

การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม
ของผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้น

โดย

นางสาวปริญ ไพสุนทรสุข

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

พ.ศ. 2553

Environmental Evaluation of Canned Pineapple
and Concentrate Pineapple Juice

By

Miss Parin Paisoontornsuk

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in
Energy and Environmental Technology Management
Department of Chemical Engineering
Faculty of Engineering
Thammasat University
2010

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

วิทยานิพนธ์

ของ

นางสาวปริญ ไพสุนทรสุข

เรื่อง

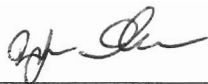
การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์สับประรดกระป๋องและน้ำสับประรดเข้มข้น

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 27 เมษายน พ.ศ. 2553

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญชัย วิจิตรเสถียร)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์


(อาจารย์ ดร. วรณี แสงจันทร์)

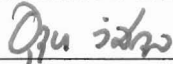
กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

นางสาว ปิยะ
(อาจารย์ ดร. หาญพล พึ่งรัมย์)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์


(อาจารย์ ดร. ภาณิดา ชัยขวัญ)

คณบดี


(รองศาสตราจารย์ ดร. ชูรยา วิสสุกุล)

บทคัดย่อ

ภาวะโลกร้อนเป็นปัญหาใหญ่ของโลกในปัจจุบัน ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิดบนโลก การลดการเกิดก๊าซเรือนกระจกและภาวะโลกร้อนถือเป็นประเด็นที่ทั่วโลกให้ความสำคัญ จึงมีการจัดทำพิธีสารเกียวโตขึ้นเพื่อควบคุมการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจกอื่นๆทั่วโลก สำหรับประเทศไทยซึ่งถือเป็นผู้ส่งออกสับปะรดกระป๋องรายใหญ่ของโลก การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋องจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อเตรียมความพร้อมทางการค้าในสภาวะการณ์ที่ทั่วโลกตื่นตัวต่อปัญหาโลกร้อน งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการผลิตสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้น ในรูปของก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยโดยคิดเทียบเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 equivalent) ด้วยแนวคิดการประเมินวัฏจักรชีวิต โดยประเมินตั้งแต่ขั้นตอนการปลูกสับปะรดไปจนถึงการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้น จากผลการศึกษาพบว่าในการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้นนั้นมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันผลิตภัณฑ์เท่ากับ 1,235.46 กิโลกรัม ซึ่งมากกว่าการผลิตสับปะรดกระป๋องที่มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันผลิตภัณฑ์เท่ากับ 1,089.40 กิโลกรัม และจากผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตสับปะรดกระป๋องของโรงงานตัวอย่างกับเกณฑ์ประสิทธิภาพการผลิตของกรมโรงงานพบว่า ปัญหาด้านการใช้พลังงานของโรงงานตัวอย่างมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานถึงร้อยละ 44 ถือเป็นปัญหาสำคัญที่ควรได้รับการแก้ไขเป็นอันดับแรก จึงเสนอการนำเทคโนโลยีสะอาดมาใช้ 4 มาตรการด้วยกัน ได้แก่ มาตรการลดความชื้นถ่านหิน มาตรการหุ้มฉนวนท่อไอน้ำ มาตรการลดแรงดันไอน้ำ และมาตรการซ่อมแซมกับดักไอน้ำ ทั้งนี้เพื่อเป็นทางเลือกในการปรับปรุงการผลิตเพื่อลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม โดยแต่ละมาตรการจะถูกนำมาประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ เพื่อหามาตรการที่เหมาะสมที่สุดทั้งด้านการดำเนินธุรกิจ และความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งผลการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจพบว่ามาตรการลดความชื้นถ่านหินเป็นโครงการที่เหมาะสมจะดำเนินการมากที่สุด

ABSTRACT

Global warming is a big issue in the world today as it affects every living things on earth. The reduction of the greenhouse gases and global warming is a prominent issue worldwide. Consequently, the Kyoto Protocol has been ratified to control the emission of carbon dioxide and other greenhouse gases. As Thailand is the world's biggest exporter of canned pineapple, the environmental evaluation of canned pineapple products is important in order to prepare for any global warming related situation. This study focused on the environmental impact of canned pineapple and concentrate pineapple juice production in the selected factory as a case study. The result yielded the greenhouse gases emission as carbon dioxide equivalent (CO₂ equivalent). The life cycle assessment (LCA) was applied as a tool to evaluate environmental impact starting from the cultivation to canned pineapple processing (Cradle to Gate). The results showed that the emission of carbon dioxide per ton from the production of concentrate pineapple juice (1,235.46 kg.) is higher than from the production of canned pineapple (1,089.40 kg.). Comparing the production efficiency of canned pineapple of the studied factory with that of the general production standard suggested by Department of Industrial Works, the energy consumption from the studied factory was 44% larger the standard. Improving the efficiency was therefore to the first priority. In order to reduce the environmental impact from the production process, four selective measures of clean technology (CT) were proposed; reduction of coal moisture, steam pipe insulation, reduction of steam pressure and steam trap repairing. Each measure was evaluated in terms of an eco-efficiency; that is to maximize the effectiveness of the process and to minimize its impacts on the environment. The result showed that, the reduction of charcoal moisture was the most eco-efficient and should be implemented in the production process.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จเรียบร้อยลงได้ ด้วยการให้ความรู้ คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ความช่วยเหลือ และแนวทางการแก้ไขปัญหาต่างๆ อันเป็นประโยชน์ยิ่งต่อการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จาก อ.ดร. วรณี แพร่งจันทิก และ อ.ดร. หาญพล พึ่งรัมย์ิ จนทำให้ผู้ศึกษาสามารถทำการวิจัยได้อย่างถูกต้อง และสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี นอกจากนี้ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. บุญชัย วิจิตรเสถียร ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ อ.ดร. ภณิดา ช้ายขวัญ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ช่วยกรุณาตรวจสอบวิทยานิพนธ์ รวมไปถึงให้คำแนะนำในการแก้ไขจนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ พี่อรัญ ที่ได้ให้คำปรึกษาในส่วนของการจัดการพลังงานภายในโรงงาน เป็นอย่างดี และขอขอบคุณ พี่ขวัญ เจ้าหน้าที่ภาควิชาทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ ด้านการดำเนินงานด้านเอกสารต่างๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ แก้ม และเพื่อนๆทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นที่กำลังใจในการศึกษา ซึ่งการศึกษานี้คงไม่สามารถประสบความสำเร็จได้ หากไม่ได้รับการช่วยเหลือจากบุคคลเหล่านี้ ผู้ศึกษาจึงขอขอบพระคุณทุกท่านมา ณ ที่นี้

ปริณ ไพสุนทรสุข
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
พ.ศ. 2553

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	(1)
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	(2)
กิตติกรรมประกาศ.....	(3)
สารบัญตาราง.....	(7)
สารบัญภาพประกอบ.....	(8)

บทที่

1. บทนำ.....		1
1.1 หลักการและเหตุผล.....		1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....		4
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....		4
2. งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....		5
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....		5
2.2 การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์.....		10
2.2.1 ความหมายและการนำการประเมินวัฏจักรชีวิตไปประยุกต์ใช้.....		10
2.2.2 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์.....		13
2.3 เทคโนโลยีสะอาด.....		14
2.3.1 ความหมายของเทคโนโลยีสะอาด.....		14
2.3.2 หลักการของเทคโนโลยีสะอาด.....		15
2.4 ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ.....		17
2.4.1 ความหมายของประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ.....		17
2.4.2 ประโยชน์ที่ได้รับ.....		18
2.4.3 ขั้นตอนการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ.....		19
2.4.4 เครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ.....		21
2.5 กระบวนการปลูกสับปะรด.....		22
2.6 กระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้น.....		23
2.6.1 กระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋อง.....		25
2.6.2 กระบวนการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น.....		26

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3. วิธีการศึกษา.....	28
3.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition).....	28
3.2 การจัดทำบัญชีรายการ (Data Inventory).....	30
3.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection).....	30
3.2.2 หน่วยการทำงาน (functional unit).....	30
3.2.3 การปันส่วนข้อมูล (Allocation).....	30
3.2.4 สมมุติฐานและวิธีการคำนวณการเกิดก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง.....	31
3.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Impact Assessment).....	32
3.4 การแปลผล (Interpretation).....	33
3.5 การศึกษาแนวทางการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม.....	33
3.6 การประเมินแนวทางแก้ไขเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม.....	34
4. ผลการศึกษา.....	35
4.1 การสำรวจข้อมูลภายในโรงงาน.....	36
4.1.1 ข้อมูลวัตถุดิบ.....	36
4.1.2 ข้อมูลการใช้พลังงาน.....	37
4.1.3 ข้อมูลการใช้น้ำ.....	38
4.1.4 ข้อมูลการใช้บรรจุภัณฑ์.....	39
4.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูลภายในโรงงาน.....	40
4.2 การขนส่ง.....	42
4.3 การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม.....	42
4.3.1 การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋อง.....	42
4.3.2 การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้น.....	44
4.4 ประสิทธิภาพการผลิต.....	46
4.5 เทคโนโลยีสะอาด.....	48
4.5.1 มาตรการลดความชื้นถ่านหิน.....	48
4.5.2 มาตรการหุ้มฉนวนท่อไอน้ำ.....	49
4.5.3 มาตรการลดแรงดันไอน้ำใช้งาน.....	49
4.5.4 มาตรการซ่อมแซมปรับปรุงกับดักไอน้ำที่รั่ว.....	50

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.6 การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ.....	51
5. สรุปผลการศึกษาและเสนอแนะ.....	53
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	53
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	55
บรรณานุกรม.....	56
ภาคผนวก ก ตารางประกอบการคำนวณการปล่อยมลสารทางอากาศ.....	59
ภาคผนวก ข การคำนวณการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์สับปะรด กระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้น.....	63
ภาคผนวก ค การคำนวณประสิทธิภาพการผลิต.....	93
ภาคผนวก ง การคำนวณมาตรการเทคโนโลยีสะอาด.....	96
ภาคผนวก จ การคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงของแต่ละมาตรการ.....	103
ภาคผนวก ฉ การคำนวณค่าการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ.....	110
ประวัติการศึกษา.....	112

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1-1 ปริมาณและมูลค่าส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศผู้ส่งออกที่สำคัญ พ.ศ. 2548-2550.....	2
2.2-1 การประยุกต์ใช้งานการประเมินวัฏจักรชีวิต.....	12
4.1-1 รายการข้อมูลการใช้วัตถุดิบ พลังงาน และบรรจุภัณฑ์ในการผลิตสับปะรดใน น้ำเชื่อม.....	41
4.1-2 รายการข้อมูลการใช้วัตถุดิบ พลังงาน และบรรจุภัณฑ์ในการผลิตน้ำสับปะรด เข้มข้น	41
4.3-1 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการใช้สารเพื่อผลิตสับปะรดกระป๋อง.....	43
4.3-2 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อผลิตสับปะรดกระป๋อง.....	43
4.3-3 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการใช้สารเพื่อผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น.....	45
4.3-2 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น....	45
4.4-1 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ส่วนต่างระหว่างประสิทธิภาพการผลิตของโรงงาน กับเกณฑ์ประสิทธิภาพการผลิตของกรมโรงงานอุตสาหกรรม.....	47
4.6-1 ผลการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ของแต่ละมาตรการ.....	52

สารบัญภาพประกอบ

ภาพที่	หน้า
2.2-1 แนวคิดการประเมินวัฏจักรชีวิต.....	11
2.2-2 กรอบการดำเนินการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์.....	14
2.3-1 ภาพรวมของหลักการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดในการป้องกันมลพิษ.....	16
2.3-2 วิธีการดำเนินงานเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด.....	17
2.3-3 การเปรียบเทียบก่อนและหลังดำเนินการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด.....	17
2.5-1 ปฏิทินการปฏิบัติตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดกระบวนการปลูกสับปะรด.....	23
2.6-1 กระบวนการผลิต.....	24
2.6-2 กระบวนการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น.....	27
3.1-1 ขอบเขตการศึกษากระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้น.....	29
4-1 ข้อมูลสารขาเข้า สารขาออก ในการผลิตสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้น.....	35
4.1-1 สมดุลมวลสารสับปะรด.....	36
4.1-2 ปริมาณการใช้วัตถุดิบประกอบในการผลิตสับปะรดในน้ำเชื่อม.....	37
4.1-3 สัดส่วนการใช้พลังงานในการผลิต.....	38
4.1-4 สัดส่วนการใช้น้ำ.....	39
4.1-5 การใช้บรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อมและน้ำสับปะรดเข้มข้น.....	40
4.3-1 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋อง.....	44
4.3-2 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้น.....	46
4.5-1 ถ่านหินที่ใช้ภายในโรงงาน.....	48
4.5-2 ท่อไอน้ำที่ไม่ได้หุ้มฉนวน.....	49
4.5-3 เกล็ดแข็งตันของหม้อไอน้ำ.....	50
4.5-4 กัดกัดไอน้ำภายในโรงงาน.....	51

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ภาวะโลกร้อนเกิดจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกที่ปกคลุมชั้นบรรยากาศของโลก ทำให้อุณหภูมิภายในโลกสูงขึ้น เป็นเหตุให้ฤดูกาลทั่วโลกเปลี่ยนไป และก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากการเผาผลาญเชื้อเพลิงฟอสซิล โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงการพัฒนาอุตสาหกรรมของโลก ที่มีการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นพลังงานขับเคลื่อนเครื่องจักร ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญคือ ไอน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โอโซน มีเทน ไนตรัสออกไซด์และสารซีเอฟซี เป็นต้น ก๊าซเหล่านี้เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) หรือ ภาวะภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง (Climate Change) ถือเป็นปัญหาใหญ่ของโลกในปัจจุบัน สังเกตได้จากอุณหภูมิของโลกที่สูงขึ้น สภาพอากาศแปรปรวน การเกิดภัยธรรมชาติที่รุนแรงขึ้น เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ได้ส่งผลกระทบโดยตรงต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิดบนโลก การลดปัญหาการเกิดก๊าซเรือนกระจกและภาวะโลกร้อนจึงเป็นสิ่งที่ทุกคนต้องให้ความสำคัญ

ด้วยเหตุนี้นานาชาติจึงหันมาให้ความสนใจในการลดการเกิดสภาวะก๊าซเรือนกระจก รวมถึงการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอันเกิดจากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ มีการจัดทำพิธีสารเกียวโต (UNITED NATIONS, 2541) ขึ้นเป็นข้อผูกพันทางกฎหมายที่ดำเนินการเพื่อให้บรรลุถึงเป้าหมายในการรับมือกับสภาวะโลกร้อน ตามอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change-UNFCCC) ในการควบคุมการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ อีกด้วย ถึงแม้ว่ามีเทนจะเป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีความรุนแรงมากที่สุด แต่มีปริมาณที่น้อยกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาก ซึ่งปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้นมีปริมาณมากกว่าก๊าซมีเทนอยู่ถึง 25 เท่า ดังนั้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จึงเป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีความสำคัญมากที่สุดที่จะต้องนำมาพิจารณา นอกจากนี้ในภาคของอุตสาหกรรมซึ่งถือว่าเป็นหน่วยการผลิตที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกในปริมาณมากได้ถูกเพ่งเล็งเป็นพิเศษ จึงเกิดแนวคิดการติดตามคาร์บอนหรือคาร์บอนฟุตพริ้นท์บนตัวสินค้า เพื่อให้ผู้บริโภคทราบว่าสินค้าที่กำลังเลือกซื้ออยู่นั้น มีกระบวนการผลิตที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกอยู่มากน้อยเพียงใด และจะได้หันมาใช้สินค้าที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกที่น้อยกว่า ถือเป็นกลไกทางการตลาดลักษณะหนึ่ง ในการผลักดันให้บริษัทผู้ผลิตใน

ภาคอุตสาหกรรมต่างๆ ร่วมกันลดผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ของตนเอง เพื่อเพิ่มช่องทางการค้าในกลุ่มผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญในปัญหาภาวะโลกร้อนนี้

ประเทศไทยถือเป็นผู้ผลิต และส่งออกผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋องรายใหญ่ของโลก ซึ่งในปี 2550 ไทย ส่งออกสับปะรดกระป๋อง 568 พันตัน หรือร้อยละ 46.29 ของการส่งออกทั้งหมดของโลก ดังรายละเอียดในตารางที่ 1.1-1

ตารางที่ 1.1-1

ปริมาณและมูลค่าส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศผู้ส่งออกที่สำคัญ พ.ศ. 2548-2550

ประเทศ	ปี 2548		ปี 2549		ปี 2550		อัตราขยายตัว	
	ปริมาณ (พันตัน)	มูลค่า (ล้านดอลลาร์)	ปริมาณ (พันตัน)	มูลค่า (ล้านดอลลาร์)	ปริมาณ (พันตัน)	มูลค่า (ล้านดอลลาร์)	ปริมาณ (%)	มูลค่า (%)
ไทย	515	328.10	620	378.63	568	452.26	5.02	17.41
ฟิลิปปินส์	255	109.53	226	107.56	242	122.41	-2.58	5.72
เคนย่า	57	51.81	53	53.28	56	62.43	-0.88	9.77
อินโดนีเซีย	198	104.42	187	100.55	91	58.00	-32.21	-25.47
จีน	72	37.00	64	34.35	81	47.00	6.07	12.71
อื่นๆ	117	104.39	109	102.59	189	94.75	27.10	-4.73
รวม	1,214	735.25	1,259	776.96	1,227	836.85	0.53	6.69

ที่มา : สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2551

ดังนั้นผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋องถือเป็นอุตสาหกรรมที่สร้างรายได้ให้กับประเทศไทย และเป็นอุตสาหกรรมที่ควรให้ความสำคัญในการประเมินผล และลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการประเมินปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น เพื่อเพิ่มช่องทางการค้าในกลุ่มผู้บริโภคที่หันมาให้ความสนใจในเรื่องของความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากขึ้น โดยเครื่องมือที่นำมาใช้ประเมินคือ แนวคิดตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment) ซึ่งถือว่าเป็นเครื่องมือในการจัดการบริหารสิ่งแวดล้อมเครื่องมือหนึ่งที่ได้รับการยอมรับในระดับนานาชาติ ซึ่งขั้นตอนในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม เริ่มตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบ การผลิตวัตถุดิบ การขนส่งวัตถุดิบมายังโรงงานผลิต ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ การใช้ผลิตภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์ การนำผลิตภัณฑ์กลับมาใช้ใหม่ การซ่อมบำรุงผลิตภัณฑ์ รวมถึงการรีไซเคิล หรือกำจัดซากผลิตภัณฑ์เมื่อผลิตภัณฑ์นั้นๆ หมดอายุการใช้งาน โดยการประเมินมี

วัตถุประสงค์เพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม ลดมลพิษที่เกิดจากการพัฒนาอุตสาหกรรม กระบวนการผลิต และขั้นตอนการบริการ

เครื่องมือที่สองที่จะนำมาใช้ในการลดของเสีย และมลพิษจากแหล่งกำเนิด คือ เทคโนโลยีสะอาด ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา ปรับปรุง หรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต หรือผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้การใช้วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากรธรรมชาติเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และเพื่อก่อให้เกิดของเสียและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยการเปลี่ยนวัตถุดิบ การใช้ซ้ำ และการนำกลับมาใช้ใหม่ เทคโนโลยีสะอาดถือเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และลดต้นทุนการผลิตควบคู่กันไป โดยมีหลักการป้องกันมลพิษ ซึ่งมีแนวคิดในการลดของเสียเหลือน้อยที่สุด ด้วยวิธีการแยกสารมลพิษที่เกิดจากกระบวนการผลิตทุกขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วยการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต หรือวัตถุดิบที่ทำให้เกิดผลพลอยได้ที่ไม่เป็นอันตราย รวมทั้งการลดปริมาณ และความเข้มข้นขององค์ประกอบในของเสียด้วยการนำมาใช้ซ้ำ หรือการนำกลับมาใช้ใหม่ กระทั่งของเสียไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้แล้ว จึงนำของเสียไปบำบัดให้ถูกต้องตามหลักวิชาการต่อไป ด้วยวิธีการดำเนินการที่เป็นระบบและต่อเนื่อง เครื่องมือสุดท้ายที่นำมาใช้เพื่อส่งเสริมให้ภาคธุรกิจ และอุตสาหกรรมต่างๆ เกิดความเชื่อมั่นในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ของตนเพื่อลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม คือ การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ซึ่งเป็นการบริหารที่นำหลักการด้านเศรษฐศาสตร์เข้ามาใช้ประเมินความคุ้มค่าด้านการเงิน โดยมุ่งเน้นในด้านของโอกาสทางธุรกิจ และยังเป็นส่วนเสริมให้หน่วยธุรกิจนั้นมีความรับผิดชอบต่อด้านสิ่งแวดล้อมมากขึ้นไปพร้อมๆ กับการได้ผลกำไรเพิ่มมากขึ้น นอกจากนั้นยังเป็นการพิจารณาในด้านของการลดการใช้ทรัพยากร และการป้องกันมลพิษในส่วนองภาคอุตสาหกรรมอีกด้วย

