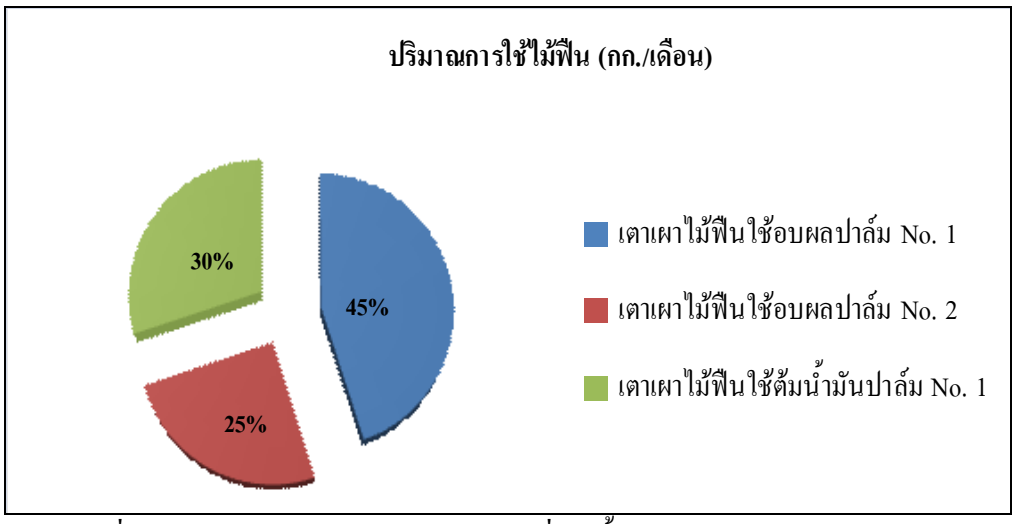


ภาพประกอบที่ 3-8 การจัดทำดุลมวลสารด้านพลังงาน (ไม้ฟืน) ของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มแบบอบแห้ง

5. ร้อยละของปริมาณการใช้ไม้ฟืนจากเตาเผาแต่ละตัวของแบบอบแห้ง

ผลการจัดทำดุลมวลสารของแบบอบแห้ง พบว่า กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบมีการใช้เตาเผาไม้ฟืนทั้งหมด 3 เตา เพื่อนำพลังงานความร้อนมาใช้ในการอบผลปาล์ม ดังนี้ เตาเผาไม้ฟืนที่ใช้ไม้ฟืนมากที่สุด คือ เตาเผาไม้ฟืนเบอร์ 1 ซึ่งใช้ไม้ฟืน 45% ของปริมาณไม้ฟืนที่ใช้ทั้งหมดในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ รองลงมา คือ เตาเผาไม้ฟืนเบอร์ 3 ใช้ไม้ฟืน 30% และเตาเผาไม้ฟืนเบอร์ 2 ใช้ไม้ฟืน 25% ตามลำดับ แสดงการคำนวณดังตารางภาคผนวก ง ซึ่งผลของปริมาณการใช้ไม้ฟืนจากเตาเผาแต่ละตัวแสดงไว้ในแผนภูมิวงกลม ดังภาพประกอบที่ 3-9 และจากแผนภูมิวงกลม พบว่าเตาเผาเบอร์ 1 มีปริมาณการใช้ไม้ฟืนสูงที่สุดในปริมาณการอบผล

ปาล์มที่เท่ากัน เนื่องจากเตาเผาเบอร์ 1 มีการสึกหรอของหัวเผา ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ และเกิดขี้เถ้าจากการเผาไหม้จำนวนมากเป็นสาเหตุให้เตาเผาเกิดการชำรุดได้ง่าย ประกอบกับช่องใส่ไม้ฟืนไม่มีฝาปิด ทำให้เกิดการสูญเสียความร้อน



ภาพประกอบที่ 3-9 ร้อยละของปริมาณการใช้ไม้ฟืนที่เกิดขึ้นจากเตาเผาแต่ละตัวของแบบอบแห้ง

6. ผลการหาสาเหตุของการสูญเสียพลังงาน (ไม้ฟืน) แบบอบแห้ง

งานวิจัยนี้เลือกใช้เทคนิคอิชิคาว่า (Ishikawa Technique) หรือ แผนภูมิก้างปลา (Fish Bone Diagram) เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายแต่มีประสิทธิภาพสูงในการวิเคราะห์ให้เห็นรากเหง้าของปัญหา ทั้งนี้การพิจารณากรอบแนวคิดว่า ปัญหามีสาเหตุจาก 4 ด้าน ดังนี้

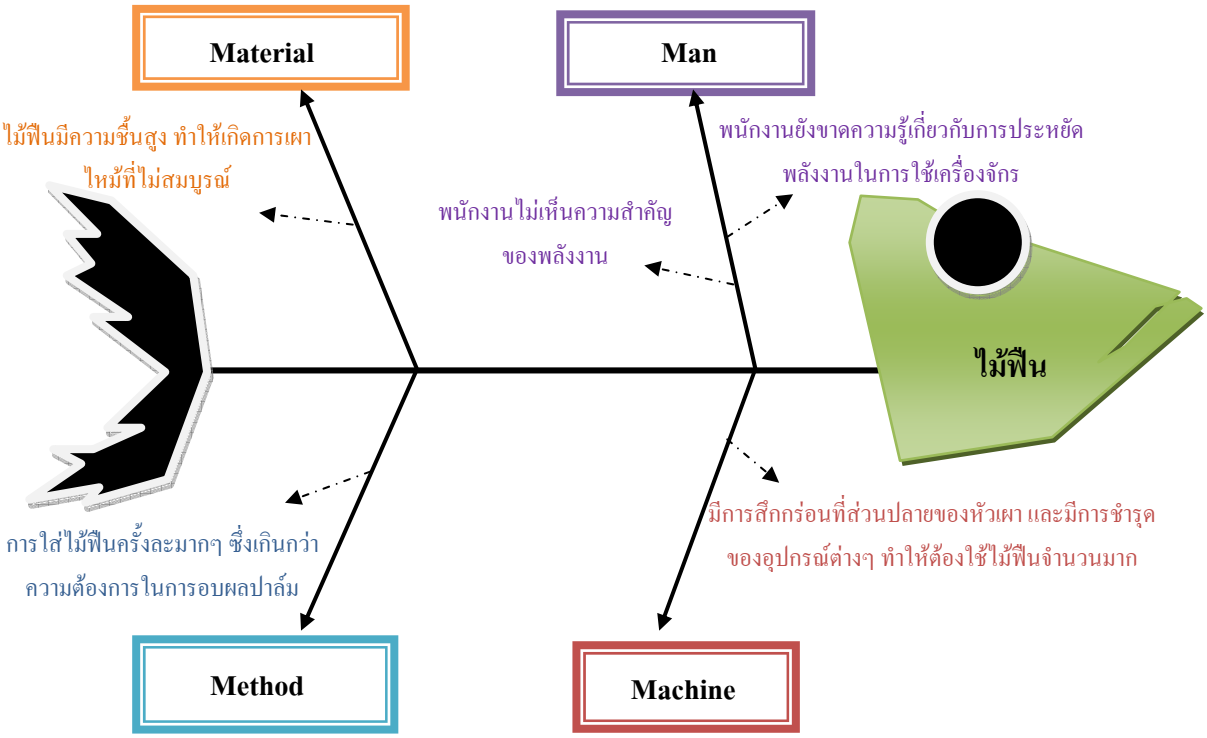
-คนงานขาดความรู้และไม่ให้ความสำคัญเกี่ยวกับการประหยัดพลังงาน เช่น คนงานใส่ไม้ฟืนในปริมาณมากต่อครั้ง เนื่องจากไม่อยากเติมบ่อยครั้ง ประกอบกับคนงานไม่ปิดฝาตรงช่องเติมไม้ฟืนของเตาเผา ทำให้สูญเสียพลังงานความร้อนไปโดยไม่จำเป็น

-วัตถุดิบมีความชื้นสูง กล่าวคือ ไม้ฟืนที่นำมาใช้ส่วนใหญ่เป็นไม้ฟืนสด และเมื่อนำไปเผาเป็นเชื้อเพลิงจึงให้ค่าความร้อนที่ต่ำ ส่งผลให้ต้องใช้ไม้ฟืนในปริมาณมากขึ้นเพื่อให้ได้ค่าความร้อนที่เท่าเดิม นอกจากไม้ฟืนที่มีความชื้นสูงแล้ว ผลปาล์มที่มีความชื้นสูงนั้นส่งผลต่อค่าความร้อนเช่นกัน เนื่องจากทำให้ต้องใช้เวลาในการอบที่เพิ่มขึ้น

-วิธีการดำเนินงาน ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากคนงานไม่ปฏิบัติตามขั้นตอน

-เครื่องจักร พบว่ามีการสึกกร่อนที่ส่วนปลายของหัวเผา ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ประกอบกับมีขี้เถ้าเกิดขึ้นจำนวนมาก และจะไม่มีการเก็บขี้เถ้าจนกว่าขี้เถ้าจะเต็มและล้นออกมาจากเตาเผา เป็นเหตุให้มีการชำรุดของอุปกรณ์ต่างๆของเตาเผา ส่งผลให้สูญเสีย

พลังงานความร้อนไปโดยไม่จำเป็น โดยสาเหตุของการสูญเสียพลังงาน (ไม้ฟืน) ของแบบอบแห้ง ดังภาพประกอบที่ 3-10



ภาพประกอบที่ 3-10 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของแบบอบแห้ง

7. สรุปสาเหตุของการสูญเสียพลังงานและแนวทางแก้ไขของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง ดังตารางที่ 3-16

ตารางที่ 3-17 สรุปสาเหตุของการสูญเสียพลังงานและแนวทางแก้ไขของกระบวนการสกัดน้ำมัน - ปาล์มดิบแบบอบแห้ง

ประเด็นการสิ้นเปลืองพลังงาน	สาเหตุ	แนวทางแก้ไข
1.ด้านบุคคล	- พนักงานยังขาดความรู้เกี่ยวกับการใช้เครื่องจักรให้ประหยัดพลังงาน	- จัดอบรมความรู้เกี่ยวกับการใช้เครื่องจักรอย่างถูกวิธีและประหยัดพลังงานแก่พนักงาน
	- พนักงานไม่เห็นความสำคัญของพลังงาน	- ควรใส่ไม้ฟืนอย่างสม่ำเสมอ (2-3 ชั่วโมง/ครั้ง) เพื่อรักษาอุณหภูมิและลดการสิ้นเปลืองไม้ฟืน - ปลูกจิตสำนึกเกี่ยวกับการใช้พลังงานโดยการทำค่ายอาสาการอนุรักษ์พลังงานแก่พนักงาน - ควบคุมและติดตามผลการทำงานของพนักงานและประกวดพนักงานดีเด่นประจำปี

ตารางที่ 3-17 สรุปสาเหตุของการสูญเสียพลังงานและแนวทางแก้ไขของกระบวนการสกัดน้ำมัน - ปาล์มดิบแบบอบแห้ง (ต่อ)

ประเด็นการสิ้นเปลืองพลังงาน	สาเหตุ	แนวทางแก้ไข
2.ด้านกระบวนการทำงาน	- การใส่ไม้ฟืนครั้งละมากๆ ซึ่งเกินกว่าความต้องการในการอบผลปาล์ม โดยเติมไม้ฟืนในปริมาณมากต่อครั้ง เพื่อจะได้ไม่ต้องเติมไม้ฟืนบ่อยในเตาเผา - การใช้ไม้ฟืนที่มีขนาดใหญ่	- ควบคุมและติดตามการทำงานของเตาเผา และหลังจากที่มีการเติมไม้ฟืนแล้วควรปิดฝาเตาทุกครั้ง เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจาย และควบคุมก๊าซออกซิเจนให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ทำให้เกิดการสันดาปที่สมบูรณ์ และสูญเสียพลังงานความร้อนน้อยลง - ผ่าไม่ฟืนให้มีขนาดที่เหมาะสม เพื่อจะได้ไม่สิ้นเปลือง
3.ด้านวัตถุดิบ	- ไม้ฟืนที่นำมาใช้ส่วนใหญ่เป็นไม้ฟืนสด และเมื่อนำไปเผาเป็นเชื้อเพลิงจึงให้ค่าความร้อนที่ต่ำ - ผลปาล์มมีความชื้นสูง ส่งผลต่อค่าความร้อนเช่นกัน เนื่องจากทำให้ต้องใช้เวลาในการอบที่เพิ่มขึ้น	- เพิ่มประสิทธิภาพให้กับไม้ฟืนโดยการนำไม้ฟืนสดมาตั้งผึ่งแดด เพื่อระเหยน้ำในไม้ฟืนออกไป - ลดการเก็บเกี่ยวผลปาล์มในฤดูฝน หรือในวันที่ฝนตก
4.ด้านเครื่องจักร	- มีการสึกกร่อนที่ส่วนปลายของหัวเผา และมีการชำรุดของอุปกรณ์ต่างๆของเตาเผา - เครื่องจักรเสื่อมสภาพเร็ว เนื่องจากมีการผลิตตลอด 24 ชั่วโมง	- เปลี่ยนบล๊อคหัวเผาที่แตกหรือชำรุด - ควบคุมให้มีการตักขี้เถ้าออกจากเตาเผาเป็นประจำ อาจแบ่งเป็นกะหรือทุกวันตามความเหมาะสม - ควรผลัดเปลี่ยนเตาเผาไม้ฟืนที่ใช้อบผลปาล์ม และเพิ่มเตาเผาไม้ฟืนที่ใช้ต้มน้ำมันปาล์มดิบ เพื่อให้สามารถสลับสับเปลี่ยนการทำงานของเครื่องจักรไม่ให้ทำงานหนักเกินไป

3.4.2.2 ผลการตรวจประเมินอย่างละเอียดของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ

จากการประเมินในเบื้องต้น พบว่า แบบทอดในสภาวะสุญญากาศ ควรแก้ไขปัญหาด้านปริมาณการใช้พลังงานจากไฟฟ้าเป็นประเด็นเร่งด่วน ผู้วิจัยจึงนำปัญหาด้านปริมาณการใช้พลังงานจากไฟฟ้าดังกล่าวมาวิเคราะห์อัตราพลังงานไฟฟ้า ดังนี้

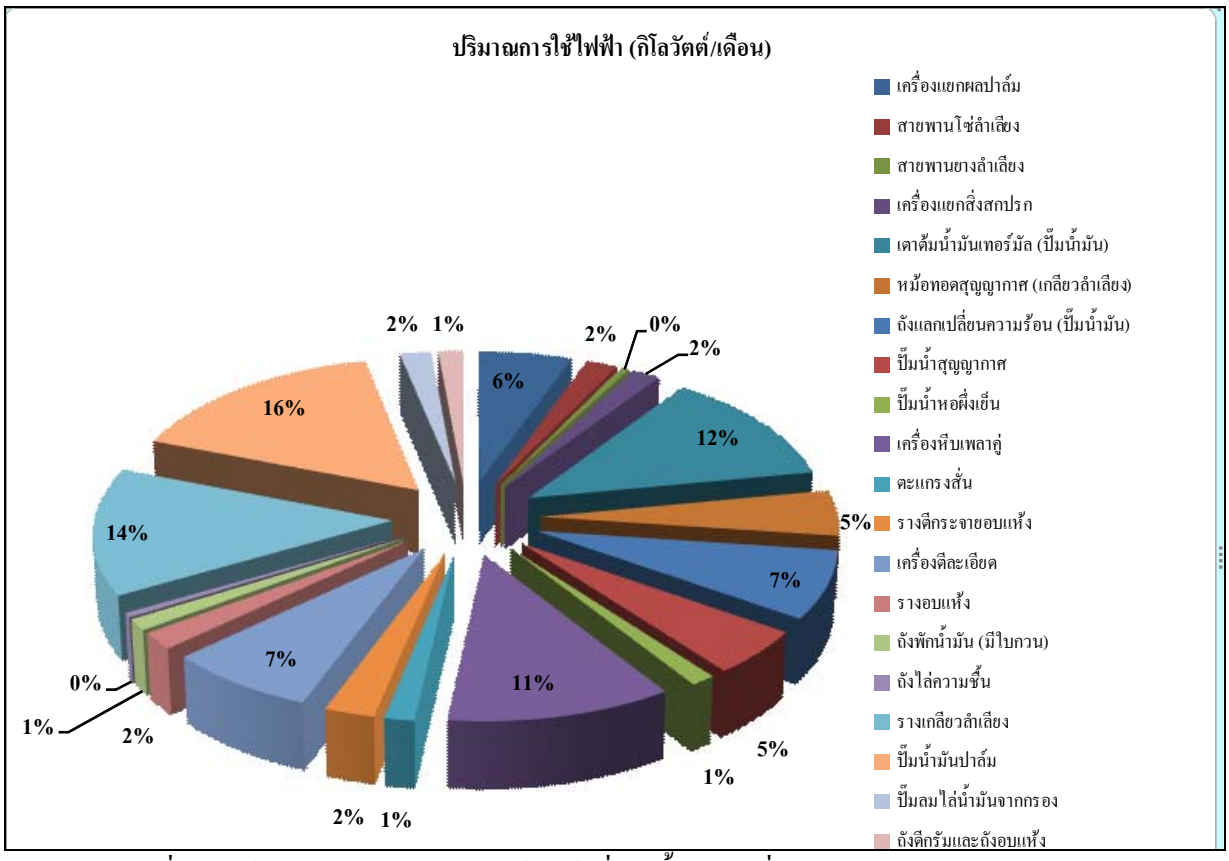
1. ผลการคำนวณอัตราค่าพลังงานไฟฟ้า

ค่าพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องจักรแต่ละชนิด ทำให้ทราบพลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรแต่ละชนิด และทราบพลังงานไฟฟ้ารวมของเครื่องจักรทั้งกระบวนการผลิต เพื่อหาว่า