การศึกษานี้จะเป็นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการผลิตสับปะรดกระป๋อง ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง กระบวนการผลิตจนกลายเป็นผลิตภัณฑ์ เพื่อทราบว่าการผลิตสับปะรดกระป๋องว่าส่วนใดของการผลิตที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดภาวะโลกร้อนมากที่สุด โดยใช้แนวคิดตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต จากนั้นจึงคำนวณและประเมินผลเป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกมา โดยใช้ข้อมูล Emission Factor จากฐานข้อมูล SimaPro 7.1 ร่วมกับค่า Emission Factor จากคู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจัดทำโดยคณะกรรมการคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทย ภายใต้ความร่วมมือระหว่างองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ร่วมกับศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ เมื่อทำการประเมินสิ่งแวดล้อม และทราบถึงจุดที่ต้องปรับปรุง จึงนำหลักการเทคโนโลยีสะอาดเข้ามาเป็นเครื่องมือแนะนำแนวทางแก้ไข

ปรับปรุงการผลิตเพื่อให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดโดยนำการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ เข้ามาใช้ในการประเมินผลประโยชน์ด้านการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม และ ความคุ้มค่าด้านการลงทุน เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการพิจารณาเลือกแนวทางปรับปรุง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1 เพื่อศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการผลิตสับปะรดกระป๋อง และน้ำสับปะรดเข้มข้น ในรูปของก๊าซเรือนกระจกโดยคิดเทียบเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂ equivalent) ด้วยแนวคิดการประเมินวัฏจักรชีวิต
- 2 เพื่อหาแนวทางในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการผลิตสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้น โดยการใช้หลักเทคโนโลยีสะอาด
- 3 เพื่อศึกษาหาแนวทางแก้ไขที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้เป็นแนวทางในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในโรงงานผลิตสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้น โดยการใช้ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในการประเมิน

1.3 ขอบเขตการศึกษา

- 1 ศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้วยแนวคิดการประเมินวัฏจักรชีวิต ซึ่งประเมินตั้งแต่มั่นตอนการปลูกสับปะรดไปจนถึงการแปรรูปผลิตภัณฑ์เป็นสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้น (Cradle to Gate) โดยศึกษาในรูปของก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อย และนำมาคิดเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
- 2 นำหลักการเทคโนโลยีสะอาดมาใช้เป็นแนวทางในการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการผลิตสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้น โดยประเมินผลในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อย
- 3 นำหลักการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจมาใช้ในการหาแนวทางการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมในโรงงานผลิตสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้น

บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้นนั้นจำเป็นต้องมีการศึกษาข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยใช้แนวทางการประเมินวัฏจักรชีวิต การใช้เทคโนโลยีสะอาด และการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ของผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

(Poritosh et al., 2009) ได้ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตทางด้านเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร ในเรื่องของความก้าวหน้าในการนำการประเมินวัฏจักรชีวิตไปใช้ ในผลิตภัณฑ์ด้านอาหาร การศึกษาได้ระบุว่า ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรเป็นส่วนสำคัญในวัฏจักรของผลิตภัณฑ์อาหาร และการประเมินวัฏจักรชีวิตจะช่วยระบุทางเลือกที่ยั่งยืนได้ การนำการประเมินวัฏจักรชีวิตมาใช้ในเกษตรกรรมมีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ทั้งนี้เนื่องจากเครือข่ายทางด้านข้อมูล และการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ในการพัฒนาขั้นตอนของการประเมินวัฏจักรชีวิต การวิจัยยังเสนอแนะว่า การทำการประเมินวัฏจักรชีวิตพร้อมกับวิธีอื่นๆ ควบคู่กันไป จะสามารถให้ข้อมูลที่เชื่อถือได้ และเข้าใจได้มากกว่าแก่ผู้วางแผนนโยบาย ผู้ผลิต และผู้บริโภคซึ่งจะนำไปใช้ในการเลือกผลิตภัณฑ์ที่ยั่งยืน และเลือกขั้นตอนการผลิต ระเบียบวิธีการวิจัยทางการประเมินวัฏจักรชีวิตมีประโยชน์ในการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม ความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์และระบบการผลิต การศึกษาได้ระบุว่าภาระทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ สามารถลดลงได้โดยการเปลี่ยนแปลงการผลิต ขั้นตอนการผลิต การบรรจุหีบห่อ การจัดส่งสินค้า และ รูปแบบของการบริโภค ด้วยเหตุนี้เอง การพัฒนาด้านความปลอดภัยในอาหารจึงเป็นการส่งเสริมทางด้านการค้าระหว่างประเทศด้วย

(เจนจิรา พุทธวรชัย, 2552) ได้ทำการศึกษาการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องโดยใช้ผลิตภัณฑ์กาแฟกระป๋องในการศึกษา และสรุปว่าการใช้พลังงานก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูง หรือทำให้เกิดภาวะโลกร้อน มากกว่าการใช้ไฟฟ้า หรือการผลิตของเสีย ด้วยเหตุนี้เองการใช้พลังงาน จึงเป็นสิ่งที่แรกที่จะต้องมีการศึกษา แนวคิดที่ผู้วิจัยได้นำเสนอเพื่อช่วยในการดำเนินระบบให้ได้รับผลตอบแทนสูงสุด ได้แก่ การจัดรูปแบบการทำงานของหม้อไอน้ำ การรวมศูนย์ของ ระบบทำความเย็น และ การปรับปรุงระบบเยือกแข็งและการทำน้ำแข็ง และแนวคิดเหล่านี้จึงถูกนำมาประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในกระบวนการ

บรรจุกะป๋องของเครื่องดื่ม ผลแสดงให้เห็นว่าการจัดรูปแบบการทำงานของหม้อไอน้ำ เป็นวิธีการที่ดีที่สุดในกรณีที่เลือกนำไปใช้ เนื่องจากประหยัด และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมด้วยการสูญเสียพลังงานน้อยที่สุด ถึงแม้ว่าการใช้น้ำ และการผลิตของเสียไม่ได้แสดงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่สูงนัก แต่ก็ยังมีการควบคุมอยู่ ควรที่จะถูกนำไปพัฒนาในลำดับต่อไป

(Kamonporn, 2008) ได้ทำการศึกษาตัวประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ หรือ environmental cost effectiveness (ECE) ซึ่งแสดงสัดส่วนระหว่างผลประโยชน์สุทธิที่ทางเลือกเทคโนโลยีสะอาดให้กับสิ่งแวดล้อมกับจำนวนเงินลงทุนสุทธิ จะถูกใช้เป็นเครื่องมือประเมินคุณภาพของทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด ทั้งในแง่เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม ซึ่งในการประยุกต์ใช้ตัวประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจมาประเมินคุณภาพทางเลือกเทคโนโลยีสะอาดในกรณีศึกษาโรงงานสับปะรดกระป๋อง ทางเลือกเทคโนโลยีสะอาดที่นำมาประเมินมีทั้งหมด 6 ทางเลือก แต่ละทางเลือกจะให้ผลประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมและต้องการจำนวนเงินในการลงทุนที่แตกต่างกัน การวัดประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมจะคิดจากปริมาณ CO_2 , SO_2 และ NO_2 ที่ลดลงต่อปี ส่วนทางด้านเศรษฐกิจจะคิดจากจำนวนเงินลงทุนของแต่ละทางเลือก จากผลการวิเคราะห์พบว่า ทางเลือกเทคโนโลยีสะอาดที่ 6 ที่มีชื่อว่า การปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ มีค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจสูงที่สุด ดังนั้นทางเลือกที่ 6 จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมจะนำมาใช้ที่สุด และสามารถสรุปได้ว่า ตัวประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจสามารถใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการทำเทคโนโลยีสะอาดและสามารถใช้ประเมินคุณภาพทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด ทั้งทางสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจ

(Anneliese and Michael, 2008) ทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำ การประเมินวัฏจักรชีวิต มาใช้เป็นเครื่องมือเพื่อช่วยตัดสินใจในการออกแบบทางวิศวกรรม เพื่อลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นจากการผลิตไบโอดีเซลด้วยไขมันสัตว์ และน้ำมันพืชใช้แล้ว ซึ่งการประเมินวัฏจักรชีวิตถูกนำมาใช้ในขั้นตอนการวางแผนก่อนการออกแบบระบบการผลิตจริง เพื่อระบุถึงกระบวนการผลิตที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด และหาแนวทางลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม การศึกษานี้มีขอบเขตตั้งแต่การได้มาซึ่งไขมันสัตว์ และน้ำมันพืชใช้แล้ว การขนส่ง และการผลิตจนเป็นน้ำมันไบโอดีเซล ในการออกแบบตอนแรกมีการวางแผนว่าจะใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิต แต่เมื่อทำการศึกษาด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิตเปรียบเทียบกับการใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่นในการผลิต พบว่าหากใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการ transesterification แทนการใช้น้ำมันเตาจะสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ 30% และการใช้น้ำมันพืชใช้แล้วเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ดีกว่าการนำไขมันสัตว์มาเป็นวัตถุดิบ

เมื่อมองในด้านของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่น้อยกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าการขนส่งเป็นปัจจัยสำคัญในการวางแผนโครงการต่างๆ เพื่อผลกระทบสิ่งแวดล้อม เช่น ที่ตั้งของโรงงาน จำนวนโรงงาน แหล่งวัตถุดิบ หรือรูปแบบขนส่งเพื่อการจำหน่าย ซึ่งการนำการประเมินวัฏจักรชีวิตเข้ามาใช้ทำให้สามารถวางแผน และเปรียบเทียบรูปแบบการขนส่งได้

(วิทยา กันยา, 2551) ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง เพื่อประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งทำการศึกษาด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้ทรัพยากรต่างๆ และของเสียที่เกิดขึ้นในการผลิตน้ำตาลทรายแดงของโรงงานแห่งหนึ่งในจังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งการศึกษานี้ได้กำหนด functional unit ที่ปริมาณน้ำตาลทรายแดง 1 ตัน เครื่องมือที่นำมาประเมินคือโปรแกรมสำเร็จรูป Simapro version 7.1 ด้วยวิธีการ Eco-indicator 99 ซึ่งผลการศึกษาพบว่าขั้นตอนที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ขั้นตอนการตกผลึกอันเนื่องมาจากในขั้นตอนดังกล่าวมีการใช้พลังงานสูง พลังงานส่วนหนึ่งมาจากไอน้ำที่ได้จากการใช้กากอ้อยเป็นเชื้อเพลิง หากกากอ้อยที่ใช้มีความชื้นจะทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมคือภาวะโลกร้อนร้อยละ 81 การก่อให้เกิดชั้นโอโซนร้อยละ 56 และการเกิดฝนกรดและเพิ่มสารอาหารในแหล่งน้ำร้อยละ 78 ดังนั้น การลดความชื้นกากอ้อยประมาณ 50.8 % โดยอาจจัดหาพื้นที่สำหรับตากกากอ้อยก่อนนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตไอน้ำ

(Rita, 2007) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในการผลิตถั่วเขียวกระป๋อง และถั่วเขียวแช่เย็นที่ Truitt Brothers Cannery, Salem รัฐโอเรกอน การประเมินนี้ได้เปรียบเทียบการผลิตในสถานที่เดียวกัน ใช้พลังงาน และแหล่งน้ำเหมือนกัน มีการใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต มาเป็นเครื่องมือในการเปรียบเทียบ พบว่าการคำนวณถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการแช่แข็งมีผลกระทบสูงกว่า การใช้การผลิตแบบบรรจุกระป๋อง ความแตกต่างระหว่างผลกระทบจากวิธีการถนอมอาหารทั้งสองอย่าง มีน้อยมากเกินกว่าที่จะสามารถนำมาระบุให้เป็นตัวเลขได้ แต่ที่ชัดเจนก็คือ การผลิตโดยการบรรจุกระป๋อง แต่ก็ดีไปกว่าการใช้การแช่แข็งเป็นไปได้ว่า ผลจากการผลิตแบบบรรจุกระป๋อง มีผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน และ การหมดไปของทรัพยากรน้ำมัน น้อยกว่าการแช่แข็งถั่วเขียว ผลกระทบส่วนใหญ่ได้มาจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ในส่วนของการผลิตกระป๋องซึ่งเกิดจากการใช้พลังงานในการผลิตเหล็ก สำหรับกรณีถั่วเขียวแช่แข็ง มีการใช้พลังงานส่วนใหญ่ในการทำควมเย็นเพื่อเก็บรักษา

(Dominique, Michele, and Yves, 2006) ทำการศึกษาการพัฒนาตัวชี้วัดของการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมอาหาร และเครื่องมือของประเทศ

แคนาดา ซึ่งที่มาของการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจมีความเหมาะสมที่จะมาใช้ในการประเมินด้านอุตสาหกรรมที่ต้องดูด้านเศรษฐศาสตร์ควบคู่ไปกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งวัตถุประสงค์ของการนำประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจมาเพื่อลดการใช้ทรัพยากร ได้แก่ พลังงาน น้ำ วัตถุดิบ และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ได้แก่ มลพิษทางอากาศ น้ำ การกำจัดขยะ การแพร่กระจายของสารอันตราย ซึ่งการลดการใช้ทรัพยากร และมลพิษที่เกิดขึ้นดังที่กล่าวมาแล้วนั้น จะยังคงรักษาหรือเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์อีกด้วย นอกจากนี้การดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมของบริษัทหรืออุตสาหกรรมในปัจจุบันนั้นยังเป็นที่ใช้ประเมินความยั่งยืนทางเศรษฐกิจของหน่วยงานนั้นๆ โดยออกมาในรูปของมาตรฐานสิ่งแวดล้อม (ISO 14000) และฉลากเขียว (green label) ซึ่งจะช่วยเสริมภาพลักษณ์ด้านบวกของหน่วยงานนั้นๆ ดังนั้นการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจจึงถูกนำมาใช้ในการกำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมาย อีกทั้งเป็นเครื่องมือในการวางแผนการผลิตที่สะอาด และยังเป็นเครื่องมือในการปรับปรุงระบบการผลิตให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

(ศิริอร ศักดิ์วิไลสกุล, 2549) ได้ทำการศึกษาเรื่องการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในโรงงานอุตสาหกรรมของบริษัท อาหารสากล จำกัด (มหาชน) ซึ่งเป็นโรงงานผลิตผักและผลไม้กระป๋อง โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษา 4 ประการ คือ การศึกษาขั้นตอนการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในโรงงาน ระดับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในโรงงาน ปัจจัยที่สัมพันธ์กับระดับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาด และปัญหาอุปสรรค แนวทางแก้ไขในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาด โดยศึกษาด้วยการใช้แบบสอบถามเชิงลึกเป็นเครื่องมือ ซึ่งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก ขั้นตอนแรก คือ การเตรียมการ ได้แก่ การวางแผน จัดองค์กร การตรวจประเมินเบื้องต้น การตรวจประเมินละเอียดและการศึกษาความเป็นไปได้ของมาตรการ ขั้นตอนที่สอง คือ การปฏิบัติการตามมาตรการเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน วัตถุดิบ และการลดของเสียที่เกิดขึ้น ซึ่งจากการนำเทคโนโลยีสะอาดมาใช้ภายในโรงงานพบว่าสามารถลดการใช้พลังงาน วัตถุดิบ และลดของเสียได้จริง และประสบความสำเร็จเป็นอย่างสูง ซึ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดผลสำเร็จในการนำเทคโนโลยีสะอาดมาใช้ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยภายใน ได้แก่ ความพึงพอใจที่มีต่อการปฏิบัติงาน ความต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต การมีส่วนร่วมของผู้บริหารกับพนักงาน สำหรับปัจจัยภายนอก ได้แก่ การกระจายประโยชน์ต่อชุมชนในด้านการรักษาสิ่งแวดล้อมทางอากาศ น้ำ ขยะ กากของเสีย และมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14000 สำหรับปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้นนั้น มีปัญหาหลักที่พบ คือ การไม่ให้ความร่วมมือในการปฏิบัติงานที่ถูกวิธีของพนักงานในสายการผลิต ซึ่งเกิดจากความเคยชิน ทางบริษัทจึงแก้ไขด้วย

การจัดอบรมพนักงานให้เกิดความเข้าใจถึงความสำคัญในการนำเทคโนโลยีสะอาดมาใช้ในโรงงาน

(นนท์ สำราญทรัพย์, 2549) ทำการศึกษาเรื่องการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในกระบวนการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง เพื่อหาสาเหตุของความสูญเสียในการผลิต การนำเทคโนโลยีสะอาดไปประยุกต์ใช้เพื่อลดการสูญเสีย และจัดทำข้อเสนอแนะในการปรับปรุงกระบวนการผลิต จากผลการศึกษาพบว่า การสูญเสียที่สำคัญมี 2 ประเด็น ได้แก่ การสูญเสียเมล็ดข้าวโพด และการสูญเสียน้ำมันเตาในรูปของความร้อนที่ผิวของท่อส่งไอน้ำ ซึ่งการสูญเสียเมล็ดข้าวโพดทำได้โดย การคัดแยกขนาดข้าวโพดก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต พร้อมทั้งเพิ่มจำนวนครั้งของการลับใบมีดเป็นสองครั้งต่อกะการทำงาน เพื่อลดการสูญเสียเมล็ดข้าวโพดที่ติดไปกับถังสำหรับการลดการสูญเสียน้ำมันเตา สามารถทำได้โดยการหุ้มฉนวนท่อส่งไอน้ำเพื่อลดการสูญเสียความร้อน ทำให้สามารถลดการใช้ น้ำมันเตาลงได้ร้อยละ 91.7 นอกจากนี้ได้เสนอแนะให้โรงงานติดตั้งเครื่องตรวจวัดปริมาณออกซิเจนในอากาศ เพื่อปรับแต่งระบบการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำให้มีประสิทธิภาพสูงที่สุดก็จะสามารถลดการใช้พลังงานลงได้อีกด้วย

(Lillford and Edwards, 1997) ทำการศึกษาแนวทางการนำเทคโนโลยีสะอาดไปใช้ในการลดของเสียจากการผลิตอาหาร ซึ่งในกระบวนการผลิตอาหารนั้นทำให้เกิดของเสียในรูปของคาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน และสารอื่นๆ หรือในบางครั้งก็มีการใช้สารเคมีในการฆ่าแมลง ฆ่าเชื้อรา การทำความสะอาด ทำให้สามารถเกิดการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมได้ ถึงแม้ว่าของเสียเหล่านี้จะสามารถย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์และเอนไซม์ตามธรรมชาติบางส่วน แต่ก็ยังถือว่าเป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จึงจำเป็นต้องนำเทคโนโลยีสะอาดมาใช้ในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเหล่านี้ ด้วยวิธีการปรับปรุงวัตถุดิบ การผลิต การนำกลับมาใช้ใหม่ การนำมารีไซเคิลและการปรับปรุงวิธีการกำจัดของเสีย สำหรับเทคโนโลยีสะอาดที่นำมาใช้สามารถแบ่งเป็น 7 หัวข้อหลักดังนี้ หัวข้อแรกเป็นการลดของเสียที่แหล่งกำเนิด รวมไปถึงการปรับปรุงวัตถุดิบ หัวข้อที่สองคือการออกแบบวัตถุดิบ หัวข้อที่สามคือการ recycle ซึ่งรวมไปถึงพลังงาน น้ำ ของเสียที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้ หัวข้อที่สี่คือการ recovery ให้ของเสียสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ หัวข้อที่ห้าคือการ conversion ซึ่งเป็นการเปลี่ยนของเสียให้กลายเป็นพลังงาน หัวข้อที่เจ็ดคือการบำบัดเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และหัวข้อสุดท้ายคือการกำจัดขยะด้วยการฝังกลบ นอกจากนี้งานวิจัยยังทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำเทคนิคต่างๆ ที่ควรนำมาใช้กับเทคโนโลยีสะอาด ซึ่งเทคนิคแรกที่เราควรนำมาใช้คือการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ เพื่อประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมและใช้ในการหาแนวทางแก้ไขผลกระทบนั้นด้วยเทคโนโลยีสะอาด เทคนิคที่สองคือการนำไปโอเทคโนโลยียมาใช้ใน

การปรับปรุงวัตถุดิบทางการเกษตร ซึ่งจะทำให้ลดการใช้พลังงานและของเสียลงได้ เทคนิคที่สามคือการลดการใช้พลังงานในการผลิตน้ำและอาหาร เทคนิคที่สี่คือเทคโนโลยีการแยก เช่น เมมเบรน เทคนิคที่ห้าคือการบำบัดของเสีย และเทคนิคสุดท้ายคือการปรับปรุงเรื่องการทำความสะดวกอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต ซึ่งจะทำให้ลดการใช้น้ำ ใช้น้ำมันได้

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นพบว่าการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยการใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีสะอาด และการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจนั้นเป็นที่ยอมรับ และสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาวิจัยเพื่อประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมได้อย่างเหมาะสม