เครื่องจักรไหนใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด ซึ่งจะได้ดำเนินการแก้ไขต่อไป โดยพลังงานไฟฟ้ารวมของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศคือ 300.66 กิโลวัตต์/ชั่วโมง

2. ร้อยละของปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักรแต่ละตัวของแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ

ผลการคำนวณอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าของของแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ พบว่า กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มมีการใช้เครื่องจักรทั้งหมด 20 ชนิด เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า แสดงการคำนวณในหัวข้อข้างต้น ซึ่งผลของปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักรแต่ละตัวแสดงไว้ในแผนภูมิวงกลม ดังภาพประกอบที่ 3-11 และจากแผนภูมิวงกลม พบว่า เครื่องจักรที่ใช้พลังงานมากที่สุดคือ ปั๊มน้ำมันปาล์ม 16% ของปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ เนื่องจากปั๊มน้ำมันซึ่งตั้งอยู่ใกล้กับเครื่องหีบเพลาคู่นั้นไม่มีฝาปิดครอบที่ตัวปั๊ม ทำให้กากปาล์มที่ล้นจากเครื่องหีบตกลงในปั๊มดังกล่าว เพื่อให้ปั๊มยังทำงานได้ตามปกติจึงต้องใช้ไฟฟ้าในปริมาณสูง ส่งผลให้มอเตอร์ไหม้และเสื่อมสภาพเร็วขึ้นด้วย รองลงมาคือ รางเกลียวลำเลียง 14% เนื่องจากมีสายพานของเกลียวลำเลียงที่ยาวในการเคลื่อนย้ายผลปาล์มเข้าสู่กระบวนการทอด ทำให้ใช้มอเตอร์หลายตัว และเตาต้มน้ำมันเทอร์มัล 12% เนื่องจากมีการต้มน้ำมันเพื่อนำพลังงานความร้อนไปใช้ในการทอดในสภาวะสุญญากาศตลอดระยะเวลาของกระบวนการสกัด ทำให้สูญเสียพลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก



ภาพประกอบที่ 3-11 ร้อยละของปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักรแต่ละตัวของแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ

3. ผลการหาสาเหตุของการสูญเสียพลังงาน (ไฟฟ้า) แบบทอดในสภาวะสุญญากาศ มีรายละเอียดดังนี้

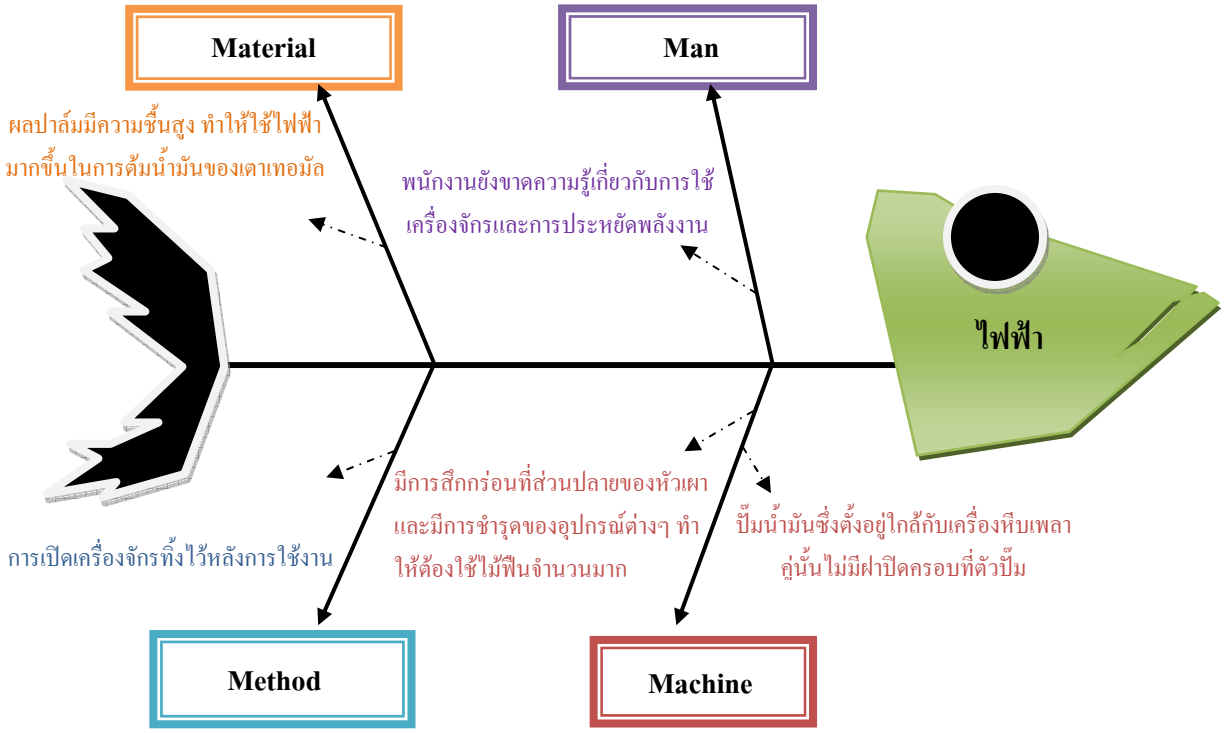
-คนงานขาดความรู้และไม่ให้ความสำคัญเกี่ยวกับการประหยัดพลังงาน เช่น คนงานเปิดเกลียวลำเลียงผลปาล์มตลอดเวลา ทั้งที่ผลปาล์มลำเลียงเข้าสู่หม้อทอดแล้ว

-วัตถุดิบมีความชื้นสูง กล่าวคือ ผลปาล์มมีความชื้นสูง ทำให้ต้องใช้ไฟฟ้าปริมาณมากในการต้มน้ำมันของเตาเทอมัล เพื่อนำมาเป็นพลังงานความร้อนในระบบ

-วิธีการดำเนินงาน มีสาเหตุมาจากคนงานไม่ปฏิบัติตามขั้นตอน

-เครื่องจักร พบว่าปั๊มน้ำมันซึ่งตั้งอยู่ใกล้กับเครื่องหีบเพลาคู่นั้นไม่มีฝาปิดครอบที่ตัวปั๊ม ทำให้กากปาล์มที่ล้นจากเครื่องหีบตกลงในปั๊มดังกล่าว เพื่อให้ปั๊มยังทำงานได้ตามปกติจึงต้องใช้ไฟฟ้าในปริมาณสูง ส่งผลให้มอเตอร์ไหม้และเสื่อมสภาพเร็วขึ้นด้วย ประกอบกับมีสายพานของเกลียวลำเลียงที่ยาวในการเคลื่อนย้ายผลปาล์มเข้าสู่กระบวนการทอด ทำให้ใช้

มอเตอร์หลายตัว โดยสาเหตุของการสูญเสียพลังงาน (ไฟฟ้า) ของแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ ดังภาพประกอบที่ 3-12



ภาพประกอบที่ 3-12 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ

4. สรุปสาเหตุของการสูญเสียพลังงานและแนวทางแก้ไขของแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ ดังตารางที่ 3-18

ตารางที่ 3-18 สรุปสาเหตุของการสูญเสียพลังงานและแนวทางแก้ไขของกระบวนการสกัดน้ำมัน - ปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ

ประเด็นการสิ้นเปลืองพลังงาน	สาเหตุ	แนวทางแก้ไข
1.ด้านบุคคล	- พนักงานยังขาดความรู้เกี่ยวกับการใช้เครื่องจักรให้ประหยัดพลังงาน	- จัดอบรมความรู้เกี่ยวกับการใช้เครื่องจักรอย่างถูกวิธีและประหยัดพลังงานแก่พนักงาน - ควบคุมและติดตามผลการทำงานของพนักงานและประกวดพนักงานดีเด่นประจำปี

ตารางที่ 3-18 สรุปสาเหตุของการสูญเสียพลังงานและแนวทางแก้ไขของกระบวนการสกัดน้ำมัน - ปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ (ต่อ)

ประเด็นการสิ้นเปลืองพลังงาน	สาเหตุ	แนวทางแก้ไข
2.ด้านกระบวนการทำงาน	- การเปิดเครื่องจักรทิ้งไว้หลังการใช้งาน	- ควรมีการปิดเครื่องจักรทุกครั้งหลังใช้งานเสร็จ - ควรจัดเวรหรือคนคอยควบคุม เพื่อตรวจตรากระบวนการทำงานอย่างเข้มงวด
3.ด้านวัตถุดิบ	- ผลปาล์มมีความชื้นสูง ทำให้ใช้ไฟฟ้ามากขึ้นในการต้มน้ำมันของเตาเทอมัล เพื่อนำมาเป็นพลังงานความร้อนในระบบสุญญากาศ	- ลดการเก็บเกี่ยวผลปาล์มในฤดูฝน หรือในวันที่ฝนตก
4.ด้านเครื่องจักร	- ปั๊มน้ำมัน ซึ่งตั้งอยู่ใกล้กับเครื่องหีบเพลาคู่ไม่มีฝาปิดครอบที่ตัวปั๊ม ทำให้กากปาล์มที่ล้นจากเครื่องหีบตกลงในปั๊มดังกล่าว จึงต้องใช้ไฟฟ้าในปริมาณสูง ส่งผลให้มอเตอร์ไหม้และเสื่อมสภาพเร็ว - สายพานของเกลียวลำเลียงที่ยาว ทำให้ใช้มอเตอร์หลายตัว - มีการซ่อมแซมเครื่องจักรทุกเดือนธันวาคม โรงงานจึงหยุดการผลิตในเดือนในเดือนดังกล่าว ทำให้สูญเสียกำไรที่ควรจะได้รับ	- ซื้อตะแกรงหรือฝาครอบปั๊มน้ำมันดังกล่าว เพื่อป้องกันกากปาล์มจากเครื่องหีบตกลงไป - ลดขนาดของสายพานของเกลียวลำเลียงดังกล่าวให้สั้นลง เพื่อลดจำนวนมอเตอร์ - ควรมีการบำรุงรักษา ซ่อมแซม และตรวจสอบสภาพการทำงานของเครื่องจักรอย่างสม่ำเสมอ โดยอาจจะใช้วันเสาร์หรือวันอาทิตย์ แทนการหยุดการผลิตตลอดทุกเดือนธันวาคม

3.4.2.3. ผลการตรวจประเมินอย่างละเอียดของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ

จากการประเมินในเบื้องต้น พบว่า แบบทอดในสภาวะบรรยากาศเช่นเดียวกับแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ กล่าวคือ ควรแก้ไขปัญหาด้านปริมาณการใช้พลังงานจากไฟฟ้าเป็นประเด็นเร่งด่วน ผู้วิจัยจึงนำปัญหาด้านปริมาณการใช้พลังงานจากไฟฟ้าดังกล่าวมาวิเคราะห์อัตราพลังงานไฟฟ้า ดังนี้

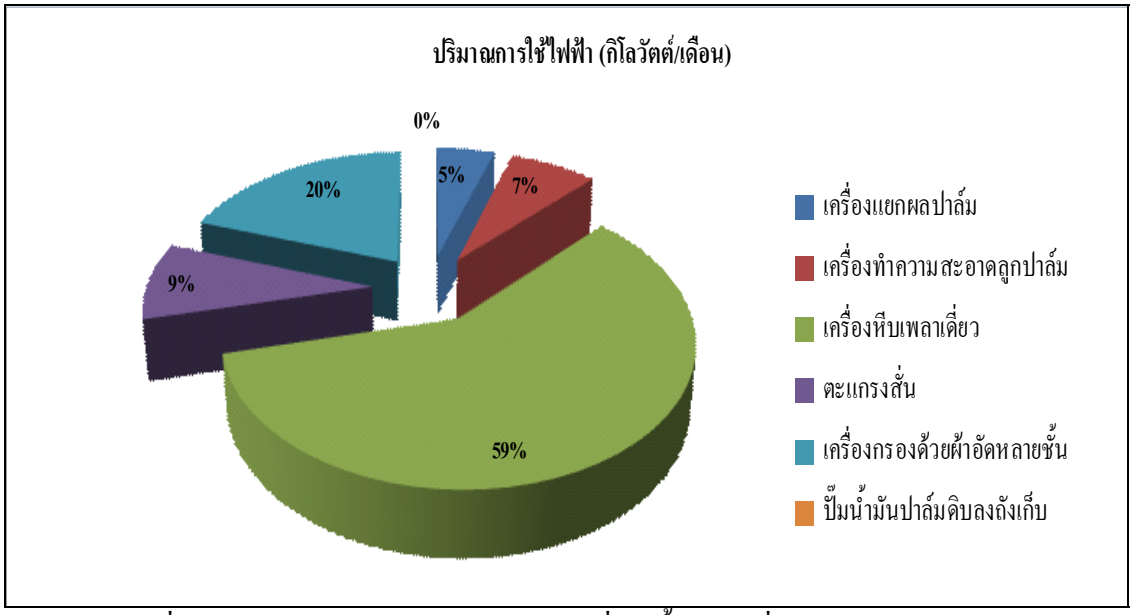
1. ผลการคำนวณอัตราค่าพลังงานไฟฟ้า

ค่าพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องจักรแต่ละชนิด ทำให้ทราบพลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรแต่ละชนิด และทราบพลังงานไฟฟ้ารวมของเครื่องจักรทั้งกระบวนการผลิต เพื่อหาว่า

เครื่องจักรไหนใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด ซึ่งจะได้ดำเนินการแก้ไขต่อไป โดยพลังงานไฟฟ้ารวมของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ คือ 172.50 กิโลวัตต์/ชั่วโมง

2. ร้อยละของปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักรแต่ละตัวของแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ

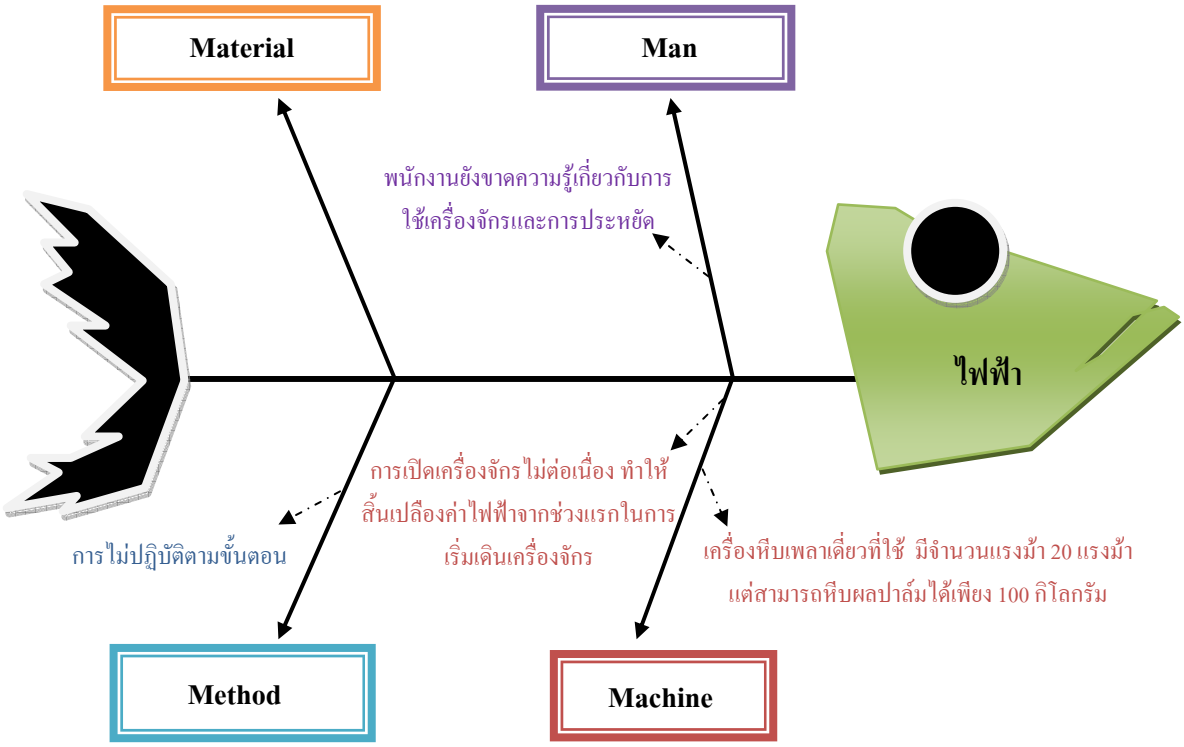
ผลการคำนวณอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าของของแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ พบว่า กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มมีการใช้เครื่องจักรทั้งหมด 10 ชนิด เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า แสดงการคำนวณในหัวข้อข้างต้น ซึ่งผลของปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักรแต่ละตัวแสดงไว้ในแผนภูมิวงกลม ดังภาพประกอบที่ 3-13 และจากแผนภูมิวงกลม พบว่า เครื่องจักรที่ใช้พลังงานมากที่สุดคือ เครื่องหีบเพลาเดี่ยว 59% ของปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ เนื่องจากโรงงานใช้เครื่องหีบผลแบบเก่าที่ใช้แรงม้าจำนวนมากถึง 20 แรงม้า แต่สามารถหีบผลปาล์มได้น้อยเพียง 100 กิโลกรัม รองลงมาคือ เครื่องกรองผ้าอัดหลายชั้น 20% และตะแกรงสั่น 9% ตามลำดับ เนื่องจากทางโรงงานจัดวางตำแหน่งของเครื่องจักรที่ไม่เหมาะสม คือ ตะแกรงสั่นน้ำมันปาล์มนั้นวางอยู่ด้านล่าง โดยมีเครื่องหีบผลปาล์มและเครื่องกรองด้วยผ้าอัดหลายชั้นวางอยู่ด้านบน ทำให้ต้องเพิ่มปั๊มซึ่งช่วยในการดูดน้ำมันจากด้านล่างขึ้นด้านบน