2.2 การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

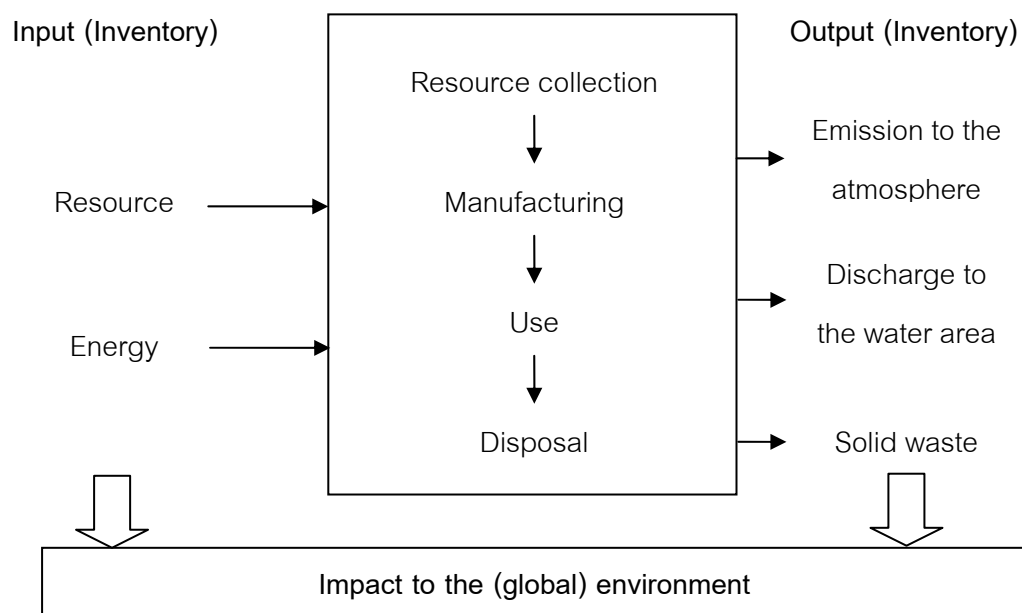
2.2.1 ความหมายและการนำการประเมินวัฏจักรชีวิตไปประยุกต์ใช้

องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (International Organization for Standardization: ISO) ได้ให้ความหมายของการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) ไว้ในอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 ว่า เป็นการเก็บรวบรวมและการประเมินค่าของสารขาเข้า และสารขาออก รวมถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีโอกาสเกิดขึ้นในระบบผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักร นอกจากนี้ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (National Metal and Materials Technology Center: MTEC) ได้ให้ความหมายของการประเมินวัฏจักรชีวิต ว่าเป็นกระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งาน ผลิตภัณฑ์ การใช้ใหม่ / แปรรูป และการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า พิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมและการประเมินโอกาสที่จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสุขภาพของชุมชน เพื่อที่จะหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

เทคนิคของการประเมินวัฏจักรชีวิตนั้นจะแตกต่างจากเครื่องมือทางสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ที่มีอยู่ คือ การประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นกระบวนการประเมินค่าผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ (Product) หรือหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ (Function) ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์นั้น โดยเน้นผลเชิงปริมาณชัดเจน ทำให้การศึกษากการประเมินวัฏจักรชีวิต มีความซับซ้อนมากกว่า

เครื่องมือทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เพราะต้องทำการวิเคราะห์ตั้งแต่แหล่งกำเนิดของทรัพยากรที่นำมาใช้ไปจนถึงขั้นตอนการทำลายซากผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในทุกประเด็นที่เกิดขึ้น และให้ความสำคัญทั้งในเรื่องของทรัพยากรที่สิ้นเปลืองไป และสารอันตรายที่ถูกปล่อยออกมา แต่การประเมินวัฏจักรชีวิต จะเป็นการมองผลกระทบในภาพรวมที่จะก่อให้เกิดปัญหาต่อโลก เช่น การทำให้โลกร้อนขึ้น มากกว่าที่จะมองเฉพาะสารพิษที่ปล่อยออกมา

ภาพที่ 2.2-1
แนวคิดของการประเมินวัฏจักรชีวิต



ที่มา : ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2551

การประเมินวัฏจักรชีวิตสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับกิจกรรม หรืองานวิจัยได้อย่างหลากหลาย โดยกลุ่มของผู้นำไปใช้งานอาจจำแนกได้เป็น 4 กลุ่มหลัก ได้แก่ ภาคอุตสาหกรรม บริษัทเอกชน ภาครัฐ องค์กรเอกชน (NGOs) และผู้บริโภค โดยมีรูปแบบของการนำไปใช้งานอยู่ในตารางที่ 2.2-1

ตารางที่ 2.2-1
การประยุกต์ใช้งานการประเมินวัฏจักรชีวิต

ภาคอุตสาหกรรม / บริษัทเอกชน	- ใช้สื่อสารให้ทราบถึงข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ - ออกแบบและปรับปรุงกระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์ - ใช้ต่อรองกับผู้จัดหาวัตถุดิบ (Supplier) ให้ผลิตผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น - พัฒนากลยุทธ์ด้านการตลาด กลยุทธ์ด้านธุรกิจ และแผนการลงทุน - พัฒนากลยุทธ์ด้านนโยบาย - พัฒนานโยบายของผลิตภัณฑ์ - การจัดทำฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 3
ภาครัฐ	- เป็นเกณฑ์ในการจัดทำข้อกำหนดของฉลากสิ่งแวดล้อม - การพัฒนาและจัดทำฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 3 - พัฒนาระบบการฝาก-การขอคืน (Deposit-refund systems) - ใช้ประกอบการพิจารณาเพื่อสนับสนุนเงินทุน หรือการจัดทำโครงสร้างภาษีอากร - พัฒนานโยบายทั่วไปของภาครัฐ
องค์กรเอกชน	- เป็นข้อมูลเพื่อเผยแพร่ต่อผู้บริโภค - เป็นข้อมูลสนับสนุนสำหรับการประชุม/สัมมนาในเวทีสาธารณะ - ใช้ข้อมูลเพื่อกดดันภาคเอกชนและรัฐบาลในการพัฒนาสิ่งแวดล้อม
ผู้บริโภค	ใช้ข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์

ที่มา : ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2551

2.2.2 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ได้ให้รายละเอียดการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ นั้นประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก โดยมีรายละเอียดดังนี้

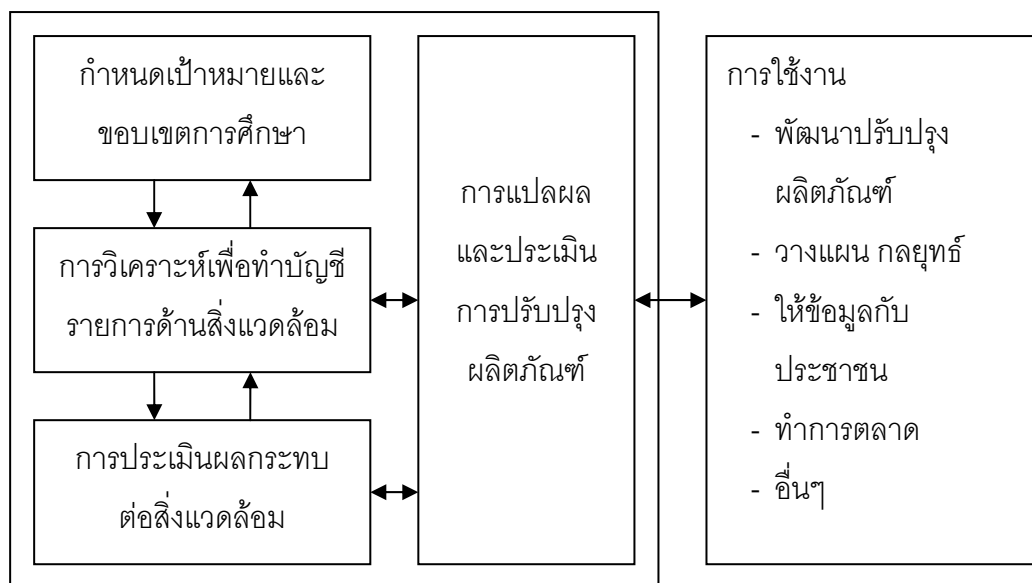
1. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope) ประกอบด้วย การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ (Product function) หน่วยการทำงาน (Functional unit) ขอบเขตระบบ (System boundary) และระบบผลิตภัณฑ์ (Product system) ขั้นตอนนี้มีอิทธิพลโดยตรงต่อทิศทาง และความละเอียดในการศึกษา จึงนับว่าเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก เพราะถ้าการกำหนดเป้าหมาย และขอบเขตไม่ครอบคลุมดีพอ จะทำให้การประเมินสารที่เข้าและสารที่ออกจากระบบ หรือประโยชน์ที่จะได้รับการปรับปรุงระบบนั้นทำได้ยากและไม่ตรงประเด็น

2. การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory) เป็นการเก็บรวบรวม และคำนวณข้อมูลที่ได้จากกระบวนการต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการกำหนดเป้าหมาย และขอบเขตการศึกษา ขั้นตอนนี้รวมถึงการสร้างผังของระบบผลิตภัณฑ์การคำนวณหาปริมาณของสารขาเข้า และสารขาออกจากระบบผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาถึงทรัพยากร และพลังงานที่ใช้ หรือการปล่อยของเสียออกสู่อากาศ น้ำ และดิน

3. การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Impact Assessment) เป็นการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของระบบผลิตภัณฑ์ จากข้อมูลการใช้ทรัพยากรและการปล่อยของเสีย หรือสารขาเข้าและขาออกที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม โดยการประเมินผลกระทบเกี่ยวข้องกับประเด็นหลักๆ คือ การนิยามประเภท(Category definition) การจำแนกประเภท (Classification) การกำหนดบทบาท(Characterization) และการให้น้ำหนักแก่แต่ละประเภท (Weighting)

4. การแปลผล (Interpretation) เป็นการนำผลการศึกษามาวิเคราะห์เพื่อสรุปผลพิจารณาข้อจำกัด การให้ข้อเสนอแนะที่มาจากผลการทำการประเมินวัฏจักรชีวิต หรือการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม และทำรายงานสรุปการแปลผลการศึกษาให้มีความสอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา

ภาพที่ 2.2-2
กรอบการดำเนินการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์



ที่มา : ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2551

2.3 เทคโนโลยีสะอาด

2.3.1 ความหมายของเทคโนโลยีสะอาด

กรมโรงงานอุตสาหกรรมได้ให้ความหมายของ เทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology, CT) หมายถึงการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตหรือผลิตภัณฑ์เพื่อให้การใช้วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากรธรรมชาติเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้เปลี่ยนเป็นของเสียน้อยที่สุด หรือไม่มีเลย จึงเป็นการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิดทั้งนี้รวมถึงการเปลี่ยนวัตถุดิบ การใช้ซ้ำ และการนำกลับมาใช้ใหม่ซึ่งจะช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและลดต้นทุนการผลิตไปพร้อมๆ กัน

2.3.2 หลักการของเทคโนโลยีสะอาด

สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมได้กล่าวถึงหลักการของเทคโนโลยีสะอาดไว้ โดยแบ่งออกเป็น 2 ด้านใหญ่ๆ คือ การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด และการนำกลับมาใช้ใหม่

1. การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด แบ่งได้เป็น 2 แนวทางใหญ่ๆ คือ การเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์ และการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต

1.1 การเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์ ทำได้โดยการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมน้อยที่สุด หรือให้มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น ลดการใช้สารเคมีอันตรายที่มีผลในการผลิต การใช้งาน และการทำลายหลังการใช้งาน เช่น ปรับเปลี่ยนสูตรของผลิตภัณฑ์ เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อผู้บริโภคนำไปใช้ ยกเลิกการใช้ชิ้นส่วนหรือองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และยกเลิกการบรรจุหีบห่อที่ไม่จำเป็น เป็นต้น

1.2 การเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต แบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ การเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบ การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี และการปรับปรุงกระบวนการ ให้สะดวก รวดเร็ว และเกิดของเสียหรือของเหลือใช้น้อยลง

1.2.1 การเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบ ทำได้โดยการเลือกใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพ หรือมีความบริสุทธิ์สูง รวมทั้งการลดหรือยกเลิก การใช้วัตถุดิบที่เป็นอันตราย เพื่อหลีกเลี่ยงการเติมสิ่งปนเปื้อนเข้าไปในกระบวนการผลิต และพยายามเลือกใช้วัตถุดิบที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น การไม่ใช้หมึกพิมพ์ที่มีแคดเมียมเป็นสารประกอบ การไม่ใช้น้ำยาไซยาไนด์ในการชุบผิวโลหะ

1.2.2 การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี ทำได้โดยการออกแบบระบบการผลิตใหม่ เพิ่มระบบอัตโนมัติเข้าไปช่วยในการผลิต ปรับปรุงคุณภาพของอุปกรณ์ หรือแสวงหาเทคโนโลยีใหม่ที่สามารถช่วยให้เกิดของเสียหรือของเหลือจากการผลิตน้อยลงมาใช้ เช่น การจัดวางผังโรงงานใหม่ที่ช่วยลดระยะการเคลื่อนย้ายวัสดุให้น้อยลง การควบคุมความเร็วมอเตอร์เพื่อควบคุมการสิ้นเปลืองพลังงาน

1.2.3 การปรับปรุงกระบวนการดำเนินการ ทำได้โดยปรับปรุงวิธีการผลิตเดิมโดยใช้เทคนิคการลด การรวม และการทำขั้นตอนการผลิตให้ง่ายขึ้น รวดเร็วขึ้น ซึ่งส่งผลให้การผลิตใช้เวลาน้อยลง ใช้พลังงานน้อยลง และผู้ปฏิบัติงานทำงานได้ง่ายขึ้น ซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดของเสียจากการผลิตลดลง เช่น ในกรณีที่มีผลิตภัณฑ์หลายแบบ การวางแผนการผลิตที่ดีจะช่วยลดการที่ต้องเสียเวลาปรับตั้งเครื่องจักรก่อนเริ่มงานเพราะเปลี่ยนแบบผลิตภัณฑ์

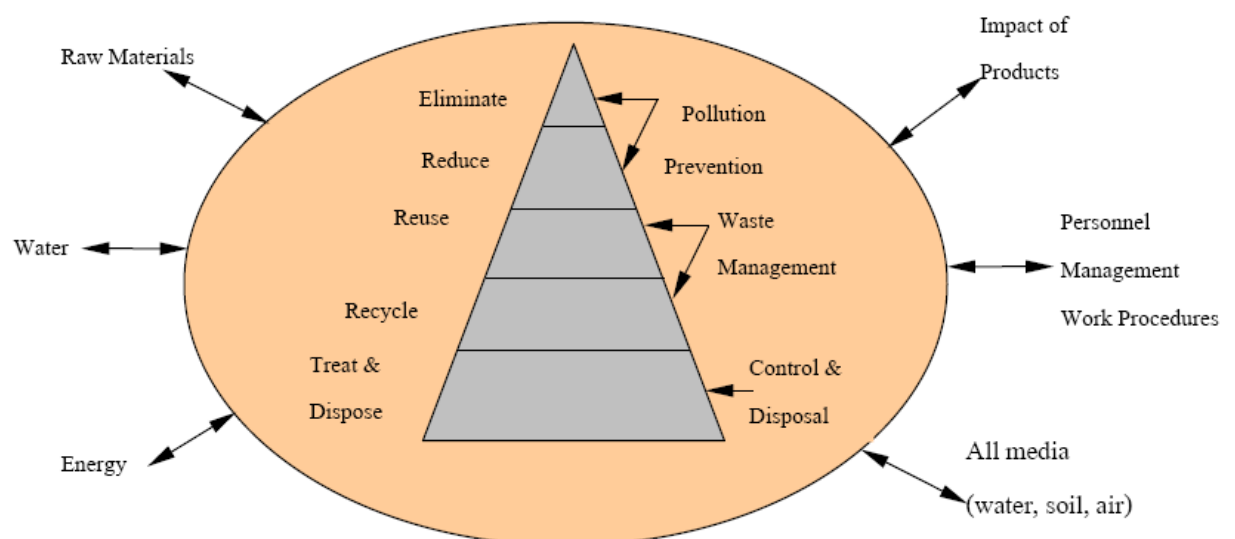
2. การนำกลับมาใช้ใหม่ แบ่งออกได้เป็น 2 แนวทางคือ การนำผลิตภัณฑ์เก่ากลับมาใช้ใหม่หรือการใช้ผลิตภัณฑ์หมุนเวียน และ การใช้เทคโนโลยีหมุนเวียน

2.1 การใช้ผลิตภัณฑ์หมุนเวียน ทำได้โดยการหาทางนำวัตถุดิบ ที่ไม่ได้คุณภาพมาใช้ประโยชน์ หรือหาทางใช้ประโยชน์จากสารหรือวัสดุที่ปนอยู่ในของเสีย โดยการนำกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตเดิม หรือกระบวนการผลิตอื่นๆ

2.2 การใช้เทคโนโลยีหมุนเวียน เป็นการนำเอาของเสีย ไปผ่านกระบวนการต่างๆ เพื่อให้สามารถนำเอากลับมาใช้ได้อีก หรือเพื่อทำให้เป็นผลพลอยได้ เช่น การนำน้ำหล่อเย็น น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตหรือตัวทำละลาย ตลอดจนวัสดุอื่น ๆ กลับมาใช้ใหม่ในโรงงาน การนำพลังงานความร้อนส่วนเกิน หรือเหลือใช้กลับมาใช้ใหม่ เป็นต้น

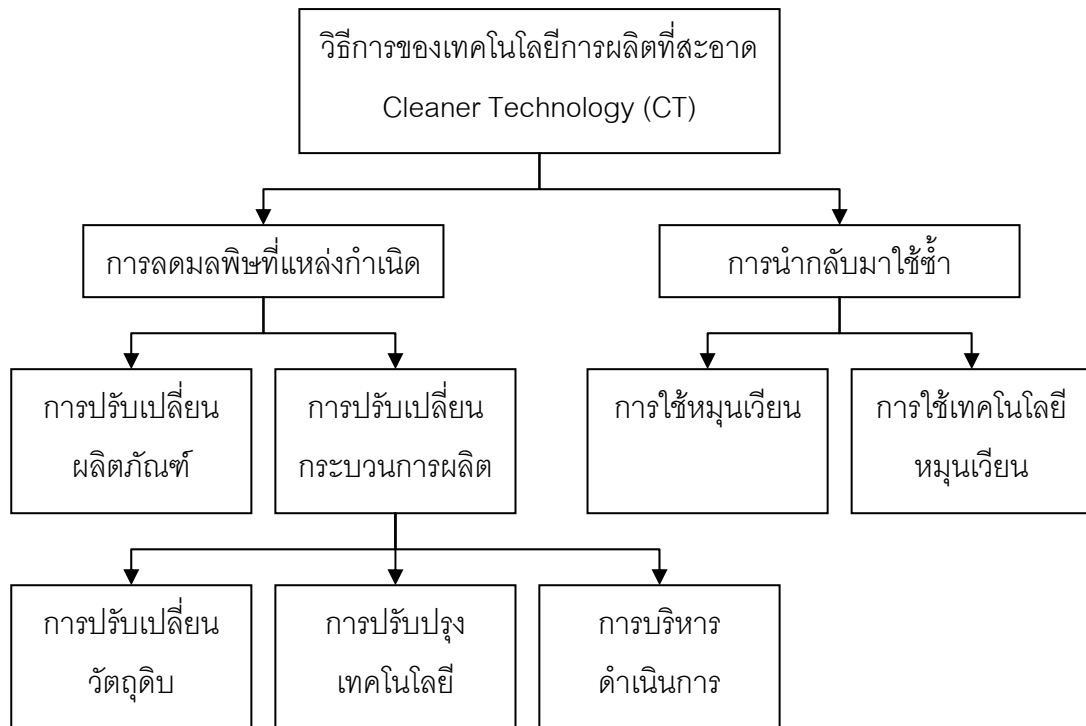
การนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ควรจะดำเนินการ ณ จุดกำเนิดของเสีย นั้น มากกว่าการขนย้ายไปจัดการที่อื่น โดยเฉพาะของเสียที่เกิดจากการปนเปื้อนของวัตถุดิบ เช่น การแยกน้ำเสียด้วยไฟฟ้าเพื่อแยกโลหะ เช่น ดีบุก ทองแดง หรือตะกั่ว เพื่อนำกลับมาใช้งาน ซึ่งจะทำได้ง่าย และมีประสิทธิภาพสูงรวมทั้งลดอัตราเสี่ยง จากการปนเปื้อน ในระหว่างรวบรวมหรือขนถ่าย

ภาพที่ 2.3-1
ภาพรวมของหลักการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดในการป้องกันมลพิษ



ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545

ภาพที่ 2.3-2
วิธีการดำเนินงานเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด



ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545

2.4 ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

2.4.1 ความหมายของประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ได้ให้ความหมายของประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ หรือ Eco-efficiency นั้นมาจากการรวมกันของคำว่า Ecology ที่แปลว่าระบบนิเวศ และ Economy ที่แปลว่าเศรษฐกิจ กับคำว่า Efficiency ที่แปลว่า ประสิทธิภาพ ดังนั้น คำว่า Eco-efficiency คือ การจัดการให้ภาคธุรกิจมีศักยภาพในการแข่งขันมากขึ้น ควบคู่ไปกับการรับผิดชอบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

แนวคิด Eco-efficiency นี้ริเริ่มโดยคณะกรรมการนักธุรกิจเพื่อสิ่งแวดล้อมโลก หรือ World Business Council for Sustainable Development หรือ WBCSD ซึ่งเป็นการรวมตัวของกลุ่มบริษัทชั้นนำระหว่างประเทศ และได้รับการยอมรับอย่างเป็นทางการในการประชุมสุดยอดด้านสิ่งแวดล้อม หรือ Earth Summit เมื่อปี 2535 โดย WBCSD ได้กำหนดแนวทางที่จะช่วยให้การดำเนินงานด้านธุรกิจประสบความสำเร็จในเชิงนิเวศเศรษฐกิจ 7 ประการ ดังนี้

1. ลดการใช้ทรัพยากรหรือวัตถุดิบในการผลิตและการบริการ
2. ลดการใช้พลังงานในการผลิตและการบริการ
3. ลดการระบายสารพิษออกสู่สิ่งแวดล้อม
4. เสริมสร้างศักยภาพการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่
5. ส่งเสริมการใช้ทรัพยากรหมุนเวียน
6. เพิ่มอายุของผลิตภัณฑ์
7. เพิ่มระดับการให้บริการแก่ผลิตภัณฑ์และเสริมสร้างธุรกิจบริการ

แนวคิด Eco-efficiency ดังกล่าว เป็นวิธีการที่เหมาะสมกับภาคธุรกิจ เนื่องจากเป็นการสร้างความสมดุลระหว่างความเจริญก้าวหน้าทางธุรกิจ (การเพิ่มผลกำไรให้กับองค์กร) และการรักษาระบบนิเวศโดยการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไปพร้อมๆ กัน นอกจากนี้ ยังเป็นดัชนีชี้วัดความสัมพันธ์ด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมที่มุ่งไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน อันเป็นเป้าหมายโดยรวมของนานาประเทศในระยะยาวต่อไป

2.4.2 ประโยชน์ที่ได้รับ

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ได้กล่าวถึงประโยชน์ที่ได้รับจากการนำประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจมาใช้ในการด้านธุรกิจ และสิ่งแวดล้อมไว้ดังนี้

1. ด้านธุรกิจ / การค้า / การตลาด

1.1 ช่วยประเมินให้เห็นถึงสภาพของผลิตภัณฑ์ องค์กร หรือภาคธุรกิจ ในช่วงระยะเวลาต่างๆ ที่ผ่านมา สามารถใช้เทียบเคียงสมรรถนะด้านการจัดการกับองค์กรหรือภาคธุรกิจอื่น ๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน (Benchmarking) อันจะนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตภายในองค์กรหรือภาคธุรกิจ

1.2 สามารถนำผลที่ได้จากการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency) มาปรับปรุงผลิตภัณฑ์ของตนเองให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

1.3 ช่วยลดต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์ ทั้งในส่วนของการใช้พลังงานและการใช้ทรัพยากร

1.4 สามารถใช้ในการกำหนดบทบาทเชิงนโยบายของกลยุทธ์ขององค์กรหรือภาคธุรกิจสำหรับการดำเนินงานในอนาคตได้

1.5 ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต หรืออีกนัยหนึ่งคือการเพิ่มศักยภาพด้านการแข่งขันของอุตสาหกรรม

1.6 ใช้เป็นกลยุทธ์ด้านการตลาดและส่งเสริมภาพลักษณ์ของบริษัท ในการเป็นผู้นำด้านการพัฒนาและผลิตสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

2. ด้านสิ่งแวดล้อม

2.1 ช่วยลดมลพิษทางด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ลดการใช้ทรัพยากร ก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรหมุนเวียนมากขึ้น ลดการปล่อยมลภาวะ เป็นต้น

2.2 ก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน

2.4.3 ขั้นตอนการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ได้กล่าวถึงการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมนั้น โดยปกติแล้ว เป็นการคำนวณเพื่อหาสัดส่วนระหว่างมูลค่าของผลิตภัณฑ์หรือบริการ (Product or service value) กับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental impact) โดยในส่วนของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเอง มักจะเน้นการพิจารณาที่การใช้พลังงาน วัสดุ น้ำ (Consumption of energy, materials, and water) และการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Green house gas) หรือคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) นั้นเอง

ในการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมจึงต้องพยายามปรับปรุงคุณภาพของสินค้าหรือบริการ ในขณะเดียวกันก็ต้องพยายามลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้เหลือน้อยที่สุด

(เจนจิรา พุทธรชัย, 2552, น. 19-21) การวัดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจนั้นเป็นการผสมผสานหลักการของเศรษฐกิจ และนิเวศวิทยาที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ หรือบริการเข้าด้วยกัน ซึ่งแสดงดังสมการที่ 2.4-1

$$\text{Eco-index} = \frac{\text{Investment Cost (Baht)}}{\text{CO}_2 \text{ Reduction (kg/Yr)}}$$

สมการ 2.4-1

เนื่องจากการคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจมีหลายวิธีเพราะทั้งผลิตภัณฑ์หรือการบริการ และผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมประกอบได้ด้วยตัวชี้วัด (Indicator) มากมายที่ไม่สามารถนำมารวมกันเป็นตัวเลขเดียวได้ บริษัทจึงต้องเลือกอัตราส่วนของประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจที่เหมาะสมกับกระบวนการสำหรับการสื่อสาร และตัดสินใจไปสู่การปฏิบัติของผู้บริหาร และคนในองค์กรรวมทั้งบุคคลภายนอกทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจทั้งทางตรง และทางอ้อม มูลค่าและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสามารถวัดได้จากหลายวิธี เช่น กระบวนการผลิต สถานที่ตั้งโรงงานหรือบริษัทโดยรวม การตลาดสินค้าแต่ละประเภทหรือสภาพการณ์เศรษฐกิจโดยรวม เช่นเดียวกันอัตราส่วนของประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจสามารถคำนวณได้จากหลายทาง ตัวชี้วัดตัวเดียวกันอาจไม่เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์และธุรกิจ เช่น ตัวชี้วัดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจสำหรับโรงงานผลิตผงซักฟอกอาจเป็นกิโลกรัมที่ผลิตต่อปริมาณพลังงานที่ใช้ในการผลิตเป็นกิโลจูล ในทางกลับกันผู้จัดการผลิตภัณฑ์สามารถคำนวณตัวชี้วัดบนพื้นฐานของมูลค่าทางเศรษฐกิจ เช่น ราคาขายของผงซักฟอกต่อปริมาณพลังงานที่ใช้ในการผลิตเป็นกิโลจูล หรือพิจารณาบนพื้นฐานของการใช้งาน เช่น จำนวนรอบโดยเฉลี่ยของการซักที่ต่อปริมาณพลังงานที่ใช้ในการผลิตเป็นกิโลจูล เป็นต้น

ตัวชี้วัดจะทำให้ผู้บริโภคเข้าใจถึงการดำเนินงานทางด้านสิ่งแวดล้อม ในธุรกิจหลายๆแห่งได้ใช้ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในการแสดงของคุณลักษณะการใช้งาน ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์เทียบกับผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ประสิทธิภาพการใช้น้ำมันของรถยนต์แสดงโดยระยะทางเป็นกิโลเมตรต่อปริมาณน้ำมันที่ใช้ หรือ กิโลเมตรต่อลิตร ซึ่งตัวชี้วัดที่มีการนำมาใช้เชิงนิเวศเศรษฐกิจมี 2 แบบ คือ

1. ตัวชี้วัดแบบทั่วไป ซึ่งสามารถใช้ได้ในธุรกิจทั่วไป (Generally Applicable Indicator) เป็นตัวชี้วัดที่สามารถนำมาใช้ในทุกธุรกิจได้อย่างแท้จริงและเป็นที่ยอมรับกันสากล โดยแต่ละตัวชี้วัดมีความเกี่ยวข้องกับปัญหาสิ่งแวดล้อมในระดับโลก ตัวชี้วัดที่มีการนำมาใช้แบบทั่วไปสำหรับมูลค่าผลิตภัณฑ์หรือบริการ คือ ปริมาณของสินค้าและบริการที่ผลิตหรือขายได้ ที่สามารถวัดได้ นับจำนวนได้ในทางกายภาพ การส่งมอบหรือให้บริการแก่ลูกค้า ซึ่งจะมีประโยชน์สูงสุดถ้ามีการวัดในลักษณะจำเพาะ เช่น ในแต่ละโรงงานหรือหน่วยบริการ การวัดจะทำได้ในรูปน้ำหนัก ปริมาณ หรือจำนวนนับ ซึ่งข้อมูลส่วนใหญ่สามารถใช้ข้อมูลภายในบริษัทที่มีอยู่แล้ว ข้อควรระวัง

คือไม่ควรรวมตัวเลขหรือการนับจำนวนรวมของผลิตภัณฑ์ต่างชนิดกันเข้าด้วยกัน ข้อมูลระดับองค์กรจะเป็นประโยชน์ในการติดตามการดำเนินการขององค์กรในภาพรวมแต่ข้อมูลเฉพาะประเภทสินค้าจะมีประโยชน์ในการพัฒนาแผนการปรับปรุง การดำเนินงานของบริษัท

2. ตัวชี้วัดที่มีการนำมาใช้เฉพาะธุรกิจ (Business Specific Indicators) เป็นตัวชี้วัดเฉพาะธุรกิจ โดยที่การพิจารณาความสำคัญของตัวชี้วัดดูได้จากธรรมชาติของแต่ละธุรกิจ ซึ่งตัวชี้วัดกลุ่มนี้ไม่จำเป็นจะต้องมีความสำคัญน้อยกว่าตัวชี้วัดกลุ่มแรก โดยที่ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจะพิจารณาตั้งแต่การผลิตสินค้าจนถึงบริโภคสินค้านั้น

2.4.4 เครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติได้กล่าวถึงเครื่องมือที่สามารถนำมาใช้ร่วมกับการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ มีความจำเป็นที่ต้องนำเครื่องมือทางสิ่งแวดล้อม (Environmental Tools) เข้ามาประยุกต์ใช้ทั้งในส่วนของ การประเมินผลกระทบและการปรับปรุงผลิตภัณฑ์หลังทราบสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์หรือธุรกิจแล้ว ซึ่งเครื่องมือทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญต่อการทำการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ มีดังนี้

การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment; LCA) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์และประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต หรือกิจกรรมต่างๆ ในเชิงปริมาณ (Quantitative) โดยพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิต ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่ การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งาน/การบำรุงรักษา การใช้ซ้ำ (Reuse) รวมถึงการหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) และการกำจัดหลังหมดอายุการใช้งาน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave)

เทคโนโลยีสะอาด (Cleaner Technology, CT) คือ การพัฒนา เปลี่ยนแปลง ปรับปรุงอย่างต่อเนื่องของกระบวนการผลิต การบริการ และการบริโภค โดยเกิดผลกระทบและความเสี่ยงต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ในขณะนั้น และต้องมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งทำได้โดย การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด การใช้ซ้ำ และ/หรือ การนำกลับมาใช้ใหม่ โดยได้รับความร่วมมือจากทุกคนในองค์กร

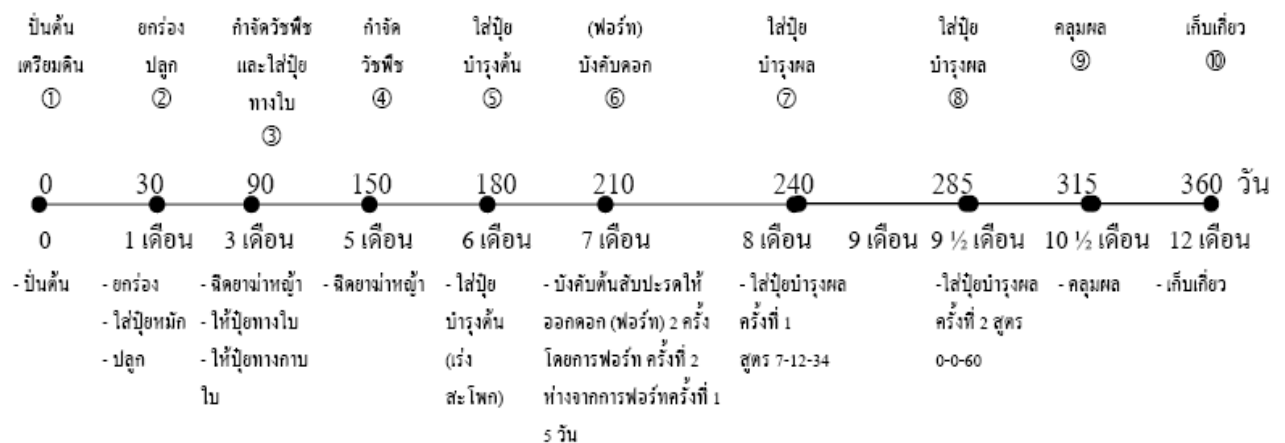
การออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Economic & Ecological Design หรือ EcoDesign) เป็นกระบวนการที่ผนวกแนวคิดด้านเศรษฐศาสตร์และด้านสิ่งแวดล้อมเข้าไปในขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Product Life Cycle) ตั้งแต่ขั้นตอนการวางแผนพัฒนาผลิตภัณฑ์ ช่วงการออกแบบ ช่วงการผลิต ช่วงการนำไปใช้ และช่วง

การทำลาย / กำจัดหลังการใช้งาน ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนในแต่ละขั้นตอนของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไปพร้อมๆ กัน โดยส่งผลดีต่อธุรกิจ ชุมชน และสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นแนวทางนำไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Development)

2.5 กระบวนการปลูกสับปะรด

สับปะรดที่ใช้ในการผลิตสับปะรดกระป๋องคือสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย พันธุ์นี้รู้จักแพร่หลายในนามสับปะรดศรีราชา และชื่ออื่นๆ เช่น ปรานบุรี สามร้อยยอด ปลูกกันมากเพื่อโรงงานอุตสาหกรรม แหล่งปลูกที่สำคัญ คือ ประจวบคีรีขันธ์ ระยอง เพชรบุรี กาญจนบุรี ชลบุรี และราชบุรี สับปะรดพันธุ์นี้มีใบสีเขียวเข้ม และเป็นร่องตรงกลางผิวใบด้านบนเป็นมันเงา ส่วนใต้ใบจะมีสีออกเทาเงิน ตรงบริเวณกลางใบมักมีสีแดงอมน้ำตาล ขอบใบเรียบมีหนามเล็กน้อยบริเวณปลายใบ กลีบดอกสีม่วงอมน้ำเงิน ผลมีขนาดและรูปร่างต่างกันไป มีน้ำหนักผลอยู่ระหว่าง 2-6 กิโลกรัม แต่โดยปกติทั่วไปประมาณ 2.5 กิโลกรัม เปลือกผลเมื่อดิบสีเขียวคล้ำ เมื่อแก่จัดจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมส้มทางด้านล่างของผลประมาณครึ่งผล และสำหรับการปลูกสับปะรดเพื่อส่งโรงงานนั้นจะทำการยกแปลงและมีเครื่องหมายบอกระยะหลุมปลูก ที่ริมแปลงทั้งสองข้างเกษตรกรหรือคนงานจะขุดหลุมปลูกตามตำแหน่ง โดยใช้จอบหรือเหล็กปลูกที่ทำขึ้นโดยเฉพาะ ส่วนการปลูกในพื้นที่ราบและไม่มีการยกแปลง ต้องทำการวัดระยะโดยใช้เชือกที่ทำเครื่องหมายบอกระยะห่างของต้น แล้วปลูกตามตำแหน่งนั้น การปลูกอาจปักหน่อพันธุ์ให้เอียงหรือตรงก็ได้ไม่แตกต่างกันแต่อย่างใด การปลูกสับปะรดนั้นจะใช้เวลาตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 12 เดือน ซึ่งกระบวนการปลูกสับปะรดนั้นในช่วงเดือนแรกจะเป็นการเตรียมดินและปลูกสับปะรด ในช่วงเดือนที่ 2 ถึงเดือนที่ 11 จะเป็นการดูแลรักษา และจึงสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ในเดือนที่ 12 ซึ่งมีรายละเอียดแสดงในภาพที่ 2.5-1

ภาพที่ 2.5-1
ปฏิทินการปฏิบัติตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดกระบวนการปลูกสับปะรด

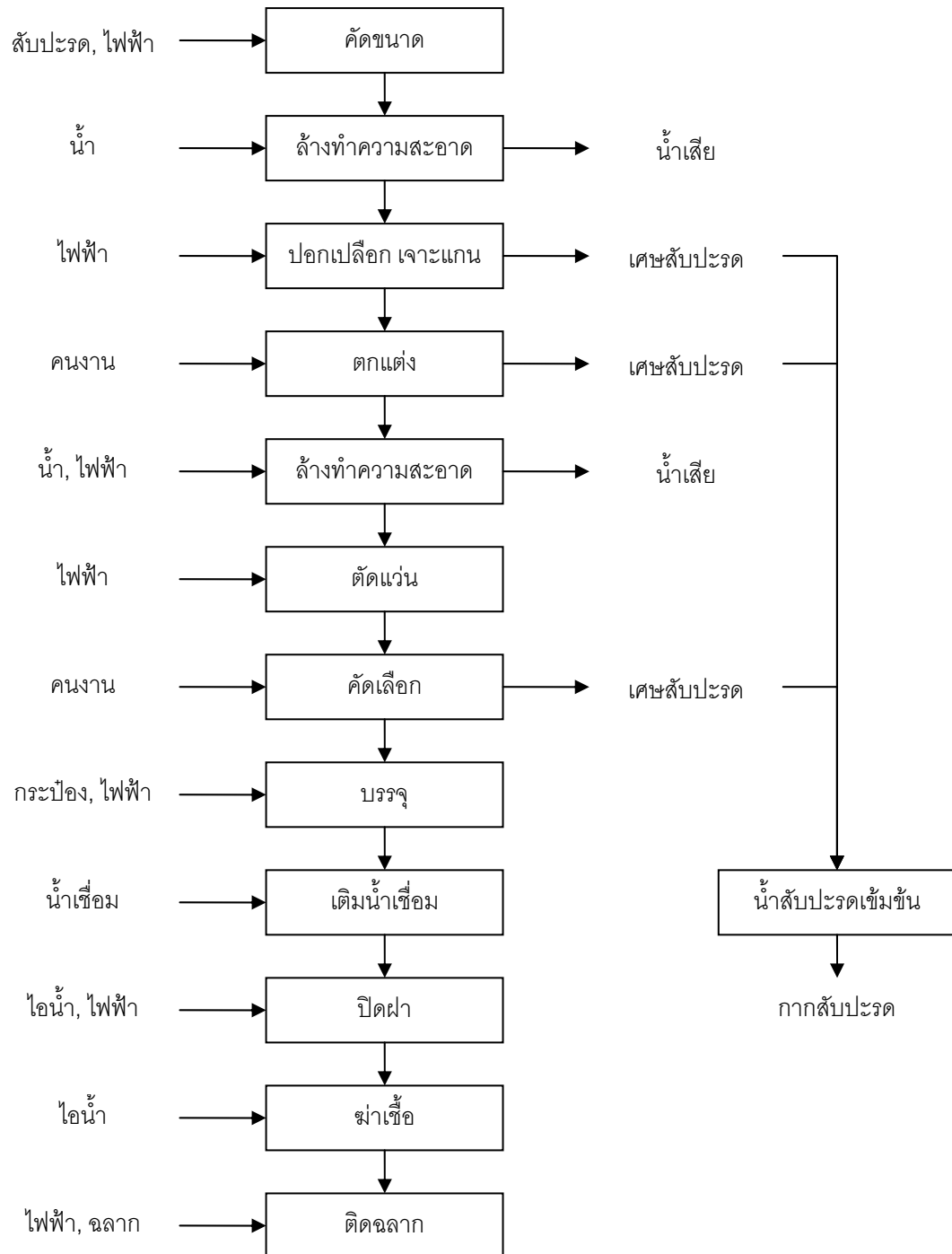


ที่มา : สำนักงานเกษตร อำเภอเมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

2.6 กระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้น

กระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้นภายในโรงงานนั้นเริ่มจากกระบวนการล้าง คัดผลสับปะรด ปอกเปลือก เจาะแกน จิกตา ตัดแต่ง ซึ่งส่วนที่เป็นเนื้อสับปะรดจะนำไปผลิตเป็นสับปะรดกระป๋อง ส่วนที่เหลือจะถูกนำไปผลิตเป็นน้ำสับปะรดเข้มข้นและจำหน่ายเป็นอาหารสัตว์ ซึ่งรายละเอียดกระบวนการผลิตมีดังนี้

ภาพที่ 2.6-1
กระบวนการผลิต



ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545

2.6.1 กระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋อง

1. การลำเลียงผลสับปะรดที่เข้าสู่กระบวนการผลิตจะถูกหักก้านและยอดออกก่อนการบรรจุทุกใส่รถเข้าสู่โรงงาน เมื่อรถขนสับปะรดมาที่โรงงานแล้วจะใช้แรงงานคนลำเลียงสับปะรดหรือใช้เครื่องจักรยกรถเพื่อเทให้ผลสับปะรดหล่นลงสู่สายพาน และในระหว่างนี้จะมีเจ้าหน้าที่คัดคุณภาพดูความสมบูรณ์ของสับปะรด หากสับปะรดไม่ได้คุณภาพจะถูกคัดออกไป