ภาพประกอบที่ 3-13 ร้อยละของปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักรแต่ละตัวของแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ

3. ผลการหาสาเหตุของการสูญเสียพลังงาน (ไฟฟ้า) แบบทอดในสภาวะบรรยากาศ มีรายละเอียดดังนี้

- คนงานขาดความรู้และไม่ให้ความสำคัญเกี่ยวกับการประหยัดพลังงาน
- วัตถุดิบ ผลปาล์มมีความชื้นสูง ทำให้เกิดแรงดันในเครื่องหีบ และกากปาล์มล้นออกมาจากเครื่องหีบผลปาล์ม
- วิธีการดำเนินงาน มีสาเหตุมาจากคนงานไม่ปฏิบัติตามขั้นตอน
- เครื่องจักร พบว่าโรงงานเดินเครื่องจักรที่ไม่ต่อเนื่อง ทำให้ช่วงแรกที่เดินเครื่องนั้นต้องสิ้นเปลืองไฟฟ้าจำนวนมาก ประกอบกับโรงงานใช้เครื่องหีบผลแบบเก่าที่สามารถหีบผลปาล์มได้น้อยเพียง 100 กิโลกรัม แต่ใช้แรงม้าจำนวนมากถึง 20 แรงม้า โดยสาเหตุของการสูญเสียพลังงาน (ไฟฟ้า) ของแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ ดังภาพประกอบที่ 3-14



ภาพประกอบที่ 3-14 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ

4. สรุปสาเหตุของการสูญเสียพลังงานและแนวทางแก้ไขของแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ ดังตารางที่ 3-19

ตารางที่ 3-19 สรุปสาเหตุของการสูญเสียพลังงานและแนวทางแก้ไขของกระบวนการสกัดน้ำมัน – ปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ

ประเด็นการสิ้นเปลืองพลังงาน	สาเหตุ	แนวทางแก้ไข
1.ด้านบุคคล	- พนักงานยังขาดความรู้เกี่ยวกับการใช้เครื่องจักรให้ประหยัดพลังงาน	- จัดอบรมความรู้เกี่ยวกับการใช้เครื่องจักรอย่างถูกวิธีและประหยัดพลังงานแก่พนักงาน - ปลูกจิตสำนึกเกี่ยวกับการใช้พลังงานโดยการทำค่ายอาสาการอนุรักษ์พลังงานแก่พนักงาน - ควบคุมและติดตามผลการทำงานของพนักงานและประกวดพนักงานดีเด่นประจำปี
2.ด้านกระบวนการทำงาน	- การไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงาน	- ส่งเสริมนโยบายประหยัดพลังงาน โดยปิดเครื่องจักรทุกครั้งเมื่อไม่มีการผลิต - ควบคุมและติดตามการทำงานของเครื่องจักรอย่างต่อเนื่อง
3.ด้านวัตถุดิบ	- ผลปาล์มมีความชื้นสูง ทำให้เกิดแรงดันในเครื่องหีบ และกากปาล์มล้นออกมาจากเครื่องหีบ	- ใช้ไมโครเวฟร่วมกับอินฟราเรดในการลดความชื้นของผลปาล์ม (ผศ.ดร.กลอยใจ เชยกลิ่นเทศ, 2554) - ลดการเก็บเกี่ยวผลปาล์มในฤดูฝน หรือในวันที่ฝนตก
4.ด้านเครื่องจักร	- การวางตำแหน่งของเครื่องจักรไม่เหมาะสม คือ ตะแกรงสั่นน้ำมันปาล์มนั้นวางอยู่ด้านล่าง โดยมีเครื่องหีบผลปาล์มและเครื่องกรองด้วยผ้าอัดหลายชั้นวางอยู่ด้านบน ทำให้ต้องเพิ่มปั๊มซึ่งช่วยในการดูดน้ำมันจากด้านล่างขึ้นด้านบน - ใช้เครื่องหีบผลปาล์มแบบเก่าที่สามารถหีบผลปาล์มได้น้อย แต่ใช้แรงม้าจำนวนมาก เครื่องหีบเพลาเดี่ยวที่ใช้หีบผลปาล์มได้เพียง 100 กิโลกรัม/ชั่วโมง แต่มีจำนวนแรงม้าถึง 20 แรงม้า	- ควรออกแบบระบบการทำงานของเครื่องจักรให้อยู่ในระดับเดียวกันหรือเป็นไปตามแรงโน้มถ่วง เพื่อประหยัดพลังงาน - เปลี่ยนเป็นเครื่องหีบเพลาคู่ ซึ่งหีบผลปาลึมได้ 500 กิโลกรัม/ชั่วโมง แต่มีจำนวนแรงม้าถึง 30 แรงม้า - ควรมีการบำรุงรักษา ซ่อมแซม และตรวจสอบสภาพการทำงานของเครื่องจักรประจำปี เพื่อยืดอายุการทำงานของเครื่องจักร

3.4.3 ผลการสร้างข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด (CT Option)

ใช้หลักการการระดมสมอง (Brain Storming) ระหว่างผู้ประกอบการของโรงงาน อาจารย์ และผู้วิจัยร่วมมือกันวิเคราะห์ปัญหา และร่วมแสดงความคิดเห็นเพื่อคัดเลือกข้อเสนอที่เป็นไปได้ในการปรับปรุงแก้ไข นำไปสู่วิธีการที่เหมาะสมและคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด ซึ่งจากตารางที่ 3-17, 3-18 และ 3-19 เป็นการวิเคราะห์ประเด็นปัญหาต่างๆนำไปสู่การเลือก Option ที่คุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด โดยผู้วิจัยได้แสดงวิธีการคำนวณอย่างละเอียดไว้ในภาคผนวก จ

CT Option 1: การเติมไม้ฟืนในปริมาณมากต่อครั้ง ซึ่งเกินกว่าความต้องการในการอบผลปาล์ม
วิธีการแก้ไข: การใส่ไม้ฟืนอย่างสม่ำเสมอ 2-3 ชั่วโมง/ครั้ง เพื่อรักษาอุณหภูมิและลดการสิ้นเปลืองไม้ฟืน
เงินลงทุนทั้งหมด: ไม่มี
ระยะเวลาคืนทุน: ทันทีที่เริ่มดำเนินงาน

CT Option 2: ไม้ฟืนส่วนใหญ่เป็นไม้ฟืนสด และเมื่อนำไปเผาเป็นเชื้อเพลิงจึงให้ค่าความร้อนที่ต่ำ
วิธีการแก้ไข: นำไม้ฟืนสดมาตั้งผึ่งแดด เพื่อระเหยน้ำในไม้ฟืนออกไป
เงินลงทุนทั้งหมด: ไม่มี
ผลประหยัดต่อปี: 1,382,033.81 บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน: ทันทีที่เริ่มดำเนินงาน

CT Option 3: มีการสูญเสียพลังงานความร้อนจากการสึกกร่อนที่ส่วนปลายของหัวเผา และมีการชำรุดของอุปกรณ์ต่างๆของเตาเผา
วิธีการแก้ไข: เปลี่ยนบล็อกหัวเผาที่แตกหรือชำรุด
เงินลงทุนทั้งหมด: 1,000 บาท (การระดมสมองระหว่างผู้ประกอบการ)
ผลประหยัดต่อปี: 117,670.59 บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน: 1 เดือน

หมายเหตุ; การเปลี่ยนบล็อกหัวเผาเป็นการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุ ดังนั้นผู้ประกอบการควรโกยขี้เถ้าออกจากเตาเผาทุกวันเพื่อป้องกันการสึกกร่อนของหัวเผา เนื่องจากไม่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน และยังช่วยลดการสูญเสียพลังงานความร้อนของเตาเผาด้วย

1. CT Option ของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ

CT Option 1: การเปิดเครื่องจักรทิ้งไว้หลังการใช้งาน
วิธีการแก้ไข: ปิดเครื่องจักรทุกครั้งหลังใช้งาน
เงินลงทุนทั้งหมด: ไม่มี
ผลประหยัดต่อปี: 312,704.44 บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน: ทันทีที่เริ่มดำเนินงาน

CT Option 2: ปั๊มน้ำมันซึ่งตั้งอยู่ใกล้กับเครื่องหีบเพลาคู่ไม่มีฝาปิดครอบที่ตัวปั๊ม ทำให้กากปาล์มที่ล้นจากเครื่องหีบตกลงในปั๊ม จึงต้องใช้ไฟฟ้าในปริมาณสูง ส่งผลให้มอเตอร์ไหม้และเสื่อมสภาพเร็ว
วิธีการแก้ไข: ติดตั้งตะแกรงครอบที่ปั๊มน้ำมัน
เงินลงทุนทั้งหมด: 2,200 บาท (การระดมสมองระหว่างผู้ประกอบการ)
ผลประหยัดต่อปี: 22,473.61 บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน: 0.08 ปี หรือ 1 เดือน

CT Option 3: สายพานของรางเกลียวลำเลียงที่ยาว ทำให้ใช้มอเตอร์หลายตัว
วิธีการแก้ไข: ลดขนาดของสายพานของเกลียวลำเลียงดังกล่าวให้สั้นลง เพื่อลดจำนวนมอเตอร์
เงินลงทุนทั้งหมด: 50,368 บาท (การระดมสมองระหว่างผู้ประกอบการ)
ผลประหยัดต่อปี: 314,686.96 บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน: 0.16 ปี หรือ 2 เดือน

2. CT Option ของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ

CT Option 1: การเปิดเครื่องจักรทิ้งไว้หลังการใช้งาน
วิธีการแก้ไข: ปิดเครื่องจักรทุกครั้งหลังใช้งาน
เงินลงทุนทั้งหมด: ไม่มี
ผลประหยัดต่อปี: 162,408.75 บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน: ทันทีที่เริ่มดำเนินงาน

CT Option 2: การวางตำแหน่งของเครื่องจักรไม่เหมาะสม คือ ตะแกรงสั่นน้ำมันปาล์มนั้นวางอยู่ด้านล่าง โดยมีเครื่องหีบผลปาล์มและเครื่องกรองด้วยผ้าอัดหลายชั้นวางอยู่ด้านบน ทำให้ต้องเพิ่มปั๊มซึ่งช่วยในการดูดน้ำมันจากด้านล่างขึ้นด้านบน
วิธีการแก้ไข: ออกแบบระบบการทำงานของเครื่องจักรให้อยู่ในระดับเดียวกันหรือเป็นไปตามแรงโน้มถ่วง เพื่อประหยัดพลังงาน
เงินลงทุนทั้งหมด: 124.32 บาท/ปี (การระดมสมองระหว่างผู้ประกอบการ)
ระยะเวลาคืนทุน: 1.44 เดือน หรือ 1 เดือน 13 วัน

CT Option 3: การใช้เครื่องหีบผลปาล์มแบบเก่าที่สามารถหีบผลปาล์มได้เพียง 100 กิโลกรัม/ชั่วโมง แต่ใช้แรงม้าจำนวนมากถึง 20 แรงม้า
วิธีการแก้ไข: เปลี่ยนเครื่องหีบเป็นแบบใหม่
เงินลงทุนทั้งหมด: 800,358 บาท (การระดมสมองระหว่างผู้ประกอบการ)
ผลประหยัดต่อปี: 71,554 บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน: 11.19 เดือน หรือ 11 เดือน 5 วัน

จากการเสนอเทคนิคของเทคโนโลยีสะอาดที่พบว่า แบบอบแห้งของห้างหุ้นส่วนจำกัด รุ่งเรืองกิจน้ำมันพืช ตำบลพะตง อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ควรทำ CT Option 2 ก่อน คือ วิธีการใส่ไม้ฟืนอย่างสม่ำเสมอ 2-3 ชั่วโมง/ครั้ง และการนำไม้ฟืนมาตากแดดเพื่อลดค่าความชื้นของไม้ฟืน เนื่องจากมีระยะเวลาคืนทุนทันทีที่เริ่มดำเนินงาน โดยผู้ประกอบการอาจใช้วิธีการ เพื่อลดค่าความชื้นของไม้ฟืน ดังนี้ การอบแห้งด้วยเตาอบ (Kin Drying) สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์ได้ตามต้องการ และสามารถทำให้การแห้งของไม้เป็นไปอย่างต่อเนื่องช้าหรือเร็วได้ ไม้ที่ผ่านการอบแล้วจะมีปริมาณความชื้นตามความต้องการตรงกับประโยชน์ที่จะนำไปใช้งาน แต่วิธีดังกล่าวต้องใช้เงินลงทุนสูง นอกจากนี้ยังมีการผึ่งด้วยกระแสอากาศ (Air Drying or Seasoning) เป็นการทำให้ไม้แห้งโดยวิธีธรรมชาติ ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์ในอากาศได้ ดังนั้นปริมาณความชื้นในไม้จึงไม่แน่นอนจึงจำเป็นต้องใช้เวลาค่อนข้างนาน ซึ่งการผึ่งแห้งโดยกระแสอากาศนี้ทำมากในหลายพื้นที่โดยสามารถทำการกองไม้ในที่โล่งแจ้งหรือกองไม้โดยมีหลังคาคลุม มีรายงานพบว่า การอบแห้งด้วยเตาอบจำเป็นต้องผึ่งกองไม้ในกระแสอากาศ โดยฤดูแล้งต้องใช้เวลาประมาณ 4-6 เดือน ก่อนนำเข้าเตาอบเพื่อเป็นการประหยัดต้นทุนและเวลาในการอบ เพื่อทำให้ความชื้นในไม้ลดลงเหลือประมาณ 25-30% (สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, 2554) บริเวณที่กองไม้ควรสะอาดปราศจากวัชพืชหรือเป็นแอ่งน้ำ

ทั้งนี้พื้นดินที่กอง ไม้ควรมีความลาดเอียงเล็กน้อยเพื่อให้น้ำได้ไหลผ่านสะดวกไม่ขังนอง พื้นดินควรมีการอัดแน่นสามารถรับน้ำหนักกองไม้ได้และไม่ควรมีเศษกรวด หิน หรือทรายบนพื้นเพราะจะติดไปกับเนื้อไม้ทำให้เป็นอันตรายต่อเครื่องมือแปรรูป ต่างๆ วัชพืชในบริเวณใกล้เคียงควรกำจัดออกให้หมดเพื่อป้องกันการเกิดอัคคีภัยไม้ ทั้งนี้ไม้ดังกล่าวควรเป็นไม้เนื้ออ่อนท่อนเล็กที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 6 นิ้ว แต่เนื่องจากวิธีดังกล่าวค่อนข้างใช้เวลา ประกอบกับภาคใต้เป็นภาคที่มีฝนตกชุกตลอดทั้งปี ดังนั้นผู้ประกอบการอาจใช้วิธีบริหารจัดการไม้ฟืนแบบการเข้าก่อนออกก่อน (FIFO : First in First out) นอกจากไม่ต้องคำนึงเรื่องฤดูกาลแล้วยังสามารถคำนวณต้นทุนของไม้ฟืนได้ด้วย ดังนั้นถ้าโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้งสามารถบริหารจัดการไม้ฟืนให้เกิดประสิทธิภาพได้ ทำให้โรงงานมีรายรับเพิ่มขึ้น 1,499,704.40 บาท/ปี

ส่วนแบบทอดในสภาวะสุญญากาศของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก สหกรณ์นิคมอ่าวลึก จังหวัดกระบี่ และแบบทอดในสภาวะบรรยากาศของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มและผลิตไบโอดีเซลระดับชุมชน จังหวัดเพชรบุรี โดยกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบทั้ง 2 แบบ ควรทำ CT Option 1 ก่อน คือ วิธีการปิดเครื่องจักรทุกครั้งหลังใช้งาน เนื่องจากคืนทุนทันทีที่เริ่มดำเนินงาน โดยผู้ประกอบการอาจใช้ระบบการควบคุมอัตโนมัติ ทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์เพื่อให้ใช้ง่าย สามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์จำนวนมากโดยใช้บุคลากรเพียงคนเดียว มีการกำหนดชั่วโมงการทำงานของเครื่องจักรอย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ กล่าวคือ สามารถเปิด-ปิดอุปกรณ์ตามเวลาที่กำหนด ประกอบกับการควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์สามารถเก็บบันทึกและรายงานสถานการณ์ใช้งานของเครื่องจักรอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีรายงานพบว่า การปรับปรุงและติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานดังกล่าวสามารถประหยัดพลังงานได้ร้อยละ 10 – 25 ของการใช้พลังงานทั้งหมด (กนกอร สีแสง, 2553) ดังนั้นโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศและแบบทอดในสภาวะบรรยากาศสามารถบริหารจัดการไฟฟ้าให้เกิดประสิทธิภาพได้ ซึ่งทำให้โรงงานแบบทอดในสภาวะสุญญากาศมีรายรับเพิ่มขึ้น 649,865 บาท/ปี และแบบทอดในสภาวะบรรยากาศมีรายรับเพิ่มขึ้น 233,963 บาท/ปี แสดงการคำนวณดังภาคผนวก จ

3.5 ผลการหาแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจโดยอาศัยเทคโนโลยีสะอาด

เนื่องจากผู้วิจัยไม่ได้นำหลักการเทคโนโลยีสะอาดไปประยุกต์ใช้จริงในโรงงาน แต่ผู้วิจัยเพียงแค่ศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคในการปรับปรุงกระบวนการผลิต ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการลดค่าใช้จ่าย และความเป็นไปได้ในการลดผลกระทบของสิ่งแวดล้อม เพื่อเสนอแนะแนวทางการปฏิบัติให้กับโรงงานเท่านั้น เพราะโรงงานต้องมีการพิจารณาต้นทุนประกอบกับต้องใช้ระยะเวลาในการดำเนินงาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงหาค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