2. กระบวนการล้างผลสับปะรด ซึ่งมีจุดมุ่งเพื่อขจัดเศษดิน ผุ่น หรือมดที่อาจติดอยู่กับผลสับปะรดออกให้หมด ซึ่งอาจทำได้ 2 วิธี คือ การใช้น้ำฉีดที่ผลสับปะรดในขณะที่สับปะรดเคลื่อนที่อยู่บนสายพาน และการแช่ผลสับปะรดในอ่างน้ำล้าง น้ำที่นำมาล้างอาจเป็นน้ำธรรมดา น้ำผสมคลอรีน น้ำร้อนที่ได้จากน้ำคอนเดนเสท หรือน้ำผสมไอน้ำ เป็นต้น

3. การคัดขนาดจะใช้เครื่องคัดขนาดที่มีลักษณะเป็นสกรูขับให้ผลสับปะรดผลใหญ่เคลื่อนที่ไปสู่กระบวนการผลิตเป็นสับปะรดกระป๋อง สำหรับผลสับปะรดขนาดเล็กจะตกในช่องระหว่างสกรู เพื่อทำการคัดออกหรือนำไปเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำสับปะรดต่อไป

4. การปอกเปลือกและเจาะแกนในโรงงานขนาดเล็กจะใช้แรงงานคน หรือใช้เครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติซึ่งต้องอาศัยพนักงานคอยควบคุม สำหรับโรงงานขนาดกลางขึ้นไปจะใช้เครื่องจินากา (Ginaca) ซึ่งจะปอกเปลือก และเจาะแกนออกพร้อมกันในขั้นตอนเดียว

5. การตัดแต่งและตัดเป็นแว่น ซึ่งการตัดแต่งสับปะรดที่ผ่านการปอกเปลือกแล้วจะขึ้นอยู่กับปริมาณของตา และเปลือกสับปะรดที่ติดอยู่ พนักงานจะให้มีดปอกเปลือกและจิกตาตัดแต่งผลสับปะรดก่อนส่งเข้าสู่เครื่องหั่นแว่น กระบวนการนี้จะมีการใช้น้ำเพื่อล้างทำความสะอาดสับปะรดอยู่ตลอดเวลา โดยน้ำที่ใช้ อาจเป็นน้ำปรับสภาพอุณหภูมิปกติ หรือน้ำปรับสภาพผสมคลอรีน

6. การบรรจุสับปะรดลงกระป๋อง สับปะรดที่เป็นแว่นจะถูกคัดตามสีของเนื้อสับปะรด ก่อนที่พนักงานจะทำการบรรจุเนื้อสับปะรดลงกระป๋องโดยตรง โรงงานขนาดกลางขึ้นไปจะใช้เครื่องเติมน้ำเชื่อมแบบท่อเจาะรูเพื่อให้น้ำเชื่อมไหลลงสู่กระป๋องในขณะที่กระป๋องเคลื่อนที่ผ่านบนสายพานลำเลียง

7. การไล่อากาศ และปิดฝา ก่อนการปิดฝาจำเป็นต้องนำอากาศภายในกระป๋องออกให้หมด การไล่อากาศจะอาศัยเครื่องไล่อากาศแบบเปิด ซึ่งจะให้ความร้อนด้วยไอน้ำโดยตรงกับกระป๋องขณะที่กระป๋องถูกลำเลียงบนสายพานภายในเครื่องไล่อากาศ แล้วจึงผ่านเข้าสู่เครื่องปิดฝาต่อไป

8. การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ จะมีการใช้เครื่องฆ่าเชื้อระบบเปิด ซึ่งเป็นการแช่กระป๋องในน้ำร้อนเพื่อฆ่าเชื้อขณะที่กระป๋องเคลื่อนที่ไปตามสายพาน เครื่องฆ่าเชื้อระบบเปิดนี้จะส่งผ่านความร้อนด้วยไอน้ำทั้งแบบโดยตรง และแบบโดยอ้อม

9. การทำให้เย็น จะมีลักษณะการทำงานเหมือนเครื่องฆ่าเชื้อ เพราะจะเป็นเครื่องเดียวกันที่ทำงานต่อกันมาหลังจากฆ่าเชื้อแล้ว กระป๋องสับปะรดจะถูกจุ่มลงในน้ำเย็นและลำเลียงผ่านสายพาน เมื่ออุณหภูมิลดลงแล้วจึงนำไปจัดเก็บ ปิดฉลาก และบรรจุหีบห่อเพื่อจำหน่ายต่อไป

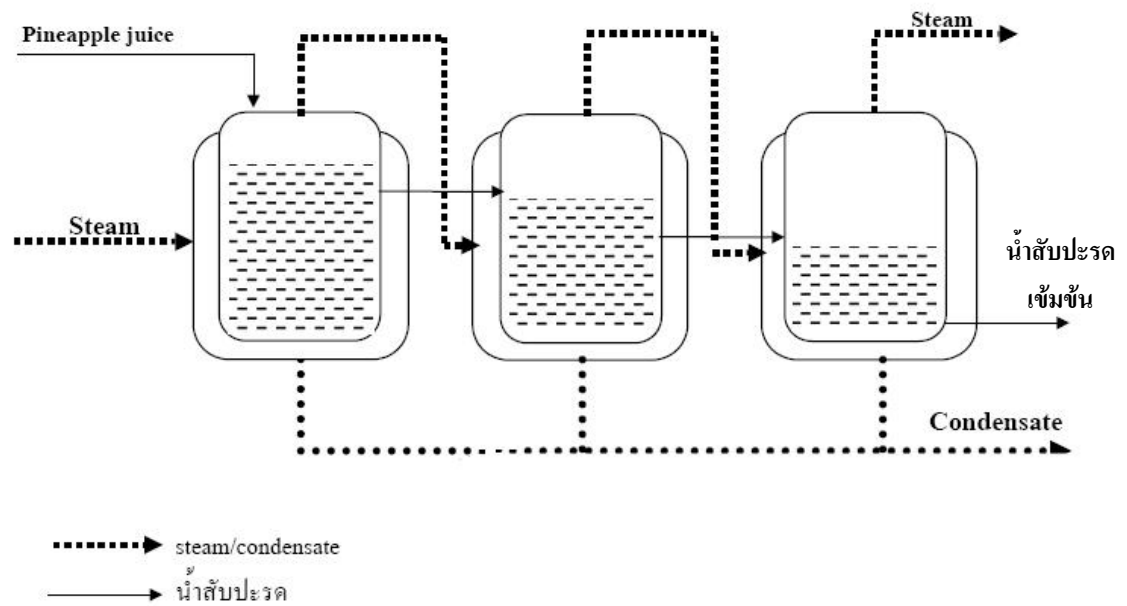
2.6.2 กระบวนการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น

การผลิตน้ำสับปะรดจะใช้เนื้อสับปะรดที่เหลือจากกระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋อง (by product) จะถูกส่งไปผลิตเป็นน้ำสับปะรด การคั้นน้ำโดยรางเกลียว และผ่านสายพานเลือกเศษ ซึ่งมีพนักงานคอยเลือกเปลือกเล็กๆ สีเขียว ที่ติดมาจากการปอกเปลือกออก ต่อจากนั้นจะผ่านขบวนการตีปั่น และผ่านเข้าสู่เครื่องคั้นน้ำ ซึ่งส่วนหนึ่งที่ได้เป็นกากออกมาส่งขายเป็นอาหารสัตว์ ส่วนน้ำที่ได้คือส่วนที่เรียกว่าน้ำสับปะรดดิบ จากนั้นจะผ่านการให้ความร้อนประมาณ 60-62 องศาเซลเซียส แล้วจึงส่งไปเข้าเครื่องเกลียวแยกตะกอนออก ส่วนของน้ำที่ได้ออกมาจะเป็นน้ำสับปะรดใสตะกอนน้อยส่งไปยังถังพัก จากนั้นส่งไปยังเครื่องทำระเหยเพื่อคั้นน้ำออกจากสับปะรดจนมีความเข้มข้น 60 องศาบริกซ์ ซึ่งการทำระเหยนํ้าเป็นแบบ 3 ขั้นตอน (Three Stages) มีขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

1. ขั้นตอนที่ 1 ไอน้ำจะถูกบ้อนเข้าไประเหยนํ้าสับปะรดที่อยู่ในถังแรก ขั้นตอนนี้ น้ำจะถูกระเหยออกประมาณ 1/2 เท่า แล้วผ่านน้ำสับปะรดเข้าไปยังถังที่ 2
2. ขั้นตอนที่ 2 ใช้ไอน้ำที่ได้จากการระเหยนํ้าสับปะรดจากถังแรก ไประเหยนํ้าสับปะรดในถังที่ 2 ทำการระเหยนํ้าออก 1/2 เท่า แล้วผ่านน้ำสับปะรดเข้มข้นเข้าไปยังถังที่ 3
3. ขั้นตอนที่ 3 ใช้ไอน้ำที่ได้จากการระเหยนํ้าสับปะรดจากถังที่ 2 ไประเหยนํ้าสับปะรดในถังที่ 3 ทำการระเหยนํ้าออกอีกประมาณ 1/2 เท่า ถึงขั้นนี้แล้วปริมาณความหวานของน้ำสับปะรดจะได้ประมาณ 60 องศาบริกซ์

ซึ่งน้ำสับปะรดเข้มข้นที่ได้จะนำมาบรรจุในถุงพลาสติกและช้อนด้วยถังโลหะขนาด 200 ลิตร เพื่อเตรียมจำหน่ายต่อไป

ภาพที่ 2.6-2
กระบวนการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น



ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545

บทที่ 3 วิธีการศึกษา

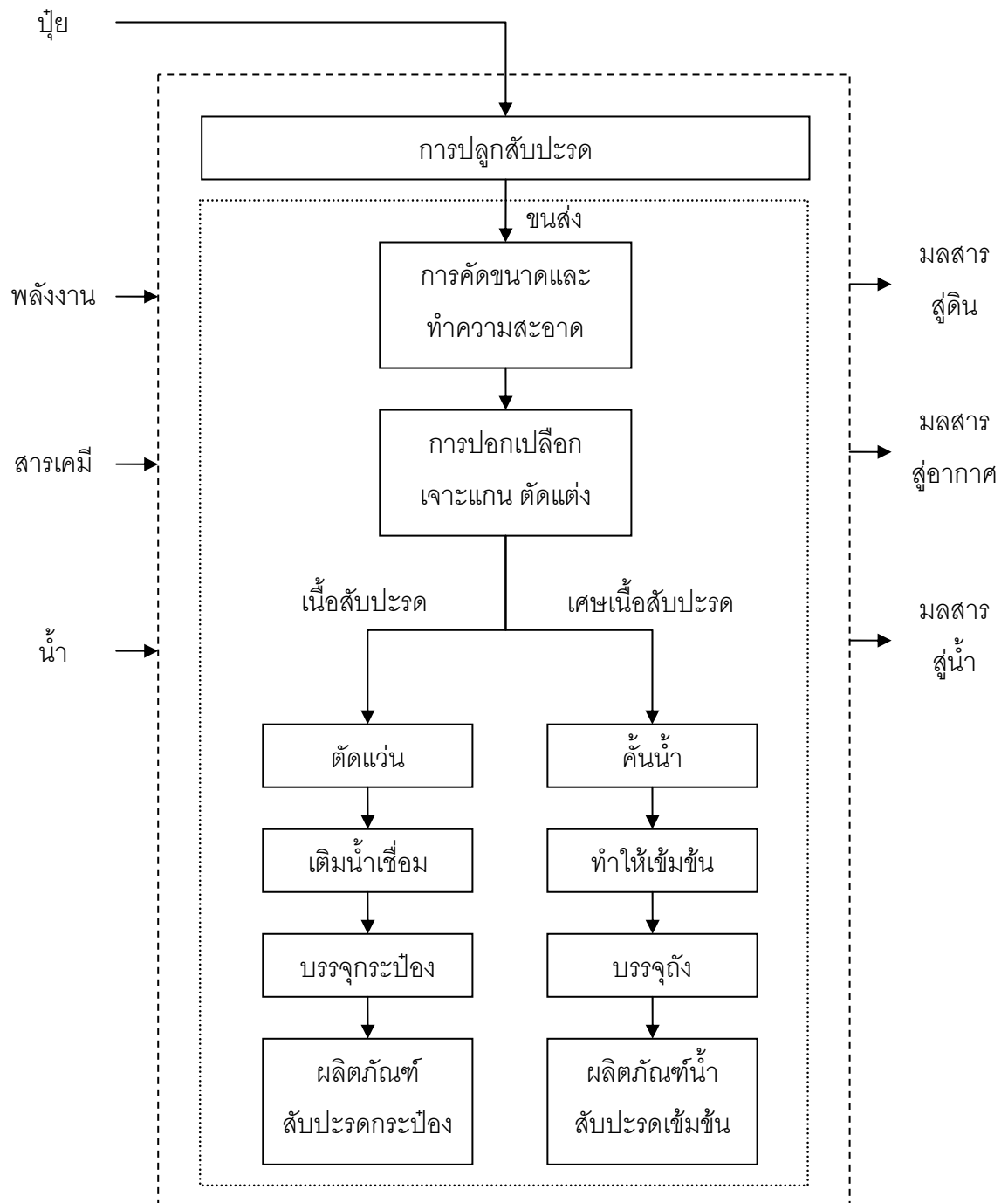
การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยใช้แนวคิดการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์นี้ ใช้ขั้นตอนการศึกษาอ้างอิงจาก International Organization for Standards (ISO) 14040 ซึ่งมี 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition) การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Data Inventory) การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Impact Assessment) และการแปลผล (Interpretation) เมื่อทราบถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น จึงประเมินหาแนวทางการลดผลกระทบที่เหมาะสมด้วยหลักการเทคโนโลยีสะอาด และการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition)

การศึกษานี้จัดทำขึ้นเพื่อทราบถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการผลิตสับปะรดกระป๋อง และน้ำสับปะรดเข้มข้น รวมทั้งการหาแนวทางการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นอย่างเหมาะสม ซึ่งขอบเขตการศึกษาเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการปลูกสับปะรดจนถึงการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ หรือที่เรียกว่า (Cradle to Gate) ด้วยแนวคิดการประเมินวัฏจักรชีวิต และประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในรูปของก๊าซเรือนกระจก ซึ่งข้อมูล emission factor ที่นำมาใช้ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมนั้นได้จากฐานข้อมูลโปรแกรม SimaPro 7.1 ประกอบกับการใช้ข้อมูล emission factor จากคู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจัดทำภายใต้ความร่วมมือระหว่างองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) และศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ โดยประเมินผลกระทบในรูปของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม เมื่อทราบผลประเมินแล้ว จึงหาจุดบกพร่องในกระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้น ที่ส่งผลกระทบด้านลบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เพื่อหาแนวทางการลดผลกระทบนั้นด้วยหลักการเทคโนโลยีสะอาด และประเมินแนวทางการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีความเป็นไปได้ในเชิงธุรกิจด้วยการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ซึ่งผลสุดท้ายของการประเมินและปรับปรุงจะออกมาในรูปของค่าเงินการลงทุน ปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้ ก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงและตัวเลขการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

ภาพที่ 3.1-1

ขอบเขตการศึกษากระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้น



3.2 การจัดทำบัญชีรายการ (Data Inventory)

3.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection)

การเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งเป็นข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ ข้อมูลปฐมภูมิคือข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและเก็บข้อมูลภายในโรงงาน ได้แก่ ข้อมูลการขนส่ง ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อน ข้อมูลปริมาณวัตถุดิบ ปริมาณบรรจุภัณฑ์ ปริมาณน้ำใช้ น้ำเสีย ข้อมูลระบบการผลิตและการบำบัดของเสีย ส่วนข้อมูลทุติยภูมิ คือ ข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้ารายงานการวิจัยจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ข้อมูลอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋องจากกรมโรงงาน ข้อมูลการใช้พลังงานภาคอุตสาหกรรมจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ข้อมูลการปลูกสับปะรดจากกรมวิชาการเกษตร ข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก(องค์การมหาชน) ซึ่งร่วมมือกับศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติในการจัดทำข้อมูล ข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก (UNFCCC) คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC)

3.2.2 หน่วยการทำงาน (functional unit)

การศึกษานี้ศึกษาถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ 2 ประเภทด้วยกัน คือ ผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อมและน้ำสับปะรดเข้มข้น 60 องศาบริกซ์ ทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์นี้มีการกำหนดหน่วยการทำงาน 1 ตันผลิตภัณฑ์

3.2.3 การปันส่วนข้อมูล (Allocation)

ในกรณีที่กระบวนการผลิตได้ผลิตภัณฑ์มากกว่า 2 ชนิดจำเป็นต้องมีการปันส่วนข้อมูล สาธารณูปโภคและมลสารที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม การศึกษานี้จะใช้ปริมาณมวลสารเป็นตัวกำหนดสัดส่วนการปันส่วน

3.2.4 สมมุติฐานและวิธีการคำนวณการเกิดก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง

การวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเนื่องจากการใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต การขนส่ง ดำเนินการโดยการประเมินจากปริมาณคาร์บอน (Carbon) ที่อยู่ในเชื้อเพลิงซึ่งอ้างอิงจาก Carbon Emission Factor (CEF) ของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC) ดังตารางที่ ก.1 (ภาคผนวก ก) การคำนวณหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (3.2 – 1)

$$\text{CO}_2\text{Emission} = ((\text{Fuel Consumption} \times \text{CEF}_i) - \text{Carbon Stored}) \times \text{Fraction oxidized} \times \frac{44}{12}$$

สมการ 3.2-1

โดยที่

CO ₂ Emission	= ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมา (kg)
Fuel Consumption	= ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (TJ)
CEF _i	= สัมประสิทธิ์ค่าปริมาณคาร์บอนในเชื้อเพลิง (kg Carbon/TJ)
Fraction oxidized	= สัดส่วนของการออกซิไดซ์ สมมติฐานให้เท่ากับ 0.99
Carbon Stored	= คาร์บอนที่หลงเหลือจากการเผาไหม้ สมมติฐานให้เท่ากับ 0

การคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์ (Non – CO₂) สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (3.2 – 2)

$$\text{Non – CO}_2\text{ Emission} = \text{Emission Factor}_{abc} \times \text{Fuel Consumption}_{abc}$$

สมการ 3.2-2

โดยที่

Non – CO ₂ Emission	= ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์ (kg)
Emission Factor	= สัมประสิทธิ์การปล่อยมลสารที่ไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์ (kg/TJ)
a	= Fuel Type หมายถึงชนิดของเชื้อเพลิง
b	= Sector Activity หมายถึงกิจกรรมที่ศึกษาเช่นการเกษตร เป็นต้น
c	= Technology Type หมายถึงรูปแบบของเครื่องยนต์

ค่า Emission Factor ของก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ใช่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แสดงในตารางที่ ก.2 และ ก.3 (ภาคผนวก ก)

3.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Impact Assessment)

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Impact Assessment) เป็นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ จากข้อมูลการใช้ทรัพยากร และการปล่อยของเสียหรือสารเข้าและขาออก ในแต่ละกระบวนการที่ได้มาจากขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการ ซึ่งการประเมินผลกระทบของการศึกษานี้จะมุ่งเน้นที่ผลกระทบสิ่งแวดล้อมชั้นกลาง โดยการประเมินผลกระทบเกี่ยวข้องกับประเด็นหลักๆ คือ การจำแนกประเภท และการกำหนดบทบาท

การกำหนดบทบาทเป็นขั้นตอนการนำข้อมูลปริมาณสารต่าง ๆ ที่ได้จากการทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมมาประเมินผลกระทบเชิงปริมาณตามกลุ่มของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งการประเมินทำได้โดยการแปลงค่าสารแต่ละตัวในกลุ่มของผลกระทบเดียวกันให้อยู่ในรูปตัวเลขที่บอกถึงค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากสารแต่ละตัวมีศักยภาพในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระดับที่แตกต่างกัน จึงต้องนำมาเทียบอ้างอิงกับสารพื้นฐาน โดยดูจากความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบ (Potential environment impact) ซึ่งคำนวณจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคนิค ในการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่สนใจ คือ ภาวะโลกร้อน (Global warming) ใช้สมการดังต่อไปนี้ (วิทยา กันยา, 2551)

$$EP(j)_i = Q_i \times EF(j) \quad \text{สมการ 3.3-1}$$

โดยที่

$EP(j)_i$ = the emission's potential contribution to the environmental impact (j)

Q_i = the magnitude of emission of substance (i)

$EF(j)$ = the substance's equivalency factor for the environmental impact category (j)

j = Global warming, Acidification, Eutrophication

ในการคำนวณผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจะใช้ฐานข้อมูลจากโปรแกรมสำเร็จรูปด้านการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ เช่น Sima Pro และข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก(องค์การมหาชน) ซึ่งร่วมมือกับศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติในการจัดทำข้อมูล มาใช้สำหรับการศึกษาวิจัย

การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ในการศึกษานี้เป็นการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อ Global Warming โดยแปลงค่าผลกระทบอยู่ในรูปของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หลังจากทำการประเมินด้านสิ่งแวดล้อมแล้ว จึงทำการประเมินผลกระทบจากสารเข้าว่าสารตัวใดที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เพื่อหาแนวทางในการลดผลกระทบต่อไป

3.4 การแปลผล (Interpretation)

การแปลผลการศึกษา คือ การนำผลการศึกษามาวิเคราะห์เพื่อสรุปผล พิจารณาข้อจำกัดการให้ข้อเสนอแนะที่มาจากผลการประเมินวัฏจักรชีวิต หรือการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม และทำรายงานสรุปการแปลผลการศึกษาให้มีความสอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา

ในการศึกษานี้นอกจากจะประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการผลิต สับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้นแล้ว ยังทำการศึกษาเพื่อเสนอแนะแนวทางการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยใช้หลักการเทคโนโลยีสะอาด และประเมินหาแนวทางการแก้ไขที่เหมาะสมที่สุด โดยการใช้หลักประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

3.5 การศึกษาแนวทางการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม

เมื่อทราบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้นโดยใช้แนวคิดการประเมินวัฏจักรชีวิตแล้ว จะทำให้ทราบถึงส่วนที่ต้องให้ความสำคัญในการแก้ไขปัญหาเป็นอันดับแรก โดยนำหลักการเทคโนโลยีสะอาดมาใช้เป็นเครื่องมือในการประยุกต์ใช้

3.6 การประเมินแนวทางแก้ไขเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม

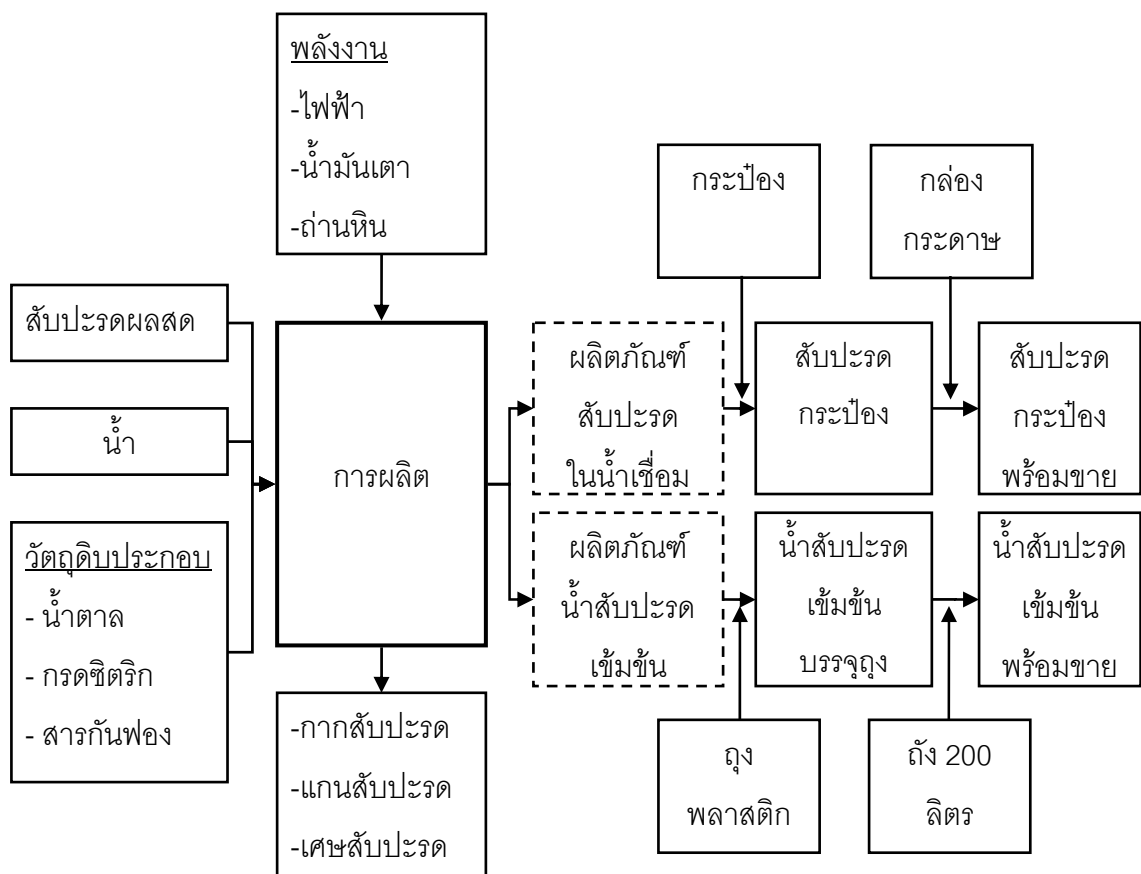
ในการประเมินแนวทางแก้ไขเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมนั้นเครื่องมือที่นำมาใช้ในการประเมิน คือ การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-index) ซึ่งในการศึกษานี้จะประเมินความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม โดยใช้สมการที่เป็นสัดส่วนของเงินลงทุน และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลง ดังสมการนี้

$$\text{Eco-index} = \frac{\text{Investment Cost (Baht)}}{\text{CO}_2 \text{ Reduction (kg/Yr)}} \quad \text{สมการ 3.6-1}$$

บทที่ 4 ผลการศึกษา

การศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการผลิตสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้น 60 องศาบริกซ์นั้น จำเป็นต้องศึกษาข้อมูลสารขาเข้า สารขาออก การผลิตจนกลายเป็นผลิตภัณฑ์ และการขนส่ง ซึ่งข้อมูลสารขาเข้า สารขาออกนั้นในการผลิตสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้น มีรายละเอียดดังภาพที่ 4-1 ดังนี้

ภาพที่ 4-1
ข้อมูลสารขาเข้า สารขาออก ในการผลิตสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้น

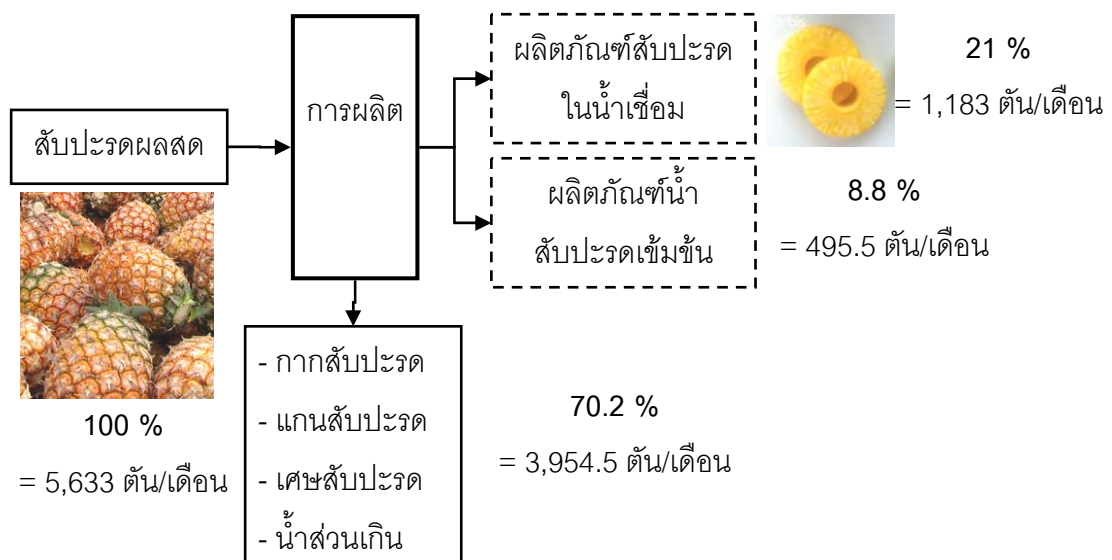


4.1 การสำรวจข้อมูลภายในโรงงาน

4.1.1 ข้อมูลวัตถุดิบ

วัตถุดิบในการผลิตสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้นนั้น มีวัตถุดิบที่ใช้ร่วมกันคือ สับปะรดผลสด ดังนั้นจึงต้องทำสมดุลมวลสารของสับปะรด เพื่อประเมินเป็นปริมาณการใช้สับปะรดผลสดในการผลิตสับปะรดในน้ำเชื่อมและน้ำสับปะรดเข้มข้น ในการผลิตนั้นใช้สับปะรดผลสดที่ผ่านการตัดก้านและจุกแล้ว ลำเลียงเข้าสู่ระบบการผลิตปริมาณ 5,633 ตันต่อเดือน นำไปผลิตเป็นสับปะรดในน้ำเชื่อมปริมาณ 1,183 ตันต่อเดือนนำไปผลิตเป็นน้ำสับปะรดเข้มข้นปริมาณ 495.5 ตันต่อเดือน ส่วนที่เป็นแกนสับปะรด กากสับปะรดที่เหลือจากการทำน้ำสับปะรด เศษสับปะรดส่วนที่นำมาใช้ทำน้ำสับปะรดไม่ได้ และน้ำส่วนเกินมีปริมาณ 3,954.5 ตันต่อเดือน รายละเอียดแสดงในภาพที่ 4.1-1

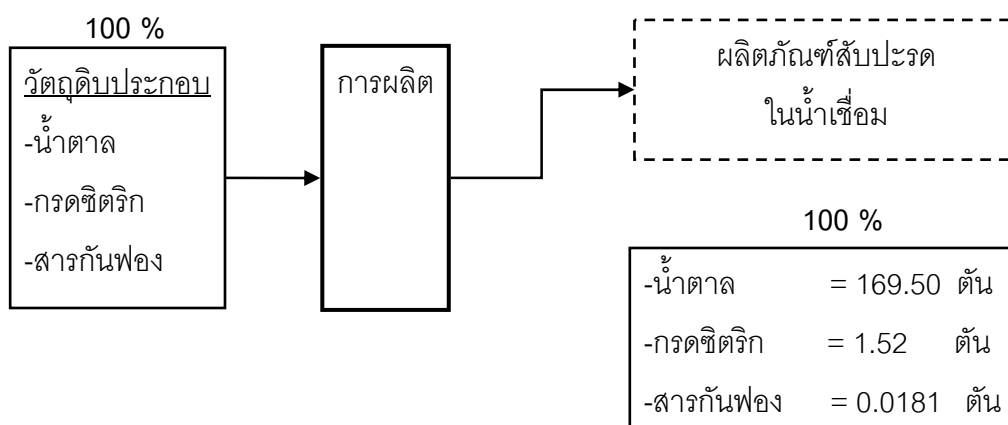
ภาพที่ 4.1-1
สมดุลมวลสารสับปะรด



วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้นนั้นมีการใช้สับปะรดที่เหลือจากการผลิตสับปะรดในน้ำเชื่อมเป็นวัตถุดิบเพียงอย่างเดียว แต่สำหรับการผลิตสับปะรดในน้ำเชื่อม

นั้น วัตถุดิบที่ใช้ประกอบด้วย สับปะรดผลสด น้ำ น้ำตาล กรดซิตริกและสารกันการเกิดฟอง(ไดเมทิล โพลีซิลิโตน) ซึ่งมีปริมาณการใช้วัตถุดิบประกอบในการผลิตสับปะรดในน้ำเชื่อมดังรูปที่ 4.1-2

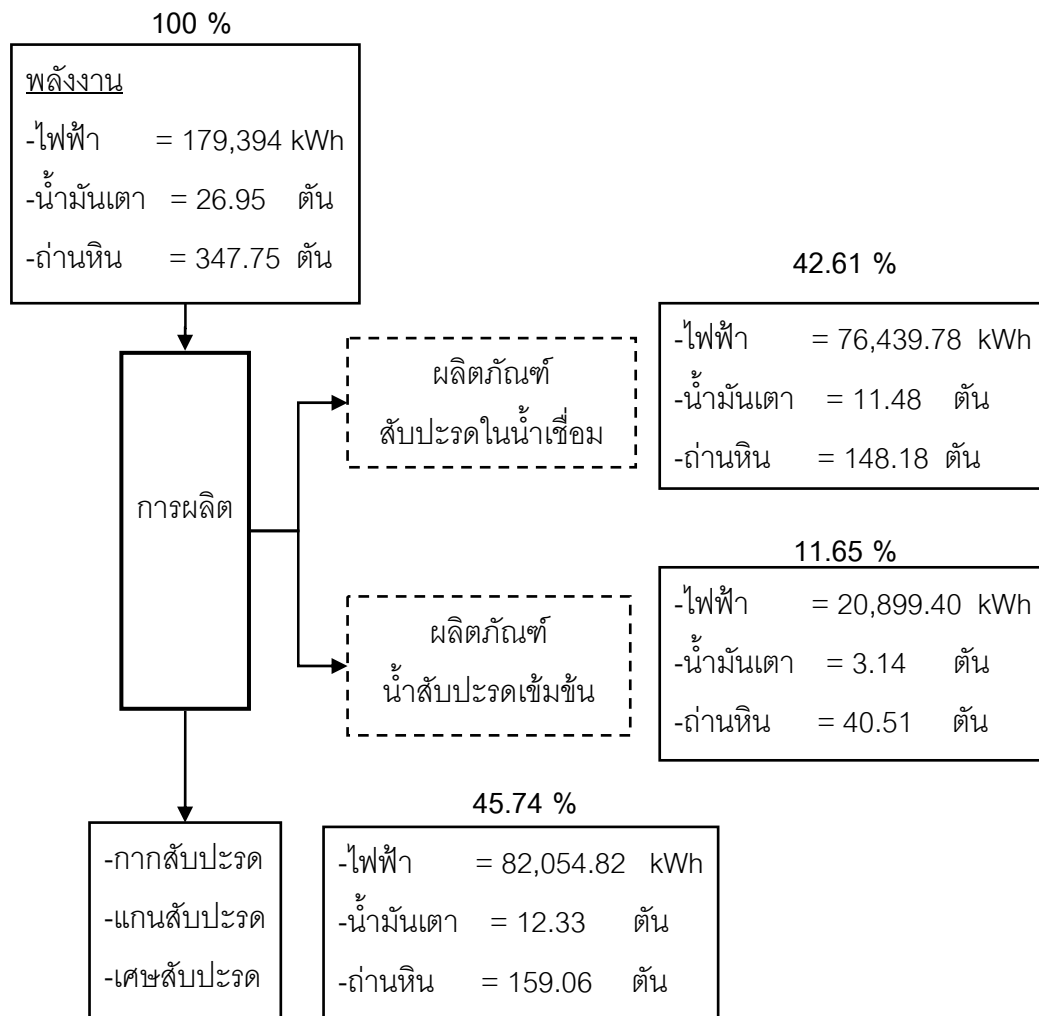
ภาพที่ 4.1-2
ปริมาณการใช้วัตถุดิบประกอบในการผลิตสับปะรดในน้ำเชื่อม



4.1.2 ข้อมูลการใช้พลังงาน

พลังงานที่ใช้ภายในโรงงานแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ พลังงานไฟฟ้า ถ่านหินและน้ำมันเตา ซึ่งในการประเมินการใช้พลังงานในการผลิตสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้น จะนำค่าพลังงานการใช้ไฟฟ้า น้ำมันเตา และถ่านหิน มาทำการปันส่วนโดยมวลผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อม คิดเป็น 42.61% ผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้น คิดเป็น 11.65% และส่วนที่เหลือจากการผลิต คิดเป็น 45.74% ซึ่งมีรายละเอียดการใช้พลังงานในการผลิตดังภาพที่ 4.1-3

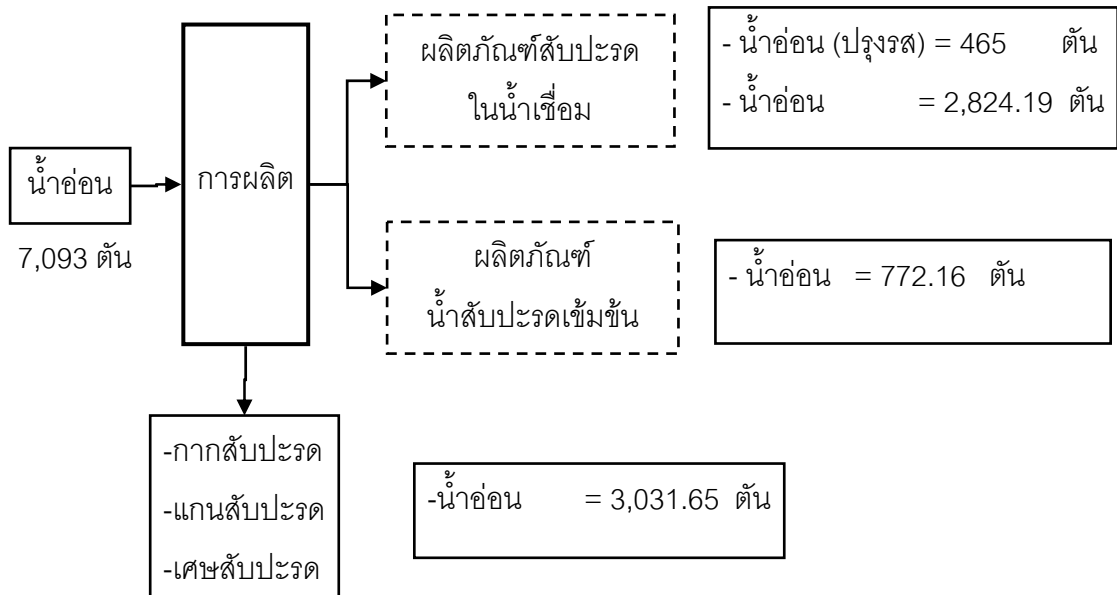
ภาพที่ 4.1-3
สัดส่วนการใช้พลังงานในการผลิต



4.1.3 ข้อมูลการใช้น้ำ

แหล่งน้ำที่ใช้ภายในโรงงานมาจากน้ำบาดาล ซึ่งมีการสูบน้ำขึ้นมาใช้ปริมาณ 9,331 ตันต่อวัน เป็นน้ำดิบนำไปใช้ในการล้างผล ล้างพื้นปริมาณ 2,239 ตันต่อวัน และนำไปบำบัดเป็นน้ำอ่อนเพื่อใช้ในกระบวนการผลิต ทำน้ำปรุงรส และใช้ในหม้อไอน้ำปริมาณ 7,093 ตันต่อเดือน ซึ่งสัดส่วนปริมาณการใช้น้ำอ่อน แสดงในภาพที่ 4.1-4

ภาพที่ 4.1-4
สัดส่วนการใช้ น้ำ

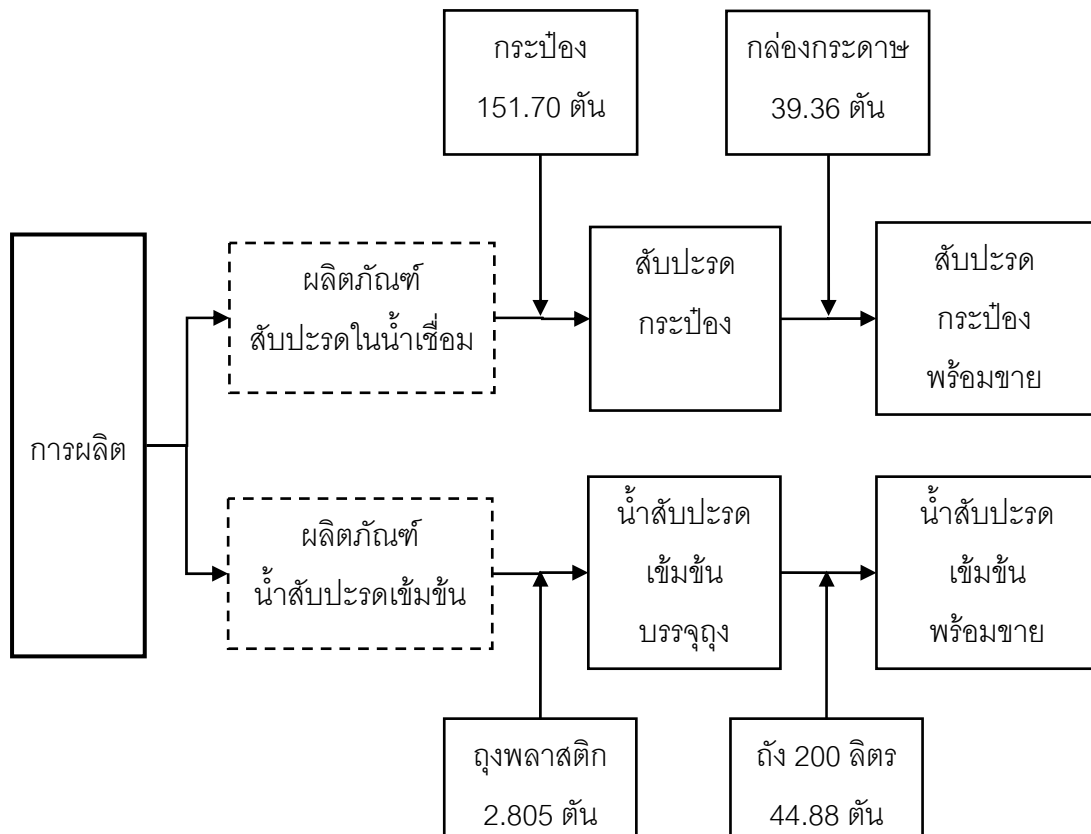


4.1.4 ข้อมูลการใช้บรรจุภัณฑ์

ในการผลิตสับปะรดกระป๋องนั้น เมื่อได้ผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อมแล้ว ทางโรงงานจะบรรจุกระป๋องและแพ็คใส่กล่องเพื่อเตรียมส่งขายต่างประเทศต่อไป ผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋องที่ผลิตจากโรงงานมี 3 ขนาดด้วยกัน ได้แก่ ขนาดบรรจุ 20 ออนซ์ บรรจุกล่องละ 24 กระป๋อง ขนาด 30 ออนซ์บรรจุกล่องละ 24 กระป๋อง และขนาดบรรจุ 108 ออนซ์ บรรจุกล่องละ 6 กระป๋อง

ในการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้นนั้น เมื่อได้ผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้นแล้วจึงทำการบรรจุลงถุงพลาสติกและบรรจุลงในถังขนาด 200 ลิตรอีกชั้น ปริมาณน้ำหนักสุทธิของน้ำสับปะรดเข้มข้นคือ 265 กิโลกรัมต่อถัง รายละเอียดการใช้บรรจุภัณฑ์แสดงในภาพที่ 4.1-5

ภาพที่ 4.1-5
การใช้บรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อมและน้ำสับปะรดเข้มข้น



4.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูลภายในโรงงาน

จากข้อมูลการสำรวจภายในโรงงานสามารถวิเคราะห์เป็นปริมาณสารที่ใช้ต่อตันผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อม และน้ำสับปะรดเข้มข้น ได้ดังตารางที่ 4.1-1 และตารางที่ 4.1-2

ตารางที่ 4.1-1

รายการข้อมูลการใช้วัตถุดิบ พลังงาน และบรรจุภัณฑ์ในการผลิตสับปะรดในน้ำเชื่อม

รายการสารขาเข้า	ปริมาณสารที่ใช้ ต่อเดือน	คิดเป็นปริมาณสาร ต่อตันผลิตภัณฑ์	หน่วย
สับปะรด	1,183.00	0.6526	ตัน
น้ำตาล	169.50	0.0935	ตัน
กรดซิตริก	1.5200	0.0008	ตัน
สารกันการเกิดฟอง	0.0181	0.00001	ตัน
น้ำอ่อน (ปรุงรส)	465.00	0.2565	ตัน
ไฟฟ้า	76,439.78	42.1651	kWh
น้ำมันเตา	11.48	0.00633	ตัน
ถ่านหิน	148.18	0.08174	ตัน
น้ำอ่อน (ผลิต)	2,824.19	1.5579	ตัน
กระป๋อง	151.70	0.0837	ตัน
กล่องกระดาษ	39.36	0.0217	ตัน

ตารางที่ 4.1-2

รายการข้อมูลการใช้วัตถุดิบ พลังงานและบรรจุภัณฑ์ในการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น

รายการสารขาเข้า	ปริมาณสารที่ใช้ ต่อเดือน	คิดเป็นปริมาณสาร ต่อตันผลิตภัณฑ์	หน่วย
สับปะรด	495.5	1	ตัน
ไฟฟ้า	20,899.40	42.1784	kWh
น้ำมันเตา	3.14	0.00634	ตัน
ถ่านหิน	40.51	0.08176	ตัน
น้ำอ่อน (ผลิต)	772.16	1.5583	ตัน
ถัง 200 ลิตร	44.88	0.0906	ตัน
ถุงพลาสติก	2.80	0.0057	ตัน

4.2 การขนส่ง

การเก็บข้อมูลการขนส่งนั้น ต้องเก็บข้อมูลปริมาณการบรรทุก ระยะทางการขนส่ง ชนิดของพาหนะขนส่ง เพื่อนำมาประเมินเป็นผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งการขนส่งสับปะรดมายังโรงงานนั้นพาหนะที่ใช้ในการขนส่งคือรถ 18 ล้อ โดยทางโรงงานจะส่งรถไปรับถึงไร่ที่ทำสัญญาซื้อขายสับปะรดกับทางโรงงานคิดเป็น 95% ของวัตถุดิบสับปะรดที่ป้อนเข้าสู่โรงงาน นอกจากนี้จะมีเกษตรกรบางส่วนที่ไม่ได้ทำสัญญาซื้อขายสับปะรดกับทางโรงงานขนส่งสับปะรดมาขายที่โรงงานซึ่งคิดเป็นสัดส่วนประมาณ 5% ของวัตถุดิบสับปะรดที่ป้อนเข้าสู่โรงงาน

สำหรับการขนส่งน้ำตาล กรดซิตริก ไคเมทิลโพธิโซเลน บรจุภัณฑ์และเชื้อเพลิงต่าง ๆ นั้นทางบริษัทผู้ขายจะเป็นผู้จัดส่งสินค้าให้กับทางโรงงานสับปะรดกระป๋อง

4.3 การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

เมื่อเก็บข้อมูลภายในโรงงานและจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมต่างๆแล้ว จึงนำข้อมูลเหล่านั้นมาประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้วยแนวคิดการประเมินวัฏจักรชีวิต โดยใช้ข้อมูล Emission Factor จากฐานข้อมูล SimaPro 7.1 ร่วมกับค่า Emission Factor จากคู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจัดทำโดยคณะกรรมการคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทย ภายใต้ความร่วมมือระหว่างองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก(องค์การมหาชน) ร่วมกับศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ซึ่งผลการประเมินมีดังนี้

4.3.1 การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋อง

ในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋องเป็นการใช้ค่า Emission Factor จากคู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์มาคำนวณเกือบทั้งหมด ยกเว้นการคำนวณ emission ของกระป๋องซึ่งใช้ฐานข้อมูลจาก SimaPro ร่วมกับข้อมูลพลังงานจากโรงงานผลิตกระป๋องแห่งหนึ่ง ซึ่งผลการศึกษาพบว่าในการใช้สาร และการใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อผลิตสับปะรดกระป๋องนั้นมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณ 799.4905 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันผลิตภัณฑ์ และ 289.9115 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยรวมของการใช้สารและ

บรรจุภัณฑ์เท่ากับ 1,089.4020 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันผลิตภัณฑ์ต่อตันผลิตภัณฑ์
รายละเอียดแสดงในตารางที่ 4.3-1 ตารางที่ 4.3-2 และภาพที่ 4.3-1

ตารางที่ 4.3-1

ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการใช้สารเพื่อผลิตสับปะรดกระป๋อง

รายการสารขาเข้า	ปริมาณ ต่อตันผลิตภัณฑ์	ผลคำนวณ(สาร) kg CO ₂ /ตันผลิตภัณฑ์	ผลคำนวณ(ขนส่ง) kg CO ₂ /ตันผลิตภัณฑ์
สับปะรด (ตัน)	0.6526	430.6873	1.4476
น้ำตาล (ตัน)	0.0935	100.9780	0.2786
กรดซิตริก (ตัน)	0.0008	0.9978	0.0062
สารกันการเกิดฟอง (ตัน)	0.00001	0.0119	0.0001
น้ำอ่อน (ปรุงรส) (ตัน)	0.2565	0.0066	-
ไฟฟ้า (kWh)	42.1651	23.6546	-
น้ำมันเตา (ตัน)	0.00633	21.9098 (ผลิต+เผาไหม้)	0.0104
ถ่านหิน (ตัน)	0.08174	219.3666(ได้มา+เผาไหม้)	0.0949
น้ำอ่อน (ผลิต) (ตัน)	1.5579	0.0402	-
รวม		797.6528	1.8377
รวมสาร และ ขนส่ง		799.4905	

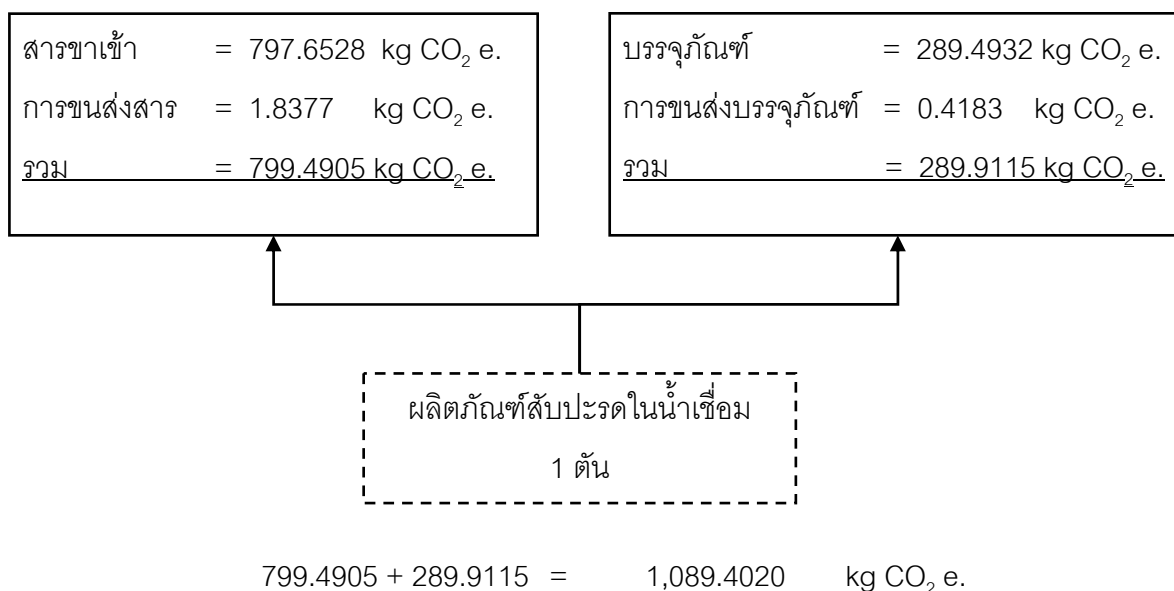
ตารางที่ 4.3-2

ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อผลิตสับปะรดกระป๋อง

รายการสารขาเข้า	ปริมาณ ต่อตันผลิตภัณฑ์	ผลคำนวณ(สาร) kg CO ₂ /ตันผลิตภัณฑ์	ผลคำนวณ(ขนส่ง) kg CO ₂ /ตันผลิตภัณฑ์
กระป๋อง (ตัน)	0.0837	271.5595	0.0355
กล่องกระดาษ (ตัน)	0.0217	17.9336	0.3828
รวม		289.4932	0.4183
รวมสาร และ ขนส่ง		289.9115	

ภาพที่ 4.3-1

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋อง



4.3.2 การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้น

ในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้นเป็นการใช้ค่า Emission Factor จากคู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์มาคำนวณเกือบทั้งหมด ยกเว้นการคำนวณ emission ของถังซึ่งใช้ฐานข้อมูลจาก SimaPro ร่วมกับข้อมูลพลังงานจากโรงงานผลิตถังแห่งหนึ่ง ซึ่งผลการศึกษาพบว่าในการใช้สาร และการใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้นนั้นมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณ 927.3787 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันผลิตภัณฑ์ และ 308.0853 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันผลิตภัณฑ์ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยรวมของการใช้สารและบรรจุภัณฑ์เท่ากับ 1,235.4641 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันผลิตภัณฑ์ต่อตันผลิตภัณฑ์ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 4.3-3 ตารางที่ 4.3-4 และภาพที่ 4.3-2

ตารางที่ 4.3-3

ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการใช้สารเพื่อผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น

รายการสารขาเข้า	ปริมาณ ต่อตันผลิตภัณฑ์	ผลคำนวณ(สาร) kg CO ₂ /ตันผลิตภัณฑ์	ผลคำนวณ(ขนส่ง) kg CO ₂ /ตันผลิตภัณฑ์
สับปะรด (ตัน)	1	660	2.2184
ไฟฟ้า (kWh)	42.1784	23.6621	-
น้ำมันเตา (ตัน)	0.00634	21.9168 (ผลิต+เผาไหม้)	0.0104
ถ่านหิน (ตัน)	0.08176	219.4360 (ได้มา+เผาไหม้)	0.0949
น้ำอ่อน (ผลิต) (ตัน)	1.5583	0.0402	-
รวม		925.0551	2.3237
รวมสาร และ ขนส่ง		927.3787	

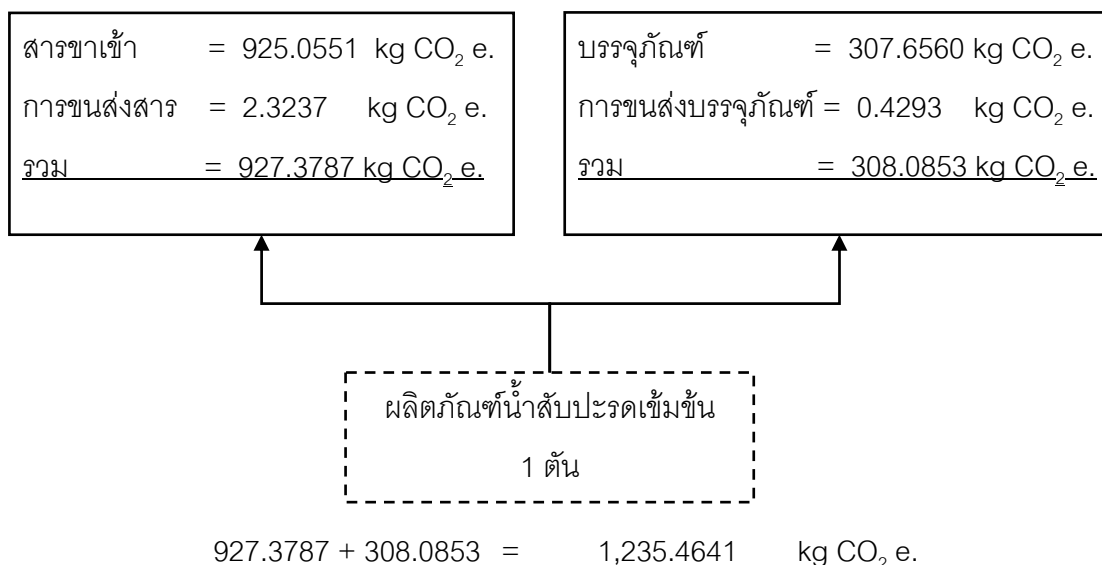
ตารางที่ 4.3-4

ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น

รายการสารขาเข้า	ปริมาณ ต่อตันผลิตภัณฑ์	ผลคำนวณ(สาร) kg CO ₂ /ตันผลิตภัณฑ์	ผลคำนวณ(ขนส่ง) kg CO ₂ /ตันผลิตภัณฑ์
ถัง (ตัน)	0.0906	294.0754	0.4143
ถุงพลาสติก (ตัน)	0.0057	13.5806	0.0150
รวม		307.6560	0.4293
รวมสาร และ ขนส่ง		308.0853	

ภาพที่ 4.3-2

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้น



เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้น พบว่าในการผลิตสับปะรดกระป๋องมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่าการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น สำหรับการหาแนวทางการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตนั้น ผู้ศึกษาได้ทำการประเมินประสิทธิภาพการผลิตของโรงงาน เปรียบเทียบกับเกณฑ์ประสิทธิภาพการผลิต ของกรมโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อหาจุดรั่วไหลที่ควรนำมาตรการเทคโนโลยีสะอาดมาใช้

4.4 ประสิทธิภาพการผลิต

จากการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการผลิตสับปะรดกระป๋อง ทำให้ทราบว่าในกระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้นของโรงงานนั้น สิ่งที่โรงงานสามารถควบคุมและดำเนินการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น ด้วยหลักการเทคโนโลยีสะอาดนั้น คือ การใช้พลังงานในการผลิต เพราะในส่วนการได้มาซึ่งวัตถุดิบหรือบรรจุภัณฑ์ นั้นเป็นสิ่งที่นอกเหนือการควบคุมของโรงงานผลิตสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้น

การประเมินประสิทธิภาพการผลิตนั้นทางกรมโรงงานอุตสาหกรรม ได้ดำเนินโครงการสำรวจภายในโรงงานสับปะรดกระป๋อง เพื่อศึกษาถึงปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต และศึกษาเกณฑ์เปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตของอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง ได้แก่ ปริมาณ

การใช้สับปะรด ปริมาณการใช้น้ำตาล ปริมาณการใช้กรดซิตริก ปริมาณการใช้พลังงานรวมและ ปริมาณการใช้น้ำ

เมื่อนำข้อมูลการใช้พลังงานและวัตถุดิบในการผลิตสับปะรดกระป๋องของโรงงานที่ศึกษา มา คำนวณเป็นค่าประสิทธิภาพการผลิตของโรงงานตามวิธีการที่กำหนดโดยกรมโรงงาน จากนั้นนำ ค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ประสิทธิภาพการผลิตของอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋องที่กรม โรงงานอุตสาหกรรมได้จัดทำขึ้น พบว่าเกือบทุกประเด็นปัจจัยหลักบ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตของ โรงงานที่ศึกษาเกินเกณฑ์มาตรฐานทั้งสิ้นยกเว้นประเด็นการใช้น้ำ และพบว่าประเด็นการใช้ พลังงานในการผลิตสับปะรดกระป๋องนั้นสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานมากที่สุด โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ส่วน ต่างระหว่างประสิทธิภาพการผลิตของโรงงานกับเกณฑ์ประสิทธิภาพการผลิตของกรมโรงงาน อุตสาหกรรม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.4-1

การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ส่วนต่างระหว่างประสิทธิภาพการผลิตของโรงงาน กับเกณฑ์ประสิทธิภาพการผลิตของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ ประสิทธิภาพการผลิต	เกณฑ์เปรียบเทียบ ประสิทธิภาพการผลิต ของกรมโรงงานฯ	ประสิทธิภาพการผลิต ของโรงงานที่ศึกษา	เปอร์เซ็นต์ ส่วนต่าง
ปริมาณการใช้สับปะรด (ตัน/ตันผลิตภัณฑ์)	4.69	4.76	1
ปริมาณการใช้น้ำตาล (ตัน/ตันผลิตภัณฑ์)	0.12	0.14	9
ปริมาณการใช้กรดซิตริก (กิโลกรัม/ตันผลิตภัณฑ์)	0.98	1.28	13
ปริมาณการใช้พลังงานรวม (เมกกะจูล/ตันผลิตภัณฑ์)	2,816	7,305	44
ปริมาณการใช้น้ำ (ลูกบาศก์เมตร/ตันผลิตภัณฑ์)	6.53	4.10	23

การใช้พลังงานในการผลิตสับปะรดกระป๋องนั้นประมาณ 94% คือการใช้พลังงานความร้อน และเป็นพลังงานไฟฟ้าประมาณ 6% ดังนั้นประเด็นที่สมควรนำแนวคิดเทคโนโลยีสะอาดมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากที่สุดคือ ประเด็นด้านพลังงานความร้อน

4.5 เทคโนโลยีสะอาด

จากการสำรวจภายในโรงงานพบจุดรั่วไหลในการใช้พลังงานความร้อน ที่โรงงานสามารถดำเนินมาตรการเพื่อลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจำนวน 4 มาตรการด้วยกัน

4.5.1 มาตรการลดความชื้นถ่านหิน

ปัจจุบันโรงงานได้ใช้พลังงานถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำ แต่ไม่ได้มีการตรวจเช็คปริมาณความชื้นถ่านหินที่ส่งเข้าหม้อไอน้ำ ประกอบกับทางโรงงานไม่มีที่จัดเก็บถ่านหินอย่างเป็นสัดส่วนทำให้ถ่านหินโดนละอองฝนและบางช่วงทางโรงงานมีการรดน้ำเพิ่มลงบนถ่านหินด้วย จึงส่งผลให้ค่าความชื้นของถ่านหินสูงและเป็นเหตุให้หม้อไอน้ำใช้เชื้อเพลิงปริมาณมาก เนื่องจากการเผาไหม้ถ่านหินเพื่อใช้ในการผลิตไอน้ำนั้น เริ่มต้นจากการเผาไหม้แล้วถ่ายเทความร้อนให้น้ำเพื่อผลิตเป็นไอน้ำส่งจ่ายไปยังพื้นที่ใช้งาน ในกรณีที่ถ่านหินชื้นมากเกินไป ทำให้ส่วนหนึ่งจากการเผาถ่านหินต้องใช้พลังงานไปในการระเหยน้ำทำให้ปริมาณการใช้ถ่านหินต้องมากขึ้น ส่งผลให้สิ้นเปลืองถ่านหินมากกว่าความจำเป็น

แนวทางการแก้ไขปัญหาที่ทางโรงงานยกเลิกการรดน้ำลงบนถ่านหินและจัดให้มีพื้นที่จัดเก็บถ่านหินให้มิดชิดเพื่อป้องกันความชื้นและละอองฝนเข้ามาปะปนในถ่านหิน