หลังจากการประเมินเทคโนโลยีสะอาด โดยการนำผลประหยัดต่อปีที่ได้จากการคำนวณของ CT Option แต่ละกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบมารวมกับกำไรของโรงงานในปี พ.ศ. 2553 เพื่อเป็นตัวเศษ หารด้วยปริมาณการใช้พลังงานแต่ละกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบเพื่อเป็นตัวส่วน แต่ทั้งนี้ผู้วิจัยยังคงใช้ปริมาณการใช้พลังงานทั้งก่อนและหลังการประเมินเทคโนโลยีสะอาดที่เป็นตัวเดียวกัน เนื่องจากผู้วิจัยยังไม่ได้นำหลักการเทคโนโลยีสะอาดไปประยุกต์ใช้จริงตามที่กล่าวไว้ในข้างต้น

ผลการศึกษาค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเฉพาะด้านปริมาณการใช้พลังงานซึ่งเป็นประเด็นเร่งด่วนที่ต้องเร่งดำเนินการปรับปรุงแก้ไข พบว่า ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจหลังการคำนวณทำเทคโนโลยีสะอาดในปี พ.ศ. 2553 ของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบทุกแบบมีค่าเพิ่มขึ้น กล่าวคือ แบบอบแห้งมีค่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 2.14% แบบทอดในสภาวะสุญญากาศมีค่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 25.48% และแบบทอดในสภาวะบรรยากาศมีค่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 137.11% แสดงดังตาราง 3-20 ดังนี้

ตารางที่ 3-20 ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจก่อนและหลังจากการประเมินเทคโนโลยีสะอาด

กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ	กำไรสุทธิ (บาท)	ปริมาณการใช้พลังงาน (GJ)	ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (บาท/จิกะจูล) ก่อนประเมินCT	ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (บาท/จิกะจูล) หลังประเมินCT
แบบอบแห้ง	69,945,859.43+1,499,704.40=71,445,563.83	33,717.68	2,074.46	2,118.93
แบบทอดในสภาวะสุญญากาศ	2,550,876.12+649,865=3,200,741.12	5,867.20	434.77	545.53
แบบทอดในสภาวะบรรยากาศ	170,635.19+233,963=404,598.19	171.63	994.20	2,357.39

จากตารางที่ 3-20 พบว่า ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันปาล์มแบบไม่ใช้ไอน้ำทุกแบบหลังทำเทคโนโลยีสะอาดมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางธุรกิจควบคู่กับการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โรงงานสามารถนำแนวทาง และข้อเสนอแนะจากงานวิจัยนี้ไปกำหนดนโยบายและมาตรการพัฒนาอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มดิบแบบไม่ใช้ไอน้ำ เพื่อนำไปสู่ความยั่งยืนในอนาคต

บทที่ 4

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

4.1 บทสรุป

การนำเครื่องมือประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency) มาผสมผสานกับเทคนิคของเทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology) เพื่อเพิ่มค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจให้กับอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม เนื่องจากประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเครื่องมือเดียวจะแสดงให้เห็นเพียงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงโดยสัดส่วนของด้านเศรษฐกิจและด้านสิ่งแวดล้อมเท่านั้น ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ พบว่า แบบบอบแห้งและแบบทอดในสภาวะสุญญากาศมีดัชนีชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น แต่ขณะเดียวกันดัชนีชี้วัดด้านเศรษฐกิจก็ยังคงเพิ่มขึ้นสูงเช่นกัน ทำให้ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจยังคงเปลี่ยนแปลงในทิศทางเพิ่มขึ้น เห็นได้จากกราฟ Snapshot ซึ่งค่าประสิทธิภาพอยู่ในระดับ Fully Non Eco-Efficiency และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสู่ระดับ Half Eco-Efficiency แต่แนวโน้มค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจด้านปริมาณการใช้พลังงานดังกล่าวเป็นแนวโน้มการเพิ่มขึ้นที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับดัชนีชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อมตัวอื่น ส่วนแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ มีดัชนีชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อมลดลง ควบคู่กับดัชนีชี้วัดด้านเศรษฐกิจเพิ่มขึ้น ทำให้แนวโน้มของค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่เพิ่มขึ้น ยกเว้นปริมาณการใช้พลังงานซึ่งมีการใช้เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ลดลง เห็นได้จากกราฟ Snapshot ซึ่งค่าประสิทธิภาพของปริมาณการใช้วัตถุดิบและปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 อยู่ในระดับ Fully Eco-Efficiency ส่วนปริมาณวัสดุเศษเหลืออยู่ในระดับ Half Eco-Efficiency และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสู่ระดับ Fully Eco-Efficiency ในขณะที่ปริมาณการใช้พลังงานอยู่ในระดับ Half Non Eco-Efficiency และมีแนวโน้มลดลงซึ่งถ้าหากผู้ประกอบการของโรงงานให้ความสำคัญเฉพาะด้านเศรษฐกิจเพียงอย่างเดียว สุดท้ายเมื่อถึงจุดหนึ่งโรงงานจะได้รับผลกระทบจากปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น และทำให้เศรษฐกิจของโรงงานตกต่ำลงได้

ดังนั้นเครื่องมือประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเพียงอย่างเดียวไม่สามารถแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นได้ งานวิจัยนี้จึงได้ประยุกต์ใช้เทคนิคของเทคโนโลยีสะอาด เพื่อปรับปรุงและประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิต ทำให้ปัญหาสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการผลิตลดลง ส่งผลให้เศรษฐกิจของโรงงานดีขึ้นนำไปสู่กรอบการพัฒนาอย่างยั่งยืนในอนาคต โดยผลของการประเมินด้วยเทคโนโลยีสะอาดในเบื้องต้น พบว่า แบบบอบแห้งควรแก้ไขปัญหาด้านปริมาณการใช้พลังงาน

(ไม้ฟืน) เป็นประเด็นเร่งด่วน ในขณะที่แบบทอดในสภาวะสุญญากาศและแบบทอดในสภาวะบรรยากาศควรแก้ไขปัญหาด้านปริมาณการใช้พลังงาน (ไฟฟ้า) เป็นประเด็นเร่งด่วน และผลของการประเมินด้วยเทคโนโลยีสะอาดอย่างละเอียด พบข้อเสนอแนะซึ่งเรียงลำดับตามระยะเวลาคืนทุน คือ แบบอบแห้งควรใส่ไม้ฟืนอย่างสม่ำเสมอ 2-3 ชั่วโมง/ครั้ง เพื่อรักษาอุณหภูมิและลดการสิ้นเปลืองไม้ฟืน ควรนำไม้ฟืนสดมาตั้งผึ่งแดด เพื่อระเหยน้ำในไม้ฟืนออกไป และควรเปลี่ยนบล๊อคหัวเผาที่แตกหรือชำรุด ตามลำดับ ส่วนแบบทอดในสภาวะสุญญากาศควรปิดเครื่องจักรทุกครั้งหลังใช้งาน ควรติดตั้งตะแกรงครอบที่ปั๊มน้ำมัน และลดขนาดของสายพานของเกลียวลำเลียงดังกล่าวให้สั้นลง เพื่อลดจำนวนมอเตอร์ ตามลำดับ ในขณะที่แบบทอดในสภาวะบรรยากาศควรปิดเครื่องจักรทุกครั้งหลังใช้งาน ควรออกแบบระบบการทำงานของเครื่องจักรให้อยู่ในระดับเดียวกันหรือเป็นไปตามแรงโน้มถ่วง เพื่อประหยัดพลังงาน และควรเปลี่ยนเครื่องหีบเป็นแบบใหม่ตามลำดับ ทั้งนี้ข้อเสนอแนะดังกล่าวเกิดจากการระดมสมองระหว่างโรงงานและผู้วิจัย การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคโนโลยี ด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน

เพื่อหาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

4.2 ข้อเสนอแนะ

4.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับโรงงาน

- การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้งด้วยเทคโนโลยีสะอาด คือ การใส่ไม้ฟืนอย่างสม่ำเสมอ ผึ่งแดดก่อนนำไปใช้ และควรเปลี่ยนบล๊อคหัวเผาที่ชำรุด
- การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศด้วยเทคโนโลยีสะอาด คือ การปิดเครื่องจักรหลังใช้งาน ควรติดตะแกรงครอบปั๊มน้ำมัน และลดขนาดสายพานเกลียวลำเลียง
- การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศด้วยเทคโนโลยีสะอาด คือ การปิดเครื่องจักรทุกครั้งหลังใช้งาน ออกแบบเครื่องจักรตามแรงโน้มถ่วง และเปลี่ยนเครื่องหีบเป็นแบบใหม่
- ผู้ประกอบการของโรงงานในอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม สามารถนำหลักการที่ใช้ในการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจโดยอาศัยเทคโนโลยีสะอาดไปประเมินผล

กระทบสิ่งแวดล้อมได้ ซึ่งหากผลการประเมินที่ได้มีค่ากำไรสุทธิเพิ่มขึ้นควบคู่กับผลกระทบสิ่งแวดล้อมน้อยลง แสดงให้เห็นว่าโรงงานมีประสิทธิภาพในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

4.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยเพิ่มเติม

- การสร้าง Benchmark ในระดับสากลและการสร้างกรอบของดัชนีชี้วัดที่ชัดเจนเป็นขั้นตอน ช่วยสนับสนุนให้เกิดการกระตุ้นในการแข่งขันทางธุรกิจได้
- การหลักการของประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ เป็นการดำเนินงานด้านเศรษฐกิจซึ่งก่อให้เกิดผลประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม ในขณะที่หลักการของเทคโนโลยีสะอาด เป็นการดำเนินงานเพื่อเพิ่มประสิทธิผลด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการเพิ่มผลผลิตด้านเศรษฐกิจ เพื่อนำไปสู่ความยั่งยืนแต่อาจจะไม่บรรลุตามเป้าหมายดังกล่าว ดังนั้นควรพิจารณาปัจจัยด้านสังคมรวมเข้าด้วยกันทั้ง 3 ด้าน
- อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม เป็นอุตสาหกรรมสำคัญของภาคใต้ ประกอบกับฐานการผลิตส่วนใหญ่อยู่ที่ภาคใต้ ดังนั้นควรศึกษาเทคโนโลยีที่สามารถการประหยัดพลังงาน และลดต้นทุนการผลิตอย่างจริงจัง เพื่อให้ผลิตน้ำมันปาล์มมาเป็นทางเลือกของพลังงานทดแทน และสามารถแข่งขันกับตลาดโลกได้ในสภาวะที่ปริมาณความต้องการน้ำมันสูง
- การดำเนินงานต่อไปในอนาคต เพื่อให้มีการนำดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจสามารถประยุกต์ใช้กับโรงงานต่างๆอย่างเป็นรูปธรรมได้นั้น แหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องควรเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการประเมินอย่างเป็นรูปธรรม เป็นระบบ และต่อเนื่อง รวมทั้งควรมีการเปิดเผยข้อมูลซึ่งกันและกัน มีส่งถ่ายข้อมูลเพื่อการจัดเก็บอย่างเป็นระบบ และเป็นขั้นตอนสามารถสืบค้นได้ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวไม่เพียงแต่จะเป็นประโยชน์สำหรับการนำมาประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจโดยอาศัยเทคโนโลยีสะอาดเพียงอย่างเดียว แต่ยังใช้เป็นฐานข้อมูลที่สำคัญของประเทศสำหรับการรายงานผลการดำเนินงานด้านเศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

บรรณานุกรม

กนกอร สีแสง. 2553. *คู่มือการประหยัดพลังงานภายในสำนักงาน* (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://home.kku.ac.th/praudit/info/handbook_energy.pdf (สืบค้นเมื่อ 6 มิถุนายน 2554)

กมลรัตน์ สุวรรณวัฒน์ และ มารียา พันหวัง. 2551. *การบำบัดน้ำเสียที่มีสีจากกระบวนการพิมพ์กล่องกระดาษด้วยกระบวนการเฟนตันและเมมเบรนเพื่อนำน้ำกลับมาใช้ใหม่.* โครงการวิจัยเทคโนโลยีสีเขียว. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2549. *การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศเพื่อการพัฒนาประสิทธิภาพเชิงเศรษฐนิเวศน์ในอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม.* กรมโรงงานอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2553. *ฝุ่นละอองและอากาศเสีย* (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www2.diw.go.th/I_Standard/Web/pane_files/Industry13.asp (สืบค้นเมื่อ11 มีนาคม 2553)

กรมควบคุมมลพิษ. 2553. *หลักการและวิธีการของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดในการป้องกันมลพิษ*. กรมควบคุมมลพิษ. กรุงเทพมหานคร.

กาญจนี ชูทอง และ จตุพร ดิสกุล. 2553. *การลดปริมาณน้ำเสียจากกระบวนการผลิต line 3 และ line 4*. โครงการปรับปรุงกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมด้วยเทคโนโลยีสะอาด ประจำปี 2553. คณะคณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

กิติกร จามรดุสิต และคณะ. 2550. *การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกลุ่มอุตสาหกรรมในเขตพื้นที่มาบตาพุดจังหวัดระยอง*. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพมหานคร.

ชาญชัย รังษี. 2547. *การถ่ายโอนความร้อนและมวลสารในการทอดผักและผลไม้ภายใต้สภาวะสุญญากาศ*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ณรงค์วัฒน์ บุญแก้ว และ นายอภิฤทธิ์ เพชรขวัญ 2554. *โครงการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานและสิ่งแวดล้อมในอุตสาหกรรมด้วยเทคโนโลยีสะอาดประจำปี 2554.* คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เตือนใจ ปียัง. 2554. *การประเมินการประยุกต์ใช้วิถีการจัดการสิ่งแวดล้อมในอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มดิบ; กรณีศึกษาภาคใต้ของประเทศไทย.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์. 2552. *ระบบสกัดน้ำมันปาล์มแบบใช้ไอน้ำ* (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.mtec.or.th/index.php?option=com_content&task=view&id=750&Itemid=36 (สืบค้นเมื่อ 25 เมษายน 2553)

ประการ วีรกุล. 2545. *สถานการณ์ปาล์มน้ำมัน.* รายงานการสัมมนาทางวิชาการปาล์มน้ำมัน. สำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคใต้. สงขลา. หน้า 176-197.

ประชาสรรณ์ แสนภักดี. 2553. *ผังก้างปลากับแผนภูมิความคิด* (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.prachasan.com/mindmapknowledge/fishbonemm.htm (สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2553)

ประเวศ วะสี. 2546. *รายงานการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประมวลสรุปความเคลื่อนไหว และแนวโน้มของประเทศไทย*. มติชนรายวัน, ปีที่ 26, ฉบับวันที่ 8 กันยายน พ.ศ. 2546.

พรชัย เหลืองอาภาพงษ์. 2542. *ปาล์มน้ำมัน.* ภาควิชาพืชศาสตร์, คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พรชัย เหลืองอาภาพงศ์. 2553. *กระบวนการจัดการปาล์มน้ำมันครบวงจรเพื่อพลังงานทดแทน* (ออนไลน์). สืบค้นจาก :http://www.kasetcity.com/worldag/view.asp?id=342 (สืบค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2553)

มนัส ชัยสวัสดิ์ และคณะ. 2551. *ความต้องการใช้น้ำมันปาล์มภายในประเทศ.* รายงานการสัมมนาทางวิชาการปาล์มน้ำมัน. สำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคใต้. สงขลา. หน้า 200-219.

วารี ช้วนรักธรรม. 2548. *Engineering Today* (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://teenet.tei.or.th/Knowledge/palmoil.html (สืบค้นเมื่อ 3 มิถุนายน 2553)

วีกิพีเดีย สารานุกรมเสรีไทย. 2554. *รายชื่อธาตุเคมีเรียงตามมวลอะตอม* (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://th.wikipedia.org/wiki/รายชื่อธาตุเคมีเรียงตามมวลอะตอม (สืบค้นเมื่อ 19 กันยายน 2554)

ศูนย์วิจัยพืชสวนสุราษฎร์ธานี. 2547. *โครงการวิจัยและพัฒนาพันธุ์ปาล์มน้ำมัน,* สถาบันพืชสวน. กรมวิชาการเกษตร. สุราษฎร์ธานี.

ศูนย์สถิติการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2551. *สถิติการเกษตรของประเทศไทย.* กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพมหานคร.

ศูนย์สารสนเทศโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2553. *สถานการณ์ปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์ม* (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.sdoae.doae.go.th/web/plam/52/2.pdf (สืบค้นเมื่อ 18 มิถุนายน 2554)

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2554. *สถานการณ์การผลิตปาล์มน้ำมัน.* (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.sdoae.doae.go.th/web/plam/53/1.pdf (สืบค้นเมื่อ 18 มิถุนายน 2554)

สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน. 2553. *การสกัดน้ำมันปาล์มโดยใช้กระบวนการทอดผลปาล์มภายใต้สภาพสุญญากาศ* (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.biodiesel.eng.psu.ac.th/factory.php (สืบค้นเมื่อ 18 มิถุนายน 2553)

สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์ และคณะ. 2543. *รายงานการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากปาล์มน้ำมันในจังหวัดสุราษธานีและจังหวัดกระบี่*. สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค 11.

สำนักงานส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร กรมการค้าภายใน. 2554. ข้อมูลโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบจังหวัดกระบี่ (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.dig.go.th/krabi/contented.asp?depid=54&catid=140&id=9347 (สืบค้นเมื่อ 18 มิถุนายน 2553)

สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้. 2554. สถานการณ์การผลิตน้ำมันปาล์มในภาคใต้ (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.arda.or.th/kasetinfo/south/plam/trends/01-03-php (สืบค้นเมื่อ 25 เมษายน 2554)

Anite Systems. 1999. Eco-efficiency Indicators Project. *A first set of eco-efficiency indicators for indicators for industry: Pilot study, Final Report 13 December 1999.* Commissioned by the European Commission: Eurostat and DG Enterprise. 13 rue Robert Stumper J2557 Luxembourg.

Breedveld, L., Timellini, G., Casoni, G., Fregni, Alberto. And Busani, G. 2007. *Eco-efficiency of Fabric Filters in The Italian Ceramic Tile Industry*. Journal of Cleaner Production. 15: 86-93.

Charmondusit, K. and Keartpakpraek, K. 2008. *Eco-efficiency evaluation of the petroleum and petrochemical group in the Map Ta Phut industrial estate*. paper presented in The International Conference on Environmental Research and Technology (ICERT08). 28-30 May 2008, Penang, Malaysia.

Chuchuoy, K., Paengjuntuek, W., Usubharatana, P. and Phungrassami, H. 2009. *Preliminary study of Thailand carbon reductionlabel: acase study of crude oil production.* European Journal of Scientific Research 2:252-259.

Cote, R., Booth, A. and Louis, B. 2006. *Eco-efficiency and SMEs in Nova Scotia, Canada.* Journal of Cleaner Production. 14: 542-550.

CPEE. 2000. *Cleaner Production and Eco-efficiency.* Available from: http://www. Wbcsd.org/DocRoot/R2R1IIWwjO2GL1AjpiLU/cleanereco.pdf. accessed in WBCSD website in May 2010.

Dechpong K. 2008. *Eco-efficiency Assessment as a Support tool for Cleaner Technology: Case Study of the Canned Pineapple Industry in Thailand.* Thesis of Master of Science, Industrial Ecology and Environment Faculty of Graduate Studies, Mahidol University.

DIW. 2004. *Department of Industrial Work (Thailand)*. Available from: http://php.diw.go.th/ctu/download/CTPolicy(EnglishVersion).pdf. accessed in DIW website in June 2004.

IPCC. 1996. *Intergovernmental Panel on Climate Change*. Guidelines for national greenhouse gas inventories. Reference manual. Workbook and reporting instructions; 1996b. Available from: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/. accessed the website in September 2009.

Kharel, G. P. and Charmondusit, K. 2008. *Eco-efficiency Evaluation of Iron Rod Industry, Nepal.* Journal of Cleaner Production. 16: 1379-1387.

Leo, B., Giorgio, T., Giorgio, C., Alberto, F. and Graziano, B. 2005. *Ecoefficiency of fabric filters in the Italian ceramic tile industry.* Journal of Cleaner Production. 2005; pp.1-8.

Maxime, D., Marcotte, M. and Arcand, Y. 2006. *Development of Eco-efficiency Indicators for The Canadian Food and Beverage Industry.* Journal of Cleaner Production. 14: 636-648.

Potter, S., Kicherer, A., Dittrich, B., Wittlinger, R., Zombik, W., Schmidt, I., Schrott, W. and Schmidt, S. 2002. *Eco-efficiency Analysis by BASF: The Method.* Available from: http://dx.doi.org/10.1065/lca20012.06.083.1. accessed the website in February 2009.

Shaha, A.K. 2004. *Combustion Engineering and Fuel Technology.* Available from: http://www.energyefficiencyasia.org/docs/ee_modules/thai/Chapter%20-%20Fuels%20and%20combustion%20(Thai).pdf. accessed in energyefficiencyasia website in Mar 2004.

Ta Yeong Wu, Abdul Wahab Mohammad, Jamaliah Md. Jahim, Nurina Anuar. 2009. *A holistic approach to managing palm oil mill effluent (POME): Biotechnological advances in the sustainable reuse of POME.* Journal of Biotechnology Advances. 27: 40-52.

Thant, M. M. and Charmondusit, K. 2009. *Eco-efficiency assessment of pulp and paper industry in Myanmar*. Clean Technologies and Environmental Policy 2009.

Toshiba Co., Ltd. *Obtained through the Internet*. Available from: http://www.toshiba.co.jp/env/en/industry/index.htm. accessed the website in February 2009.

UA Department of Energy (US DOE). 2004. Waste Heat reduction & Recovery for Improving Furnace efficiency, Productivity & Emissions Performance. Available from: http://www.energyefficiencyasia.org/docs/ee_modules/thai/Chapter%20-%20Furnaces%20and%20Refractories%20(Thai).pdf. accessed in energyefficiencyasia website in Mar 2004.

UNEP. 1989. United Nations Environment Programme. Cleaner Production and Eco-efficiency. *Complementary approaches to sustainable development.* Proceedings of the UNEP's Fifth International High Level Seminar on Cleaner Production, Phoenix Park, Republic of Korea, Sep-Oct. 28-1.

WBCSD. 2000a. *Measuring Eco-efficiency a Guide to Reporting Company Performance*. World Business Council for Sustainable Development. Geneva.

WBCSD. 2000b. World Business Council for Sustainable Development. *Eco-efficiency: Creating more value with less impact.* Geneva.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การคำนวณค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

1. ดัชนีชี้วัดทางด้านเศรษฐกิจ

ดัชนีชี้วัดทางเศรษฐกิจสำหรับงานวิจัยนี้ ใช้ปริมาณกำไรสุทธิ (กิติกร จามรดุสิต และคณะ, 2550) ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

กำไรสุทธิ (บาท/ปี) = รายได้ – รายจ่าย

รายได้ของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบทั้ง 3 แบบ คือ รายได้จากการขายน้ำมันปาล์ม รายได้จากการขายกากปาล์ม และรายได้อื่นๆ

รายจ่าย คือ รายจ่ายจากการซื้อผลปาล์ม รายจ่ายจากการซื้อไม้ฟืน รายจ่ายจากการจ่ายค่าไฟฟ้า และรายจ่ายอื่นๆ

การเลือกดัชนีชี้วัดด้านเศรษฐกิจในการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจได้จากการทบทวนเอกสาร พบว่า กำไรสุทธิจากกระบวนการผลิตมีความผันผวนน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับราคาขาย หรือยอดขาย ซึ่งแปรผันตรงกับวัตถุดิบโดยตรง ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกกำไรสุทธิเป็นดัชนีชี้วัดด้านเศรษฐกิจ

2. ดัชนีชี้วัดทางด้านสิ่งแวดล้อม

ดัชนีชี้วัดทางสิ่งแวดล้อมสำหรับงานวิจัยนี้ ใช้ปริมาณการใช้วัตถุดิบ (ตัน/ปี) ปริมาณการใช้พลังงาน (จิกะจูล/ปี) ปริมาณวัสดุเศษเหลือจากการผลิต (ตัน/ปี) และปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์/ปี) (Kharel G. *et al*, 2008)

ปริมาณการใช้วัตถุดิบของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบทั้ง 3 แบบ คือ ปริมาณการใช้ผลปาล์ม และปริมาณการใช้ไม้ฟืน

ปริมาณการใช้พลังงานของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบทั้ง 3 แบบ คือ พลังงานความร้อนจากไม้ฟืน และพลังงานไฟฟ้าจากการใช้เครื่องจักรในการบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

ปริมาณวัสดุเศษเหลือที่เกิดขึ้นของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบทั้ง 3 แบบ คือ ขั้วใบ เส้นใยปาล์ม และขยะเศษช่อดอก กากปาล์ม

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 ของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบทั้ง 3 แบบ ซึ่งเป็นแบบไม่ใช้ไอน้ำ ได้จากการทบทวนเอกสาร พบว่า การผลิตน้ำมันปาล์มดิบ 1 ตัน เกิดก๊าซ CO_2 1.01 ตันของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Chuchuoy K *et al*, 2008) ซึ่งการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 จากการทบทวนเอกสารดังกล่าว มาจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้า และการใช้ไม้ฟืนซึ่งเป็นไม้เชื้อเพลิงในการผลิต ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำผลการศึกษาดังกล่าวมาใช้แทนค่าตัวคูณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Emission Factor)

การเลือกดัชนีชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อมในการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจได้จากการทบทวนเอกสาร และประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบแบบไม่ใช้ไอน้ำทั้ง 3 แบบ พบว่า แบบอบแห้ง แบบทอดในสภาวะสุญญากาศ และแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ มีดัชนีชี้วัดทางด้านสิ่งแวดล้อม

ร่วมกัน คือ ปริมาณการใช้วัตถุดิบ ได้แก่ ผลปาล์ม และไม้ฟืน ปริมาณการใช้พลังงาน ได้แก่ พลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อน ปริมาณวัสดุเศษเหลือจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ ได้แก่ ขยะและเศษช่อดอก กากปาล์มแห้ง กากปาล์มเปียก และปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกดัชนีชี้วัดทั้ง 4 ฟังก์ชั่น ข้างต้นมาใช้สำหรับการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

3. ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

$$\text{ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ} = \frac{\text{ดัชนีชี้วัดทางด้านเศรษฐกิจ}}{\text{ดัชนีชี้วัดทางด้านสิ่งแวดล้อม}}$$

ภาคผนวก ข

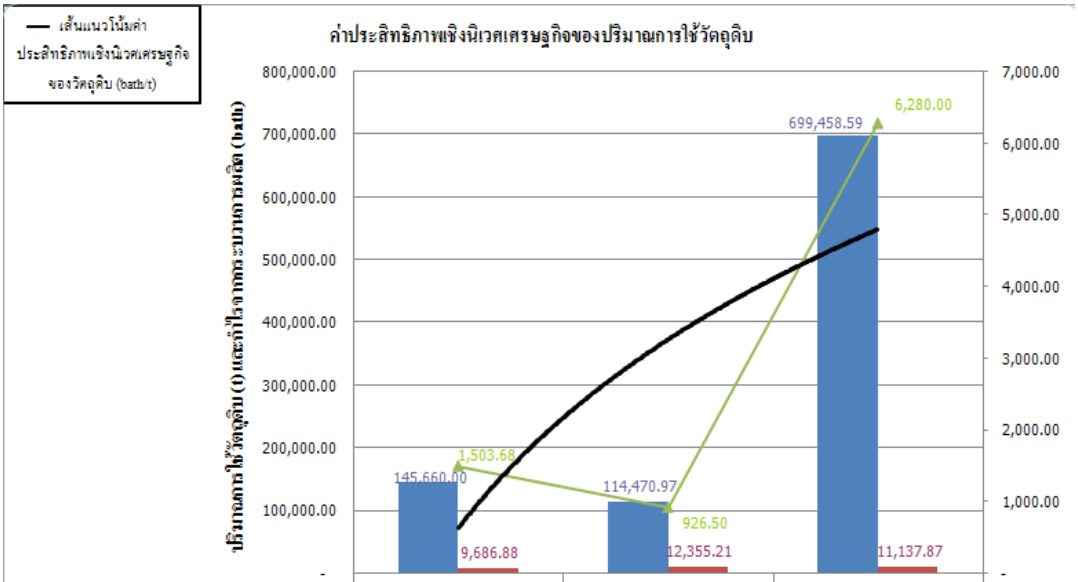
แนวโน้มของค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

1. แนวโน้มของค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ด้วยกราฟธรรมดา

ประสิทธิภาพของเครื่องมือ ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency) จะแสดงให้เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจว่าเปลี่ยนไปในทิศทางใด ซึ่งแสดงให้เห็นในลักษณะของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ สามารถนำประเด็นปัญหาจากผลกระทบเหล่านั้นไปปรับปรุง และเสนอแนวทางแก้ไข

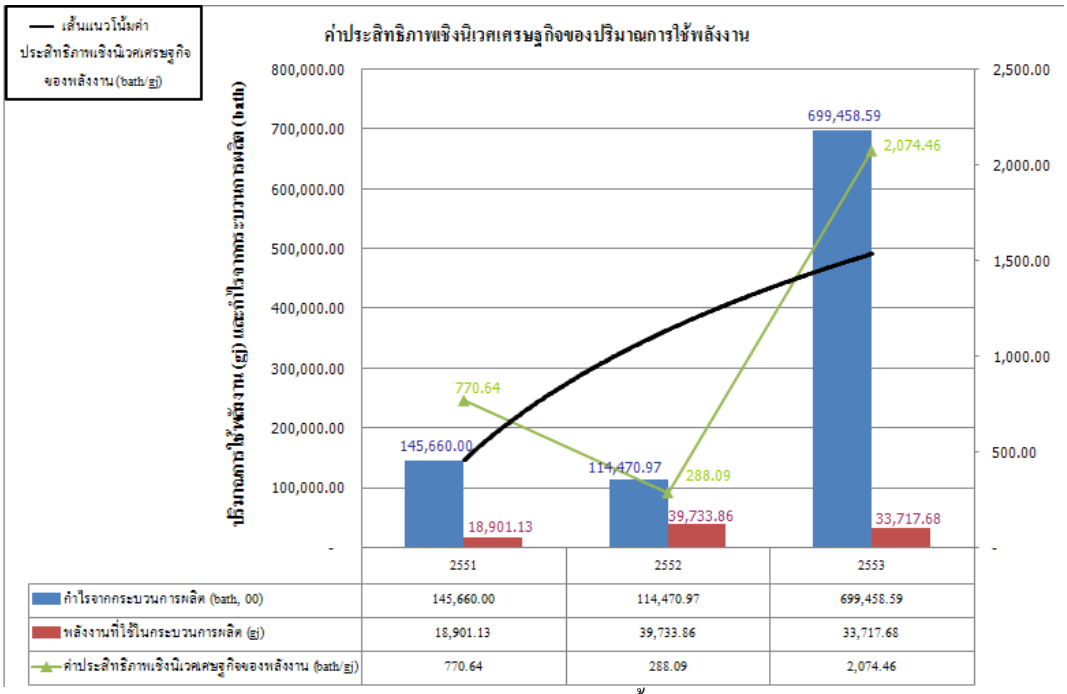
1.1 แนวโน้มค่าประสิทธิของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง

1.1.1 ปริมาณการใช้วัตถุดิบ



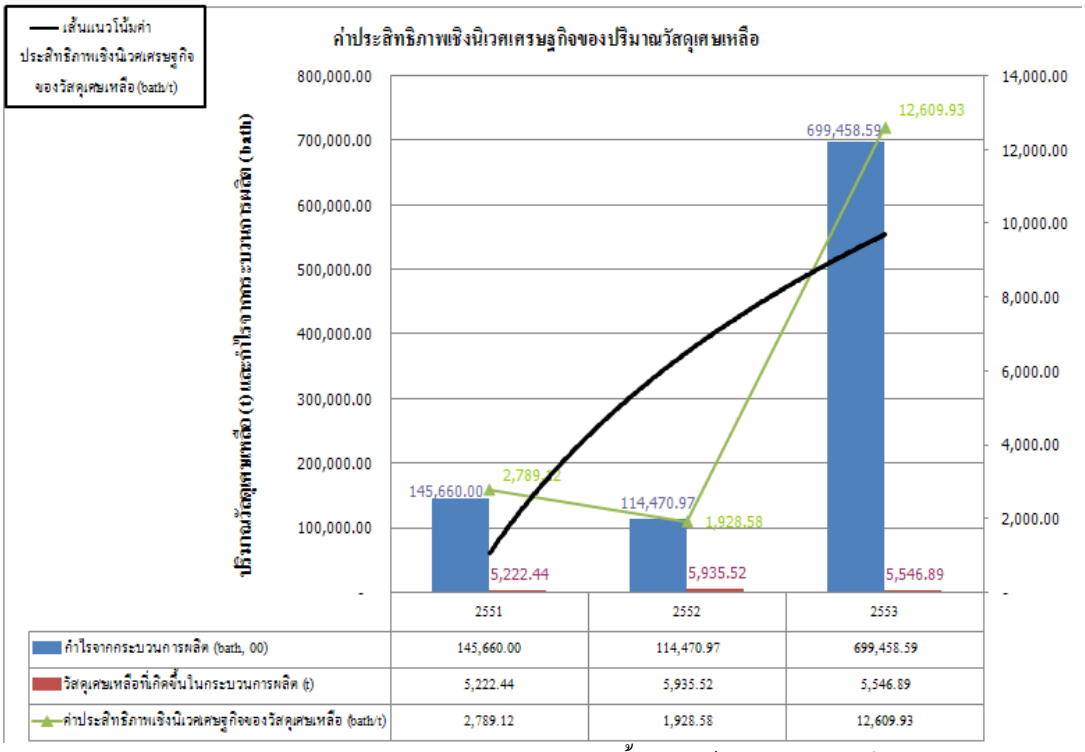
ภาพภาคผนวก ข-1 ปริมาณการใช้วัตถุดิบของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง

1.1.2 ปริมาณการใช้พลังงาน



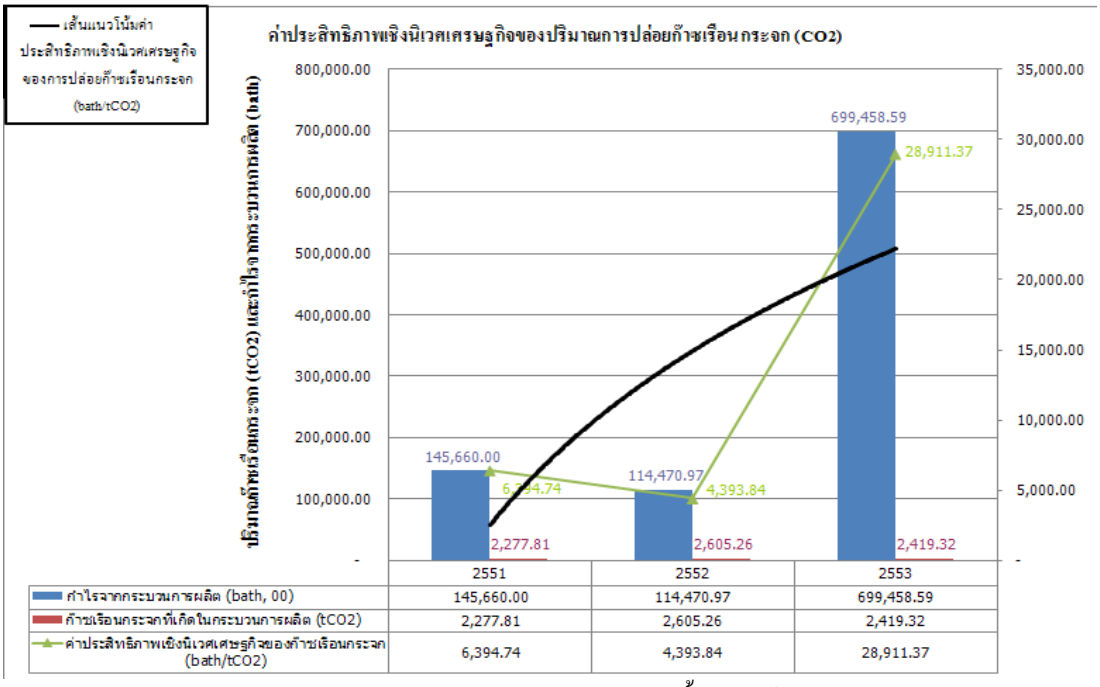
ภาพภาคผนวก ข-2 ปริมาณการใช้พลังงานของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง

1.1.3 ปริมาณวัสดุเศษเหลือ



ภาพภาคผนวก ข-3 ปริมาณวัสดุเศษเหลือของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง

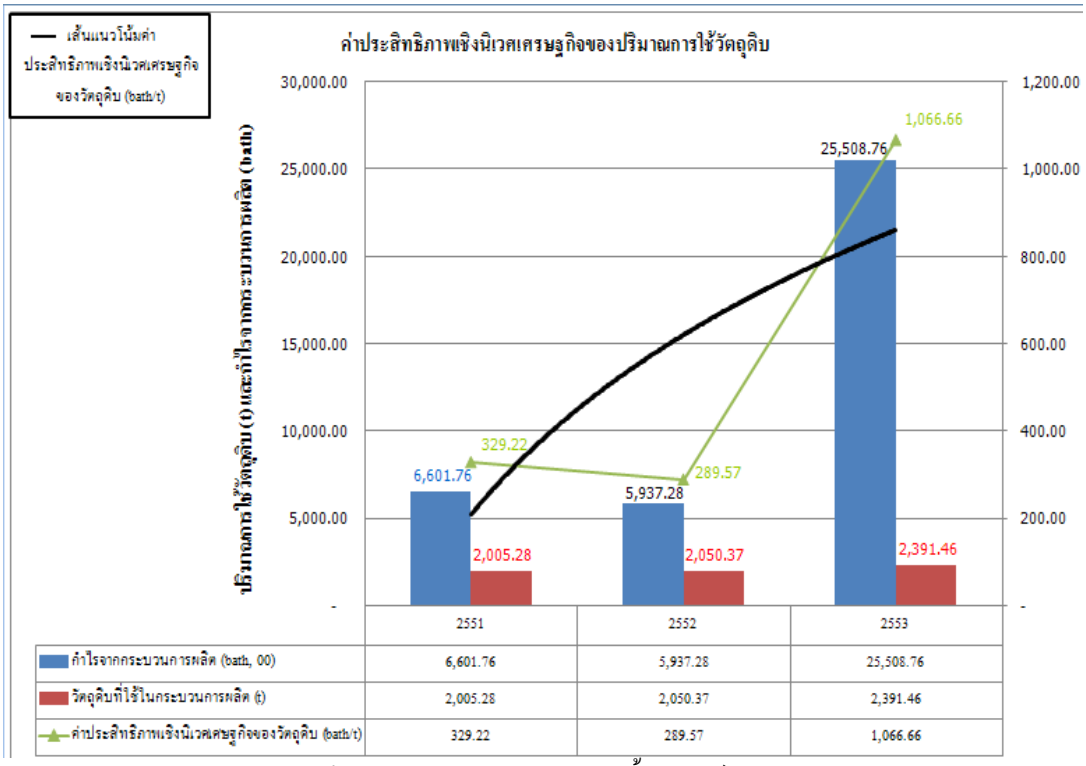
1.1.4 ปริมาณการปลดปล่อย CO_2



ภาพภาคผนวก ข-4 ปริมาณการปลดปล่อย CO_2ของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง

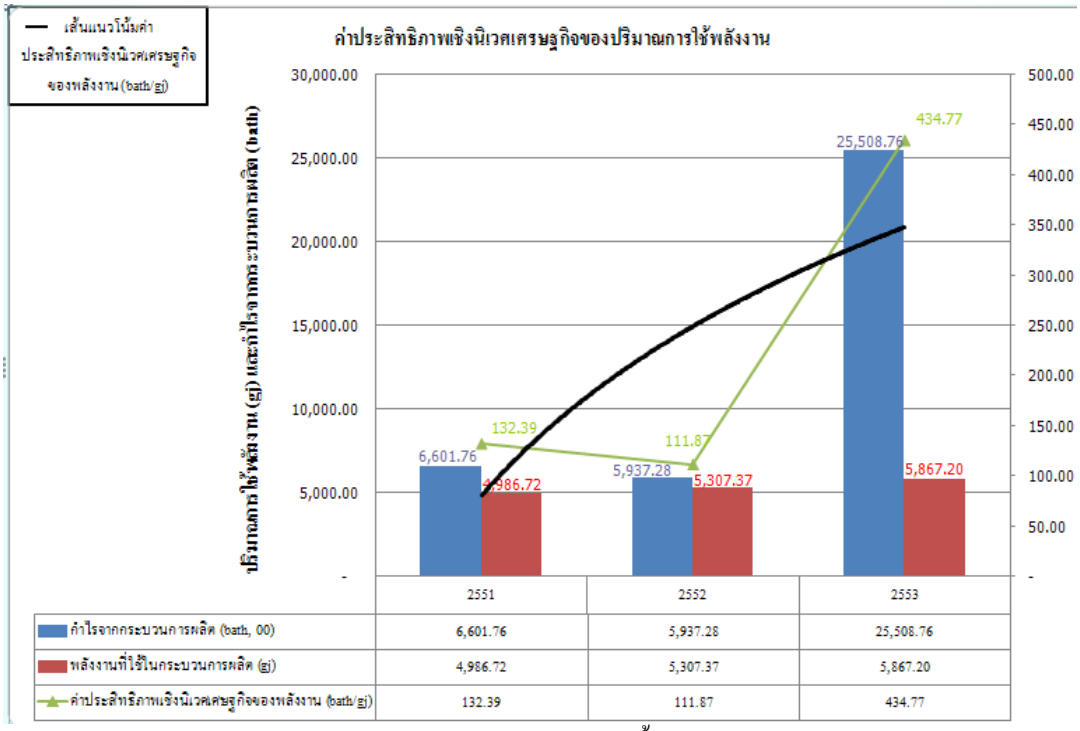
1.2 แนวโน้มค่าประสิทธิของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ

1.1.1 ปริมาณการใช้วัตถุดิบ



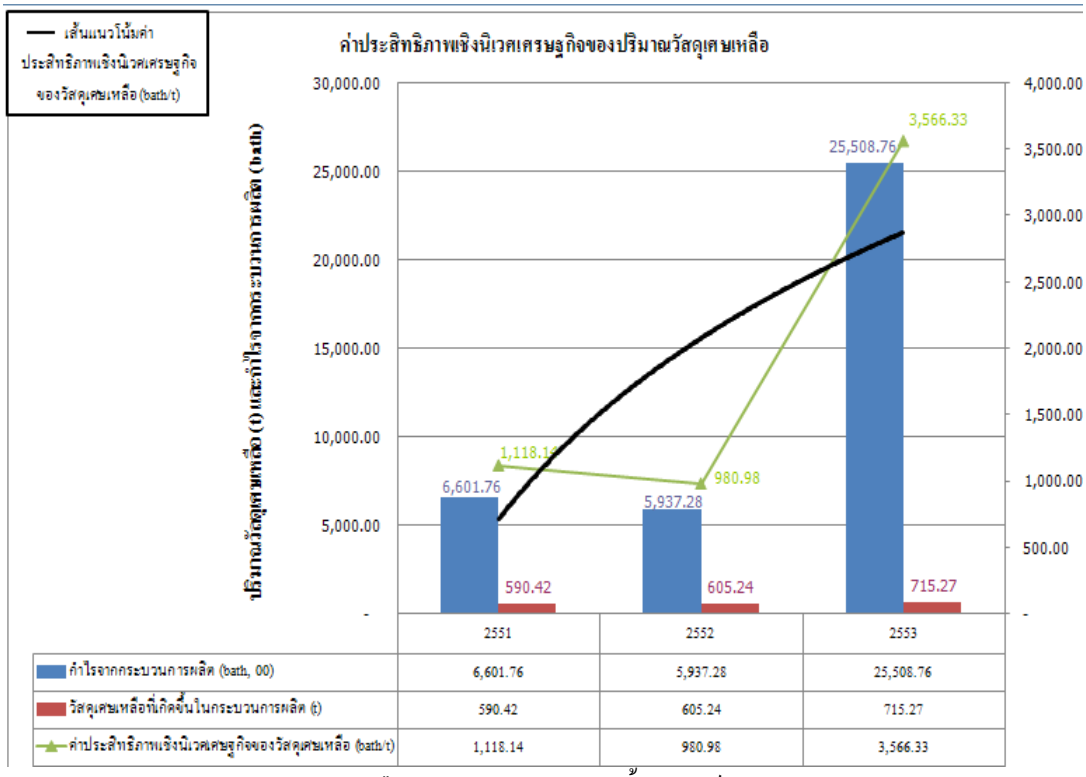
ภาพภาคผนวก ข-5 ปริมาณการใช้วัตถุดิบของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ

1.1.2 ปริมาณการใช้พลังงาน



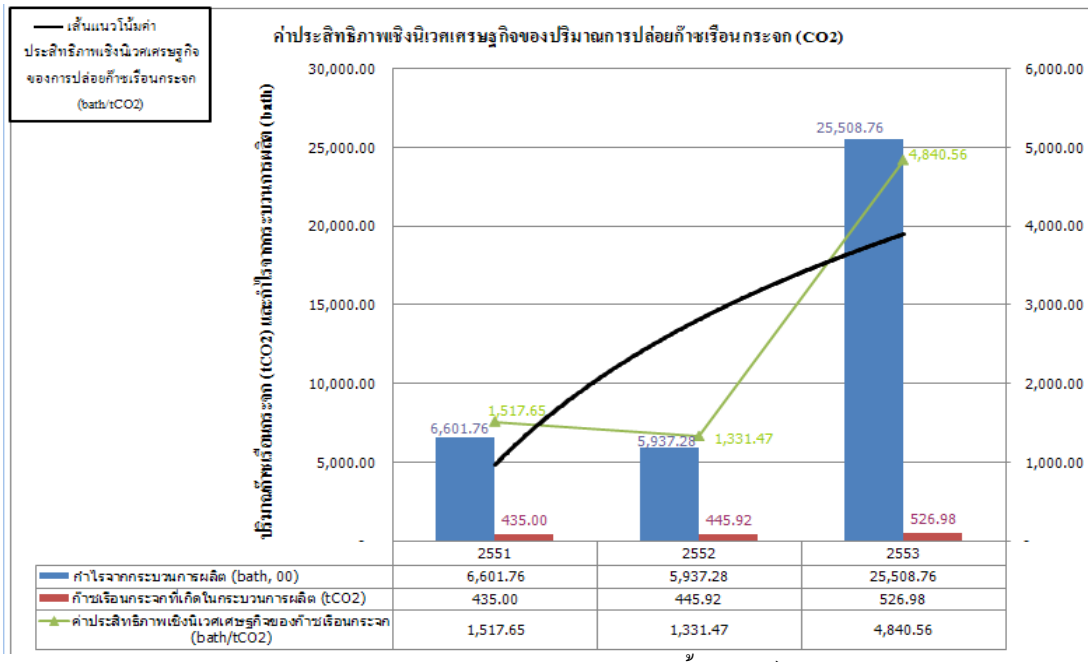
ภาพภาคผนวก ข-6 ปริมาณการใช้พลังงานของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ

1.1.3 ปริมาณวัสดุเศษเหลือ



ภาพภาคผนวก ข-7 ปริมาณวัสดุเศษเหลือของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ

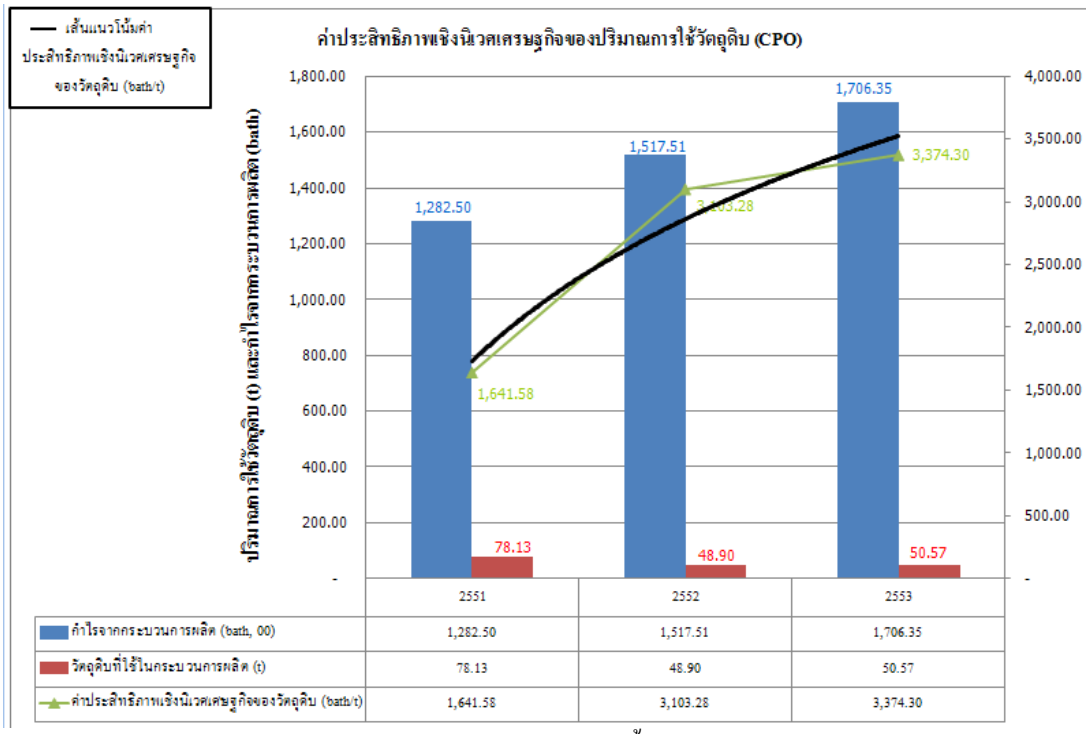
1.1.4 ปริมาณการปลดปล่อย CO_2



ภาพภาคผนวก ข-8 ปริมาณการปลดปล่อย CO_2ของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ

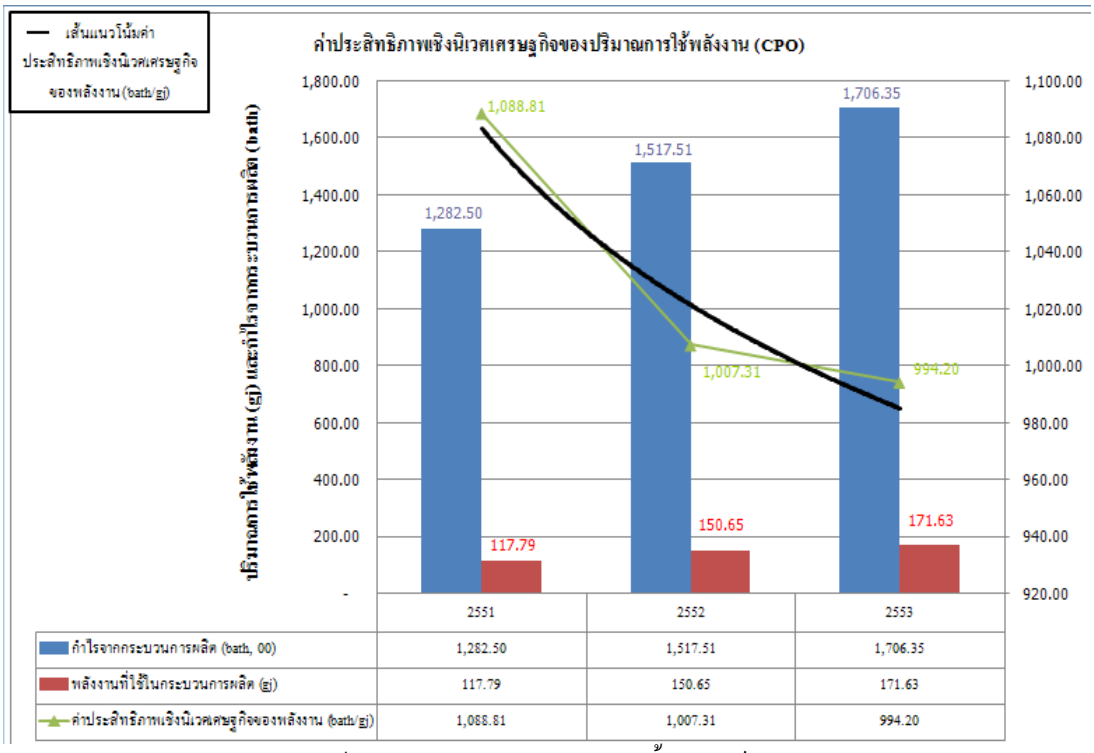
1.3 แนวโน้มค่าประสิทธิของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ

1.1.1 ปริมาณการใช้วัตถุดิบ



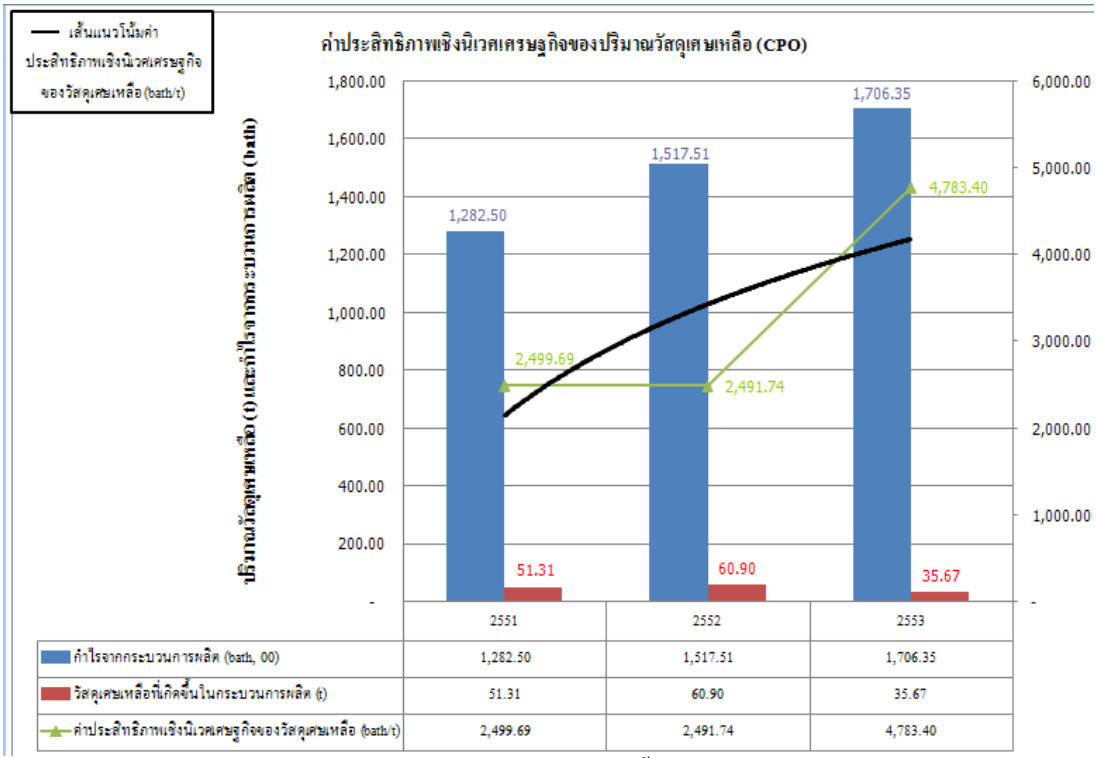
ภาพภาคผนวก ข-9 ปริมาณการใช้วัตถุดิบของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ

1.1.2 ปริมาณการใช้พลังงาน



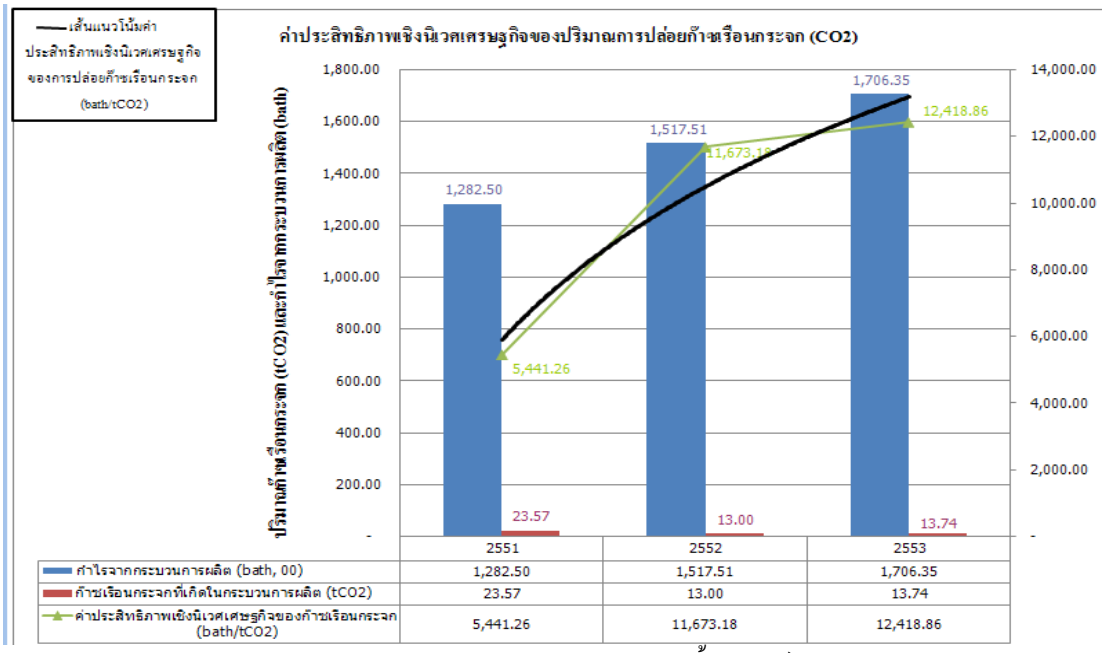
ภาพภาคผนวก ข-10 ปริมาณการใช้พลังงานของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ

1.1.3 ปริมาณวัสดุเศษเหลือ



ภาพภาคผนวก ข-11 ปริมาณวัสดุเศษเหลือของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ

1.1.4 ปริมาณการปลดปล่อย CO_2



ภาพภาคผนวก ข-12 ปริมาณการปลดปล่อย CO_2ของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ

2. แนวโน้มของค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ด้วยกราฟ Snapshot

เนื่องจากการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจด้วยแผนภาพข้างต้น ยังไม่สามารถเห็นแนวโน้มค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในภาพรวมของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแต่ละแบบได้ว่าอยู่ในระดับใด ซึ่งจากทบทวนเอกสาร พบว่ากลุ่ม Anite System ประเทศลักเซมเบิร์ก (Anite Systems, 1999) มีการประยุกต์ใช้กราฟ Snapshot เพื่อใช้อ่านข้อมูลของแนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ โดยแกน y คือ ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของดัชนีชี้วัดด้านเศรษฐกิจ ได้แก่ ปริมาณกำไรสุทธิ ส่วนแกน x คือร้อยละการเปลี่ยนแปลงของดัชนีชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ปริมาณการใช้วัตถุดิบ ปริมาณการใช้พลังงาน ปริมาณวัสดุเศษเหลือ และปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แสดงดังตารางต่อไปนี้

2.1 ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง

ตารางภาคผนวก ข-1 ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง

รายการ	2551	2552	2553
กำไรสุทธิจากกระบวนการผลิต (บาทต่อปี)	14,565,999.62	11,447,096.63	69,945,859.43
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของกำไรจากกระบวนการผลิต	-	(2551-2552)	(2551-2553)
		-21%	**380%**
ปริมาณการใช้วัตถุดิบ (ตัน)	9,686.88	12,355.21	11,137.87
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการใช้วัตถุดิบ	-	(2551-2552)	(2551-2553)
		28%	**15%**
ปริมาณการใช้พลังงาน (จิกะจูล)	18,901.13	39,733.86	33,717.68
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการใช้พลังงาน	-	(2551-2552)	(2551-2553)
		110%	**78%**
ปริมาณวัสดุเศษเหลือ (ตัน)	5,222.44	5,935.52	5,546.89
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวัสดุเศษเหลือ	-	(2551-2552)	(2551-2553)
		14%	**6%**
ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ตันคาร์บอนไดออกไซด์)	2,277.81	2,605.26	2,419.32
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	-	(2551-2552)	(2551-2553)
		14%	**6%**

2.2 ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ

ตารางภาคผนวก ข-2 ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ

รายการ	2551	2552	2553
กำไรสุทธิจากกระบวนการผลิต (บาทต่อปี)	660,176.38	593,728.10	2,550,876.12
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของกำไรจากกระบวนการผลิต	-	(2551-2552)	(2551-2553)
		-10%	**286%**
ปริมาณการใช้วัตถุดิบ (ตัน)	2,005.28	2,050.37	2,391.46
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการใช้วัตถุดิบ	-	(2551-2552)	(2551-2553)
		2%	**19%**
ปริมาณการใช้พลังงาน (จิกะจูล)	4,986.72	5,307.37	5,867.20
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการใช้พลังงาน	-	(2551-2552)	(2551-2553)
		6%	**18%**
ปริมาณวัสดุเศษเหลือ (ตัน)	590.42	605.24	715.27
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวัสดุเศษเหลือ	-	(2551-2552)	(2551-2553)
		3%	**21%**
ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ตันคาร์บอนไดออกไซด์)	435.00	445.92	526.98
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	-	(2551-2552)	(2551-2553)
		3%	**21%**

2.3 ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ

ตารางภาคผนวก ข-3 ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ

รายการ	2551	2552	2553
กำไรสุทธิจากกระบวนการผลิต (บาทต่อปี)	128,250.40	151,751.30	170,635.19
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของกำไรจากกระบวนการผลิต	-	(2551-2552)	(2551-2553)
		18%	**33%**
ปริมาณการใช้วัตถุดิบ (ตัน)	78.13	48.90	50.57
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการใช้วัตถุดิบ	-	(2551-2552)	(2551-2553)
		-37%	**-35%**
ปริมาณการใช้พลังงาน (จิกะจูล)	117.79	150.65	171.63
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการใช้พลังงาน	-	(2551-2552)	(2551-2553)
		28%	**46%**
ปริมาณวัสดุเศษเหลือ (ตัน)	51.31	60.90	35.67
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวัสดุเศษเหลือ	-	(2551-2552)	(2551-2553)
		19%	**-30%**
ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ตันคาร์บอนไดออกไซด์)	23.57	13.00	13.74
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	-	(2551-2552)	(2551-2553)
		-45%	**-42%**

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์แนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (โดยคิดเทียบกับปี พ.ศ. 2551)

ตารางภาคผนวก ค-1 การวิเคราะห์แนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (โดยคิดเทียบกับปี พ.ศ. 2551)

ดัชนีชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อม		ปริมาณการใช้วัตถุดิบ	ปริมาณการใช้พลังงาน	ปริมาณวัสดุเศษเหลือ	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO_2
กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ	ปี พ.ศ.				
แบบอบแห้ง	2552	--	--	--	--
	2553	+	+	+	+
แบบทอดในสภาวะสุญญากาศ	2552	--	--	--	--
	2553	+	+	+	+
แบบทอดในสภาวะบรรยากาศ	2552	++	-	-	++
	2553	++	-	++	++

++ Fully Eco-Efficiency

+ Half Eco-Efficiency

-- Fully Non-Eco-Efficiency

- Half Non-Eco-Efficiency

ภาคผนวก ง

การตรวจประเมินอย่างละเอียด

การเก็บข้อมูลเพื่อจัดทำสมดุลมวลสารของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง

ตารางภาคผนวก ง-1 ปริมาณการใช้ไม้ฟืนของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง

พื้นที่การใช้ไม้ฟืน	หน่วย	ปริมาณการใช้ไม้ฟืน (กิโลกรัม/เดือน)					
		สิงหาคม 2553	กันยายน 2553	ตุลาคม 2553	พฤศจิกายน 2553	ธันวาคม 2553	ค่าเฉลี่ย
เตาเผาไม้ฟืนใช้อบผลปาล์ม No. 1	กก./เดือน	32,620.50	107,420.40	99,777.15	47,202.30	3,879.00	
	กก./หน่วยการผลิต	0.1052	0.5002	0.4668	0.2854	0.0358	0.279
เตาเผาไม้ฟืนใช้อบผลปาล์ม No. 2	กก./เดือน	18,122.50	59,678.00	55,431.75	26,223.50	2,155.00	
	กก./หน่วยการผลิต	0.0584	0.2779	0.2593	0.1585	0.0199	0.155
เตาเผาไม้ฟืนใช้ต้มน้ำมันปาล์ม No. 1	กก./เดือน	21,747.00	71,613.60	66,518.10	31,468.20	2,586.00	
	กก./หน่วยการผลิต	0.0701	0.3335	0.3112	0.1902	0.0239	0.186

ตารางภาคผนวก ง-2 ปริมาณการเกิด CO_2 ของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง

พื้นที่การใช้ไม้ฟืน	หน่วย	ปริมาณการเกิด CO_2 (ตันของคาร์บอนไดออกไซด์/เดือน)					
		สิงหาคม 2553	กันยายน 2553	ตุลาคม 2553	พฤศจิกายน 2553	ธันวาคม 2553	ค่าเฉลี่ย
เตาเผาไม้ฟืนทั้งหมด	กก.CO_2/เดือน	313,209.16	216,904.02	215,895.14	167,063.11	109,441.95	
	กก./หน่วยการผลิต	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01

ตารางภาคผนวก ง-3 ปริมาณการเกิดขี้เถ้าของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง

พื้นที่การใช้ไม้ฟืน	หน่วย	ปริมาณการเกิดขี้เถ้า (กิโลกรัม/เดือน)					
		สิงหาคม 2553	กันยายน 2553	ตุลาคม 2553	พฤศจิกายน 2553	ธันวาคม 2553	ค่าเฉลี่ย
เตาเผาไม้ฟืนทั้งหมด	กก./เดือน	54,367.50	179,034.00	166,295.25	78,670.50	6,465.00	
	กก./หน่วยการผลิต	0.1753	0.8337	0.7780	0.4756	0.0597	0.464

การเก็บข้อมูลเพื่อจัดทำสมดุลมวลสารของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ

ตารางภาคผนวก ง-4 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ

พื้นที่การใช้ไฟฟ้า	หน่วย	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์/เดือน)				
		สิงหาคม 2553	กันยายน 2553	ตุลาคม 2553	พฤศจิกายน 2553	ค่าเฉลี่ย
เครื่องแยกผลปาล์ม	กิโลวัตต์/ชั่วโมง	481.03	503.03	487.92	479.52	
	กิโลวัตต์/หน่วยการผลิต	0.0109	0.0101	0.0110	0.0124	0.011
สายพานโซ่ลำเลียง	กิโลวัตต์/ชั่วโมง	160.44	167.78	162.74	159.94	
	กิโลวัตต์/หน่วยการผลิต	0.0036	0.0034	0.0037	0.0041	0.004
สายพานยางลำเลียง	กิโลวัตต์/ชั่วโมง	42.69	44.64	43.30	42.55	
	กิโลวัตต์/หน่วยการผลิต	0.0010	0.0009	0.0010	0.0011	0.001
เครื่องแยกสิ่งสกปรก	กิโลวัตต์/ชั่วโมง	149.55	156.39	151.69	149.08	
	กิโลวัตต์/หน่วยการผลิต	0.0034	0.0031	0.0034	0.0039	0.003
เตาต้มน้ำมันเทอร์มัล (ปั๊มน้ำมัน)	กิโลวัตต์/ชั่วโมง	1068.65	1117.51	1083.94	1065.29	
	กิโลวัตต์/หน่วยการผลิต	0.0242	0.0224	0.0245	0.0275	0.025
หม้อทอดสุญญากาศ (เกลียวลำเลียง)	กิโลวัตต์/ชั่วโมง	427.46	447.00	433.58	426.12	
	กิโลวัตต์/หน่วยการผลิต	0.0097	0.0089	0.0098	0.0110	0.010
ถังแลกเปลี่ยนความร้อน (ปั๊มน้ำมัน)	กิโลวัตต์/ชั่วโมง	641.19	670.50	650.36	639.17	
	กิโลวัตต์/หน่วยการผลิต	0.0145	0.0134	0.0147	0.0165	0.015

ตารางภาคผนวก ง-4 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ (ต่อ)

พื้นที่การใช้ไฟฟ้า	หน่วย	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์/เดือน)				
		สิงหาคม 2553	กันยายน 2553	ตุลาคม 2553	พฤศจิกายน 2553	ค่าเฉลี่ย
ปั๊มน้ำสุญญากาศ	กิโลวัตต์/ชั่วโมง	427.46	447.00	433.58	426.12	
	กิโลวัตต์/หน่วยการผลิต	0.0097	0.0089	0.0098	0.0110	0.010
ปั๊มน้ำหอผึ่งเย็น	กิโลวัตต์/ชั่วโมง	106.86	111.75	108.39	106.53	
	กิโลวัตต์/หน่วยการผลิต	0.0024	0.0022	0.0024	0.0028	0.002
เครื่องหีบเพลาคู่	กิโลวัตต์/ชั่วโมง	961.78	1005.76	975.54	958.76	
	กิโลวัตต์/หน่วยการผลิต	0.0218	0.0201	0.0220	0.0248	0.022
ตะแกรงสั่น	กิโลวัตต์/ชั่วโมง	128.35	134.22	130.19	127.95	
	กิโลวัตต์/หน่วยการผลิต	0.0029	0.0027	0.0029	0.0033	0.003
รางตีกระจายอบแห้ง	กิโลวัตต์/ชั่วโมง	213.73	223.50	216.79	213.06	
	กิโลวัตต์/หน่วยการผลิต	0.0048	0.0045	0.0049	0.0055	0.005
เครื่องตีละเอียด	กิโลวัตต์/ชั่วโมง	641.19	670.50	650.36	639.17	
	กิโลวัตต์/หน่วยการผลิต	0.0145	0.0134	0.0147	0.0165	0.015
รางอบแห้ง	กิโลวัตต์/ชั่วโมง	160.44	167.78	162.74	159.94	
	กิโลวัตต์/หน่วยการผลิต	0.0036	0.0034	0.0037	0.0041	0.004
ถังพักน้ำมัน (มีใบกวน)	กิโลวัตต์/ชั่วโมง	106.86	111.75	108.39	106.53	
	กิโลวัตต์/หน่วยการผลิต	0.0024	0.0022	0.0024	0.0028	0.002