ภาพที่ 4.5-1
ถ่านหินที่ใช้ภายในโรงงาน



4.5.2 มาตรการหุ้มฉนวนท่อไอน้ำ

ทางโรงงานได้มีการใช้งานหม้อไอน้ำเพื่อผลิตไอน้ำแล้วแยกไปตามส่วนต่างๆของโรงงาน แต่ในระบบท่อส่งจ่ายไอน้ำบางช่วงไม่ได้มีการหุ้มฉนวนไว้ หรือมีการหุ้มฉนวนแต่มีการเสื่อมสภาพ ฉนวนหรือรื้อออกเพื่อแก้ไขซ่อมแซมแล้วไม่ได้มีการหุ้มฉนวนกับไปเหมือนเดิม จึงส่งผลให้เกิดการสูญเสียไอน้ำ เนื่องจากการพาความร้อนของอากาศ และการแผ่รังสีความร้อนของผิวท่อ ส่งผลให้ไอน้ำบางส่วนที่ส่งมากลั่นตัวเป็นน้ำคอนเดนเสตสร้างความเสียหายให้กับระบบส่งจ่ายไอน้ำ และเป็น การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไอน้ำด้วย ตลอดจนส่งผลทางอ้อมถึงผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่ร้อน เนื่องจากการแผ่รังสีความร้อนของผิวท่อไอน้ำเปลือย

แนวทางการแก้ไขปัญหา นั้น ทางโรงงานดำเนินการสั่งซื้อฉนวนใยแก้วชนิดที่ใช้กับท่อไอน้ำ เพื่อนำมาหุ้มผิวท่อเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเนื่องจากการพาและการแผ่รังสีความร้อนลง ซึ่งส่งผลโดยตรงให้ลดการใช้เชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำลง

ภาพที่ 4.5-2
ท่อไอน้ำที่ไม่ได้หุ้มฉนวน



4.5.3 มาตรการลดแรงดันไอน้ำใช้งาน

ทางโรงงานได้มีการใช้งานหม้อไอน้ำผลิตไอน้ำที่แรงดันโดยประมาณ 7.8 บาร์แล้วจ่ายไปตามส่วนผลิตต่างๆของโรงงาน แต่เมื่อสำรวจเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตของทางโรงงานพบว่าปริมาณแรงดันไอน้ำที่ต้องการสูงสุดของเครื่องจักรประมาณ 6 บาร์ ซึ่งน้อยกว่าที่หม้อไอน้ำผลิตและส่งจ่ายออกไป ดังนั้นการที่หม้อไอน้ำผลิตไอน้ำที่แรงดันสูงกว่าความต้องการของเครื่องจักร

จึงส่งผลให้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงมากขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากแรงดันที่ผลิตกับอัตราการใช้เชื้อเพลิงแปรผันตรงต่อกัน ดังนั้นด้วยเหตุผลนี้จึงเป็นเหตุให้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินของหม้อไอน้ำ สิ้นเปลืองเกินความจำเป็น

แนวทางแก้ไขปัญหานี้ในขั้นแรกคือลดแรงดันไอน้ำใช้งานที่ต้นทางจาก 7.8 บาร์ เหลือ 7.5 บาร์ เมื่อผลจากการลดแรงดันไอน้ำใช้งานไม่มีปัญหาต่อระบบการผลิต ก็สามารถดำเนินการได้

ภาพที่ 4.5-3
เกจวัดแรงดันของหม้อไอน้ำ



4.5.4 มาตรการซ่อมแซมปรับปรุงกับดักไอน้ำที่รั่ว

การจ่ายไอน้ำไปตามส่วนผลิตต่างๆของโรงงาน ระหว่างการจ่ายไอน้ำในระบบจะมีอุปกรณ์กับดักไอน้ำ (Steam Trap) ทำหน้าที่ดักน้ำที่ค้างอยู่ในระบบส่งจ่าย หรือน้ำที่เกิดจากการควบแน่นของไอน้ำ ซึ่งกับดักไอน้ำเมื่อผ่านการใช้งานมาระยะหนึ่งจะเกิดการรั่วที่ประเก็น ส่งผลให้มีไอน้ำรั่วออกมาจากกับดักไอน้ำตลอดเวลา ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การทำงานของหม้อไอน้ำสูงขึ้น เนื่องจากไอน้ำที่ผลิตได้ถูกนำมาปล่อยทิ้งผ่านรอยรั่วที่กับดักไอน้ำ เป็นเหตุให้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินของหม้อไอน้ำสิ้นเปลืองขึ้น

แนวทางแก้ไขปัญหานี้ คือดำเนินการตรวจสอบกับดักไอน้ำที่มีการรั่ว และทำการซ่อมแซมปรับปรุงกับดักไอน้ำนั้น

ภาพที่ 4.5-4
กักตักไอน้ำภายในโรงงาน



4.6 การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

เมื่อทำการกำหนดมาตรการเทคโนโลยีสะอาด แล้วจึงทำการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจและการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากมาตรการเหล่านั้น โดยใช้การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-index) เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจเลือกมาตรการที่เหมาะสมที่สุดเพื่อดำเนินการ ซึ่งสมการที่นำมาใช้ในการคำนวณการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ คือ สมการที่ 4.6-1

$$\text{Eco-index} = \frac{\text{Investment Cost (Baht)}}{\text{CO}_2 \text{ Reduction (kg/Yr)}} \quad \text{สมการ 4.6-1}$$

ค่าที่ได้จากการคำนวณแต่ละมาตรการตามสมการที่ 4.6-1 นั้น สำหรับมาตรการที่มีค่าการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจน้อยที่สุดจะเป็นมาตรการที่มีความเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นแนวทางแก้ไขปัญหามากที่สุด เนื่องจากเป็นโครงการที่ลงทุนน้อย ในขณะที่สามารถลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มาก และจากผลการคำนวณพบว่ามาตรการที่มีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหามากที่สุดคือ การลดความชื้นถ่านหิน การลดแรงดันไอน้ำใช้งาน การหุ้มฉนวนท่อไอน้ำและการซ่อมแซมกับดักไอน้ำตามลำดับ

ตารางที่ 4.6-1

ผลการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ของแต่ละมาตรการ

มาตรการ เทคโนโลยีสะอาด	เงินลงทุน (บาท)	ประหยัดพลังงาน ได้ (MJ/ปี)	CO ₂ ที่ลดลง (kg CO ₂ /ปี)	ประสิทธิภาพเชิง นิเวศเศรษฐกิจ
การลดความชื้นถ่านหิน	0	8,931,071	850,619	0
การหุ้มฉนวนท่อไอน้ำ	2,820	81,431	7,756	0.36
ลดแรงดันไอน้ำใช้งาน	0	71,489	6,809	0
ซ่อมแซมกับดักไอน้ำ	8,000	59,860	5,701	1.40

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในการผลิตสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้นโดยประเมินเป็นค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมา พบว่าผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋องมีค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 1,089.402 kg CO₂ e ต่อตันผลิตภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้นมีค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 1,235.464 kg CO₂ e ต่อตันผลิตภัณฑ์ และเมื่อพิจารณาในส่วนของการผลิตในโรงงาน พบว่าการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินกับหม้อไอน้ำนั้นส่งผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากที่สุด จึงเป็นประเด็นที่ควรนำหลักการเทคโนโลยีสะอาดเข้าไปใช้เพื่อหาแนวทางลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

จากการสำรวจภายในโรงงานพบว่า มาตรการทางเทคโนโลยีสะอาดที่โรงงานสามารถทำได้เพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินนั้นมี 4 มาตรการด้วยกันประกอบด้วย มาตรการลดความชื้นถ่านหิน มาตรการหุ้มฉนวนท่อไอน้ำ มาตรการลดแรงดันไอน้ำใช้งาน และมาตรการซ่อมแซมกับดักไอน้ำ

มาตรการลดความชื้นถ่านหินก่อนป้อนเข้าสู่หม้อไอน้ำ เป็นการปรับปรุงพฤติกรรมของเจ้าหน้าที่ผู้ควบคุมหม้อไอน้ำ และปรับปรุงสถานที่เก็บถ่านหินเพื่อลดความชื้นจากละอองน้ำต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับถ่านหินและลดภาระการทำงานของหม้อไอน้ำ ซึ่งเป็นมาตรการที่สามารถทำได้โดยไม่ต้องลงทุน

มาตรการหุ้มฉนวนท่อไอน้ำ เป็นการลดการสูญเสียไอน้ำ เนื่องจากการพาความร้อนของอากาศและการแผ่รังสีความร้อนของผิวท่อไอน้ำ ลดการเกิดน้ำคอนเดนเสตซึ่งจะสร้างความเสียหายให้กับระบบส่งจ่ายไอน้ำ รวมทั้งลดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไอน้ำ นอกจากนี้ท่อเปลี่ยยังส่งผลทางอ้อมถึงผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่ร้อน เนื่องจากการแผ่รังสีความร้อนของผิวท่อไอน้ำเปลี่ย แต่หากทำการแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยหุ้มฉนวนผิวท่อเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเนื่องจากการพาและการแผ่รังสีความร้อนลง จะส่งผลโดยตรงให้ลดการใช้เชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำลง

มาตรการลดแรงดันไอน้ำใช้งาน เป็นการลดแรงดันต้นทางจากหม้อไอน้ำที่ตั้งค่าไว้ที่ 7.8 บาร์ ลดลงมาเป็นแรงดัน 7.5 บาร์ ซึ่งจากการสำรวจเครื่องจักรในกระบวนการผลิตที่ปลายทางพบว่าแรงดันสูงสุดที่เครื่องนั้นต้องการเพียง 6 บาร์ ซึ่งน้อยกว่าที่หม้อไอน้ำผลิตและส่งจ่ายออกไป ดังนั้นการที่หม้อไอน้ำผลิตไอน้ำที่แรงดันสูงกว่าความต้องการของเครื่องจักรจึงส่งผลให้ปริมาณ

การใช้เชื้อเพลิงมากขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากแรงดันที่ผลิตกับอัตราการใช้เชื้อเพลิงแปรผันตรงต่อกัน ดังนั้นด้วยเหตุผลนี้จึงเป็นเหตุให้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินของหม้อไอน้ำ สิ้นเปลืองเกินความจำเป็น ซึ่งเป็นมาตรการที่ทำได้โดยไม่มีการลงทุน

มาตรการซ่อมแซมกับดักไอน้ำ เป็นการซ่อมแซมกับดักไอน้ำซึ่งผ่านการใช้งานมาระยะหนึ่งจะเกิดการรั่วที่ประเกิน ส่งผลให้มีไอน้ำรั่วออกมาจากกับดักไอน้ำตลอดเวลา ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การทำงานของหม้อไอน้ำสูงขึ้น เนื่องจากไอน้ำที่ผลิตได้ถูกนำมาปล่อยทิ้งผ่านรอยรั่วที่กับดักไอน้ำ เป็นเหตุให้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินของหม้อไอน้ำสิ้นเปลืองขึ้น

เมื่อได้มาตรการเพื่อลดการใช้พลังงานถ่านหินทั้ง 4 มาตรการแล้ว จึงทำการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของทั้ง 4 มาตรการเพื่อเลือกมาตรการที่มีความเหมาะสมในการนำไปดำเนินการมากที่สุด โดยจะต้องเหมาะสมทั้งด้านการลงทุนและผลของการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต โดยสมการที่ใช้ในการคำนวณการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ คือ

$$\text{Eco-index} = \frac{\text{Investment Cost (Baht)}}{\text{CO}_2 \text{ Reduction (kg/Yr)}} \quad \text{สมการ 5.1-1}$$

สำหรับมาตรการที่มีค่าการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจน้อยที่สุดจะเป็นโครงการที่มีความเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นแนวทางแก้ไขปัญหามากที่สุด เนื่องจากเป็นโครงการที่มีการลงทุนน้อย ในขณะที่สามารถลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มาก

ผลการประเมินค่าการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจพบว่ามาตรการลดความชื้นถ่านหิน นั้นเป็นมาตรการที่เหมาะสมในการดำเนินการมากที่สุด เนื่องจากมีค่าการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเป็นศูนย์ เพราะจากไม่ต้องลงทุนและสามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 8,931,071 เมกะจูลต่อปี หรือเทียบเท่ากับลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 850,619 กิโลกรัมต่อปี มาตรการที่มีความเหมาะสมในการดำเนินการลำดับรองลงมาคือ มาตรการลดแรงดันไอน้ำใช้งาน เนื่องจากมีค่าการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเป็นศูนย์ เพราะจากไม่ต้องลงทุนและสามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 71,489 เมกะจูลต่อปี หรือเทียบเท่ากับลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 6,809 กิโลกรัมต่อปี อันดับต่อไปคือมาตรการหุ้มฉนวนท่อไอน้ำ เนื่องจากมีค่าการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเท่ากับ 0.36 สามารถ

ลดการใช้พลังงานลงได้ 81,431 เมกะจูลต่อปี หรือเทียบเท่ากับลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 7,756 กิโลกรัมต่อปี และอันดับสุดท้ายคือมาตรการซ่อมแซมกับดักไอน้ำเนื่องจากมีค่าการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเท่ากับ 1.40 สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 59,860 เมกะจูลต่อปี หรือเทียบเท่ากับลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5,701 กิโลกรัมต่อปี

5.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาเพื่อหาแนวทางลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในการผลิตสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้นโดยนำแนวคิดการประเมินวัฏจักรชีวิตมาใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการผลิต โดยข้อมูลจากโรงงานที่นำมาใช้ในการประเมินนั้นเป็นข้อมูลการใช้ น้ำ การใช้พลังงานในภาพรวม ไม่ใช่ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลเชิงลึกลงไปในแต่ละกระบวนการผลิต ซึ่งทำให้ผลการศึกษาที่ได้นั้นเป็นผลในภาพรวมของโรงงานว่าปัจจัยการผลิตใดที่ส่งผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ดังนั้นแนวทางแก้ไขปัญหภายในโรงงานที่ตรงจุดยิ่งขึ้น ควรมีการเก็บข้อมูลเชิงลึกของแต่ละกระบวนการผลิตว่ามีการใช้น้ำ พลังงาน ของเสียเป็นปริมาณเท่าไร เพื่อทราบถึงจุดต้นเหตุของปัญหาอย่างแท้จริง และหาแนวทางแก้ไขได้ตรงจุดมากยิ่งขึ้น ซึ่งการศึกษานี้มีข้อจำกัดในการเก็บข้อมูลของโรงงานหลายประการ ได้แก่ การใช้น้ำของโรงงานไม่มีมาตรวัดในแต่ละจุด การใช้พลังงานในแต่ละขั้นตอนการผลิต และข้อมูลบางส่วนทางโรงงานไม่ต้องการเปิดเผย ดังนั้นในการพัฒนาการศึกษาต่อจากการศึกษานี้ควรมีการพัฒนาในการเก็บข้อมูลให้มีความละเอียดมากขึ้น เพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหได้ตรงประเด็นยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ผลการศึกษาในงานวิจัยนี้ ได้ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในการผลิตสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้น ด้วยวิธีการปันส่วนโดยมวลผลิตภัณฑ์ ซึ่งสัดส่วนกว่า 70% จะเป็นส่วนของกาก และแกนที่นำไปแปรรูปต่อไป ผู้ที่ศึกษาต่อจากการศึกษานี้ควรทำการปันส่วนโดยราคาผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาอาจมีความแตกต่างออกไป เนื่องจากมูลค่าของกากและแกนสับปะรดที่ส่งขาย มีความแตกต่างจากราคาผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋อง และน้ำสับปะรดเข้มข้น จึงทำให้สัดส่วนการปันส่วนอาจแตกต่างออกไป และส่งผลต่อตัวเลขปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลการศึกษาที่ได้ อาจมีความแตกต่างจากการศึกษานี้

บรรณานุกรม

หนังสือ

- เจนจิรา พุทธวรชัย. (2552). การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมเครื่องดื่มกระป๋องโดยวิธีการประเมินแบบวัฏจักรชีวิต. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม
- นนท์ สำราญทรัพย์. (2549). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในกระบวนการผลิตข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, คณะวิทยาศาสตร์, สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
- วิทยา กันยา. (2551). การประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม
- ศิริอร ศักดิ์วิไลสกุล. (2549). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในโรงงานอุตสาหกรรมของบริษัทอาหารสากล จำกัด (มหาชน) อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, คณะศิลปกรรมศาสตร์, สาขาวิชาการจัดการมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม
- สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สมาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. (2542). คู่มือเทคโนโลยีสะอาดสำหรับประชาชน เล่ม 1
- สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2545). หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ (เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขา พืช ผัก และผลไม้บรรจุภาชนะที่ผนึก (สับปะรดกระป๋อง)
- สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2549). หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและป้องกันมลพิษ) ฉบับปรับปรุง อุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง

Articles

- Anneliese Niederl-Schmidinger and Michael Narodoslawsky. (2008). Life Cycle Assessment as an engineer's tool?. *Journal of Cleaner Production* 16, 245-252
- Domonique Maxine, Michele Marcotte and Yves Arcand. (2006). Development of eco-efficiency indicators for the Canadian food and beverage industry. *Journal of Cleaner Production* 14, 636-648
- Lillford P.J. and Edwards M.F. (1997). Clean technology in food processing. *The Royal Society TEX Paper*, 1363-1371
- Poritosh Roy, Daisuke Nei, Takahiro Orikasa, Qingyi Xu, Hiroshi Okadome, Nobutaka Nakamura and Takeo Shiina. (2009). A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. *Journal of Food Engineering* 90, 1–10.

Book

- Kamonporn Dechpong. (2008). Eco-efficiency Assessment as a Support Tool for Cleaner Technology: Case study of the canned pineapple industry in Thailand. Master of Science Programme in Industrial Ecology and Environment. Mahidol University.
- Rita Schenck. (2007). Canning Green Beans Ecoprofile of Truitt Brothers Process. Network for Business Innovation and Sustainability. Institute for Environmental Research and Education

Electronic Sources

- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2550). *การปลูกสับปะรด*. สืบค้นเมื่อวันที่ 22 มิถุนายน 2552, จาก <http://web.ku.ac.th/agri/pineapple/Mainpine.htm>
- กลุ่มพัฒนาเทคโนโลยีสะอาดและผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. (2550). *การประเมินวัฏจักรชีวิต*. สืบค้นเมื่อวันที่ 5 กันยายน 2552, จาก <http://www.2.mtec.or.th/th/special/fcecolca/pdf/Life Cycle Assessment.pdf>

คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทย. (2552). แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทย. สืบค้นเมื่อวันที่ 1 มีนาคม 2553, จาก http://www.tgo.or.th/download/carbonfootprint/CFP_Guideline.pdf

ศูนย์เฉพาะทางด้านการประเมินวัฏจักรชีวิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. (2551). *หลักการ Life cycle thinking Approach*. สืบค้นเมื่อวันที่ 11 พฤศจิกายน 2552, จาก http://www2.mtec.or.th/th/special/ecodesign2008/lca_funda.html

สำนักงานเกษตรจังหวัดประจวบคีรีขันธ์. (2552). *การปลูกสับปะรดผลสดพันธุ์ปัตตาเวีย*. สืบค้นเมื่อวันที่ 22 มิถุนายน 2552, จาก <http://prachuap.doae.go.th/KM%20prachuap/KM%20prachuap/bestprachuap0001.pdf>

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2551). *สถานการณ์สับปะรด 2551*. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2552, จาก <http://www.oae.go.th/download/document/pineapple51.pdf>

ห้องปฏิบัติการการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA LAB) ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. (2552). *ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency: EE) เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน*. สืบค้นเมื่อวันที่ 11 พฤศจิกายน 2552, จาก http://www2.mtec.or.th/website/article_list.aspx?id=116&cate=28

Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Retrieved November 11, 2008, from <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs5c.html>

United Nations Framework Convention on Climate Change. *GHG inventories*. Retrieved November 11, 2008, from http://unfccc.int/resource/cd_roms/na1/ghg_inventories/index.htm

ภาคผนวก ก
ตารางประกอบการคำนวณการปล่อยมลสารทางอากาศ

ตารางที่ ก.1
ปริมาณองค์ประกอบของสารคาร์บอนในเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ

Liquid	(t C/TJ)	Solid	(t C/TJ)	Gaseous	(t C/TJ)
<i>Primary fuels</i>		<i>Primary fuels</i>		Natural gas (dry)	15.3
Crude oil	20.0	Anthracite	26.8		
Orimulsion	22.0	Coking coal	25.8		
N. gas Liquids	17.2	Other bit. coal	25.8		
<i>Secondary fuels</i>		Sub bit. coal	26.2		
Gasoline	18.9	Lignite	27.6		
Jet kerosene	19.5	Oil shale	29.1		
Other kerosene	19.5	Peat	28.9		
Shale oil	20.0	<i>Secondary fuels</i>			
Gas/diesel oil	20.2	BKB and patent fuel	25.8		
Residual fuel oil	21.1	Coke oven/gas coke	29.5		
LPG	17.2				
Ethane	16.8				
Naphtha	20.0				
Bitumen	22.0				
Lubricants	20.0				
Petroleum coke	27.5				
Refinery feedstocks	20.0				
Other oil	20.0				

ที่มา : IPCC, 1996

ตารางที่ ก.2

ค่า Emission Factor ของก๊าซมีเทนจากการเผาไหม้ในกิจกรรมต่างๆ

CH ₄ DEFAULT (UNCONTROLLED) EMISSION FACTORS (IN KG/TJ)									
		Coal	Natural Gas	Oil		Wood/Wood Waste	Charcoal	Other Biomass and waste	
Energy Industry		1	1	3		30	200	30	
Manufacturing Industries and Construction		10	5	2		30	200	30	
Transport	Aviation			0.5					
	Road		50	Gasoline