ตารางภาคผนวก ง-4 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ (ต่อ)

พื้นที่การใช้ไฟฟ้า	หน่วย	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์/เดือน)				
		สิงหาคม 2553	กันยายน 2553	ตุลาคม 2553	พฤศจิกายน 2553	ค่าเฉลี่ย
ถังไล่ความชื้น	กิโลวัตต์/ชั่วโมง	42.69	44.64	43.30	42.55	
	กิโลวัตต์/หน่วยการผลิต	0.0010	0.0009	0.0010	0.0011	0.001
รางเกลียวลำเลียง	กิโลวัตต์/ชั่วโมง	1197.00	1251.73	1214.13	1193.24	
	กิโลวัตต์/หน่วยการผลิต	0.0271	0.0250	0.0274	0.0308	0.028
ปั๊มน้ำมันปาล์ม	กิโลวัตต์/ชั่วโมง	1267.75	1330.29	1287.32	1263.45	
	กิโลวัตต์/หน่วยการผลิต	0.0310	0.0286	0.0313	0.0352	0.032
ปั๊มลมไล่น้ำมันจากกรอง	กิโลวัตต์/ชั่วโมง	160.44	167.78	162.74	159.94	
	กิโลวัตต์/หน่วยการผลิต	0.0036	0.0034	0.0037	0.0041	0.004
ถังดีกรัมและถังอบแห้ง	กิโลวัตต์/ชั่วโมง	128.35	134.22	130.19	127.95	
	กิโลวัตต์/หน่วยการผลิต	0.0029	0.0027	0.0029	0.0033	0.003

การเก็บข้อมูลเพื่อจัดทำสมดุลมวลสารของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ

ตารางภาคผนวก ง-5 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ

พื้นที่การใช้ไฟฟ้า	หน่วย	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์/เดือน)					
		สิงหาคม 2553	กันยายน 2553	ตุลาคม 2553	พฤศจิกายน 2553	ธันวาคม 2553	ค่าเฉลี่ย
เครื่องแยกผลปาล์ม	กิโลวัตต์/ชั่วโมง	171.00	165.50	169.00	176.32	170.08	
	กิโลวัตต์/หน่วยการผลิต	0.1072	0.2479	0.2515	0.1646	0.2568	0.206
เครื่องทำความสะอาดลูกปาล์ม	กิโลวัตต์/ชั่วโมง	260.40	251.00	253.35	255.41	250.00	
	กิโลวัตต์/หน่วยการผลิต	0.1633	0.3760	0.3771	0.2385	0.3774	0.306
เครื่องหีบเพลาเดี่ยว	กิโลวัตต์/ชั่วโมง	1980.23	1854.00	2001.60	2247.00	2102.03	
	กิโลวัตต์/หน่วยการผลิต	1.2420	2.7772	2.9791	2.0979	3.1734	2.454
ตะแกรงสั่น	กิโลวัตต์/ชั่วโมง	328.25	315.20	297.70	302.00	320.54	
	กิโลวัตต์/หน่วยการผลิต	0.2059	0.4722	0.4431	0.2820	0.4839	0.377
เครื่องกรองด้วยผ้าอัดหลายชั้น	กิโลวัตต์/ชั่วโมง	684.40	665.35	671.38	680.00	692.17	
	กิโลวัตต์/หน่วยการผลิต	0.4292	0.9967	0.9992	0.6349	1.0449	0.821
ปั๊มน้ำมันปาล์มดิบลงถังเก็บ	กิโลวัตต์/ชั่วโมง	1.02	0.82	1.39	1.45	1.26	
	กิโลวัตต์/หน่วยการผลิต	0.0006	0.0012	0.0021	0.0014	0.0019	0.001

ภาคผนวก จ
สร้างข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด (CT Option)

1. CT Option ของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง

CT Option 1: การเติมไม้ฟืนในปริมาณมากต่อครั้ง ซึ่งเกินกว่าความต้องการในการอบผลปาล์ม

วิธีการแก้ไข

- การใส่ไม้ฟืนอย่างสม่ำเสมอ 2-3 ชั่วโมง/ครั้ง เพื่อรักษาอุณหภูมิและลดการสิ้นเปลืองไม้ฟืน

เงินลงทุนทั้งหมด: ไม่มี

ระยะเวลาคืนทุน: ทันทีที่เริ่มดำเนินงาน

CT Option 2: ไม้ฟืนส่วนใหญ่เป็นไม้ฟืนสด และเมื่อนำไปเผาเป็นเชื้อเพลิงจึงให้ค่าความร้อนที่ต่ำ

วิธีการแก้ไข

- นำไม้ฟืนสดมาตั้งผึ่งแดด เพื่อระเหยน้ำในไม้ฟืนออกไป

เงินลงทุนทั้งหมด: ไม่มี

ผลประหยัดต่อปี:

ไม้ฟืนสดให้ค่าความร้อน		9,300 KJ/Kg	เท่ากับ	0.0163 GJ
ไม้ฟืนแห้งให้ค่าความร้อน		16,300 KJ/Kg	เท่ากับ	0.0093 GJ
ดังนั้นส่วนต่างของความร้อนที่สูญเสียไป			เท่ากับ	0.007 GJ
ไม้ฟืน	1 Kg	สูญเสียความร้อน	0.007	GJ
ถ้าปี พ.ศ. 2553 ใช้ไม้ฟืน	2,262,847 Kg	สูญเสียความร้อน	15,839.93	GJ
ซึ่งความร้อน	1 GJ	คิดเป็นเงิน	87.25	บาท
ดังนั้นถ้าสูญเสียความร้อน	15,839.93GJ	คิดเป็นเงิน	1,382,033.81	บาท

ระยะเวลาคืนทุน: ทันทีที่เริ่มดำเนินงาน

CT Option 3: มีการสึกกร่อนที่ส่วนปลายของหัวเผา และมีการชำรุดของอุปกรณ์ต่างๆของเตาเผา

วิธีการแก้ไข

- เปลี่ยนบล๊อคหัวเผาที่แตกหรือชำรุด

เงินลงทุนทั้งหมด: 1,000 บาท

ผลประหยัดต่อปี:

ในปี พ.ศ. 2553 ใช้ไม้ฟืน		2,262,847 Kg		
คิดเป็นพลังงานความร้อน		33,716.42 GJ	เท่ากับ	4 %
ดังนั้นในปี พ.ศ. 2553 มีการสูญเสียความร้อนทั้งสิ้น				1,348.66 GJ
ซึ่งความร้อน	1 GJ	คิดเป็นเงิน	87.25	บาท

ดังนั้นถ้าสูญเสียความร้อน 1,348.66GJ คิดเป็นเงิน 117,670.59 บาท

ระยะเวลาคืนทุน:

เงินลงทุนทั้งหมดเท่ากับ	1,000.00	บาท	
ผลประหยัดต่อปีเท่ากับ	117,670.59	บาท/ปี	
ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ	0.0085	ปี หรือ	1 เดือน

2. CT Option ของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ

CT Option 1: การเปิดเครื่องจักรทิ้งไว้หลังการใช้งาน

วิธีการแก้ไข

- ปิดเครื่องจักรทุกครั้งหลังใช้งาน

เงินลงทุนทั้งหมด: ไม่มี

ผลประหยัดต่อปี:

เปิดเครื่องจักรทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า	300.66 กิโลวัตต์
พลังงานไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์ คิดเป็นค่าไฟฟ้า	3.50 บาท
ถ้าเปิดเครื่องจักรทิ้งไว้วันละ 1 ชั่วโมง ใน 1 ปี ต้องเสียค่าไฟฟ้า	312,704.44 บาท/ปี

ระยะเวลาคืนทุน: ทันทีที่เริ่มดำเนินงาน

CT Option 2: ปั๊มน้ำมัน ซึ่งตั้งอยู่ใกล้กับเครื่องหีบเพลาคู่ไม่มีฝาปิดครอบที่ตัวปั๊ม ทำให้กากปาล์มที่ล้นจากเครื่องหีบตกลงในปั๊ม จึงต้องใช้ไฟฟ้าในปริมาณสูง ส่งผลให้มอเตอร์ไหม้และเสื่อมสภาพเร็ว

วิธีการแก้ไข

- ติดตั้งตะแกรงครอบที่ปั๊มน้ำมัน

เงินลงทุนทั้งหมด: 2,200 บาท

ผลประหยัดต่อปี:

ปั๊มน้ำมันปาล์ม 1 เครื่อง มีมอเตอร์ 8 ตัว สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า	47.74 กิโลวัตต์/ชั่วโมง
(ถ้ามีกากปาล์มตกลงไปในปั๊มต้องใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณครึ่งหนึ่งจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้)	
พลังงานไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์ คิดเป็นค่าไฟฟ้า	3.50 บาท
รวมพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่สูญเสียไปกรณีที่ปั๊มน้ำมันเสีย	6,421.03 กิโลวัตต์/ปี
รวมเงินที่เสียค่าไฟฟ้าทั้งสิ้น (กรณีที่ปั๊มน้ำมันเสีย)	22,473.61 บาท/ปี

ระยะเวลาคืนทุน:

เงินลงทุนติดตั้งตะแกรงที่ครอบปั๊มน้ำมันทั้งหมดเท่ากับ	2,000	บาท	
ผลประหยัดต่อปีเท่ากับ	22,473.61	บาท/ปี	
ดังนั้นระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ	0.08	ปี หรือ	1 เดือน

CT Option 3: สายพานของเกลียวลำเลียงที่ยาว ทำให้ใช้มอเตอร์หลายตัว

วิธีการแก้ไข

- ลดขนาดของสายพานของเกลียวลำเลียงดังกล่าวให้สั้นลง เพื่อลดจำนวนมอเตอร์

เงินลงทุนทั้งหมด:

ค่าแรงในการติดตั้ง 2 คน (ตามอัตราค่าจ้างขั้นต่ำ 184)	368	บาท
ค่าสายพานใหม่	50,000	บาท
รวมเงินลงทุนทั้งหมด	50,368	บาท

ผลประหยัดต่อปี:

สายพานของเกลียวลำเลียงเดิม มีมอเตอร์ 13 ตัว สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 41.78 กิโลวัตต์/ชม.

พลังงานไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์ คิดเป็นค่าไฟฟ้า		3.50 บาท
รวมพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่สูญเสียไป		89,910.56 กิโลวัตต์/ปี
รวมเงินที่เสียค่าไฟฟ้าทั้งสิ้น		314,686.96 บาท/ปี

ระยะเวลาคืนทุน:

เงินลงทุนเปลี่ยนสายพานใหม่ทั้งหมดเท่ากับ	50,368	บาท		
ผลประหยัดต่อปีเท่ากับ	314,686.96	บาท/ปี		
ดังนั้นระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ	0.16	ปี หรือ	2	เดือน

3. CT Option ของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ

CT Option 1: การเปิดเครื่องจักรทิ้งไว้หลังการใช้งาน

วิธีการแก้ไข

- ปิดเครื่องจักรทุกครั้งหลังใช้งาน

เงินลงทุนทั้งหมด: ไม่มี

ผลประหยัดต่อปี:

เปิดเครื่องจักรทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า	172.50 กิโลวัตต์/ชม.
พลังงานไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์ คิดเป็นค่าไฟฟ้า	3.50 บาท
ถ้าเปิดเครื่องจักรทิ้งไว้วันละ 1 ชั่วโมง ใน 1 ปี ต้องเสียค่าไฟฟ้า	162,408.75 บาท/ปี

ระยะเวลาคืนทุน: ทันทีที่เริ่มดำเนินงาน

CT Option 2: การวางตำแหน่งของเครื่องจักรไม่เหมาะสม คือ ตะแกรงสั่นน้ำมันปาล์มนั้นวางอยู่ด้านล่าง โดยมีเครื่องหีบผลปาล์มและเครื่องกรองด้วยผ้าอัดหลายชั้นวางอยู่ด้านบน ทำให้ต้องเพิ่มปั๊มซึ่งช่วยในการดูดน้ำมันจากด้านล่างขึ้นด้านบน

วิธีการแก้ไข

- ออกแบบระบบการทำงานของเครื่องจักรให้อยู่ในระดับเดียวกันหรือเป็นไปตามแรงโน้มถ่วง เพื่อประหยัดพลังงาน

เงินลงทุนทั้งหมด:

ค่าแรงในการติดตั้ง 1 คน (ตามอัตราค่าจ้างขั้นต่ำ 179 บาท) 179 บาท

ผลประหยัดต่อปี:

มอเตอร์ปั๊มน้ำมันปาล์ม 0.06 กิโลวัตต์/ชม

พลังงานไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์ คิดเป็นค่าไฟฟ้า 3.50 บาท

รวมพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่สูญเสียไป 35.52 กิโลวัตต์/ปี

รวมเงินที่เสียค่าไฟฟ้าทั้งสิ้น 124.32 บาท/ปี

ระยะเวลาคืนทุน:

ค่าแรงในการติดตั้ง เท่ากับ 179 บาท

ผลประหยัดต่อปีเท่ากับ 124.32 บาท

ดังนั้นระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 1.44 เดือน หรือ 1 เดือน

CT Option 3: การใช้เครื่องหีบผลปาล์มแบบเก่าที่สามารถหีบผลปาล์มได้เพียง 100 กิโลกรัม/ชั่วโมง แต่ใช้แรงม้าจำนวนมากถึง 20 แรงม้า

วิธีการแก้ไข

- เปลี่ยนเครื่องหีบแบบใหม่

เงินลงทุนทั้งหมด:

ค่าแรงในการติดตั้ง 2 คน (ตามอัตราค่าจ้างขั้นต่ำ 179 บาท) 358 บาท

ค่าเครื่องหีบแบบใหม่ (เครื่องหีบเพลาคู่) 800,000 บาท

รวมเงินลงทุนทั้งหมด 800,358 บาท

ผลประหยัดต่อปี:

เครื่องหีบแบบเก่าใช้พลังงานไฟฟ้า 15.20 กิโลวัตต์/ชม

พลังงานไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์ คิดเป็นค่าไฟฟ้า 3.50 บาท

รวมพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่สูญเสียไป 20,444 กิโลวัตต์/ปี

รวมเงินที่เสียค่าไฟฟ้าทั้งสิ้น 71,554 บาท/ปี

ระยะเวลาคืนทุน:

เงินลงทุนทั้งหมดเท่ากับ 800,358 บาท

ผลประหยัดต่อปีเท่ากับ 71,554 บาท

ดังนั้นระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 11.19 เดือน หรือ 11 เดือน

ภาคผนวก ฉ

ภาพการระดมสมองเมื่อวันที่ 21-22 มกราคม พ.ศ. 2555

ภาพภาคผนวก ฉ-1 วิทยากรกล่าวเปิดโครงการและอบรมเรื่อง “เทคโนโลยีสะอาดกับอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม”

ภาพภาคผนวก ฉ-2 นักศึกษารายงานผลการวิจัยและระดมสมองร่วมกันระหว่างผู้ประกอบของโรงงาน

ภาคผนวก ช

ภาพการศึกษาดูงานของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแต่ละโรงงาน

คนงานโกยผลปาล์มออกจากรถ	การเผาไม้ฟืนโดยใช้เตาเผาเพื่อนำพลังงานความร้อนไปใช้ในการอบ	การอบผลปาล์มต้องมีคนพลิกปาล์มเพื่อป้องกันการไหม้
เครื่องหีบเพลาเดี่ยว	การกรองน้ำมันปาล์มดิบด้วยตะแกรงสั่น	การบีบกากปาล์มเปียกเพื่อเอาน้ำมันออก
เครื่องกรองด้วยผ้าอัดหลายชั้น	หม้อต้มน้ำมันปาล์ม	น้ำมันปาล์มดิบของโรงงาน

ภาพภาคผนวก ช-1 การศึกษาดูงานของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบอบแห้ง

รถบรรทุกเทปาล์มร่วงบริเวณเกลียวลำเลียง	เกลียวลำเลียงจะลำเลียงผลปาล์มเข้าสู่หม้อทอด	หม้อทอดในสภาวะสุญญากาศซึ่งเป็นระบบปิด
การเผาไม้ฟืนโดยใช้เตาเทอร์มัลเพื่อนำพลังงานความร้อนไปใช้ในการทอด	การใช้แรงดันน้ำเพื่อเป็นแหล่งพลังงานของระบบสุญญากาศ	การหีบรวมระหว่างเนื้อและเมล็ดปาล์ม
การไล่ความชื้นจากน้ำมันปาล์มดิบ	แผงควบคุมเครื่องจักรในโรงงาน	การกรองน้ำมันปาล์มครั้งสุดท้ายด้วยเครื่องกรองผ้าอัดหลายชั้น

ภาพภาคผนวก ช-2 การศึกษาดูงานของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะสุญญากาศ

การนำปาล์มทะลายมาสับโดยใช้แรงงานคน	การนำปาล์มเข้าสู่เครื่องแยกผลและทะลายปาล์ม	การทำความสะอาดลูกปาล์มเพื่อเอาขั้วใบที่ติดอยู่กับลูกปาล์มออก

การทอดในสภาวะบรรยากาศ	ลูกปาล์มที่ผ่านการทอดแล้วถูกลำเลียงสู่เครื่องหีบเพลาเดี่ยว	เครื่องหีบเพลาเดี่ยว

การกรองน้ำมันปาล์มดิบด้วยตะแกรงสั่น	กากปาล์มแห้งหลังจากการหีบ	การกรองน้ำมันปาล์มครั้งสุดท้ายด้วยเครื่องกรองผ้าอัดหลายชั้น

ภาพภาคผนวก ช-3 การศึกษาดูงานของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบทอดในสภาวะบรรยากาศ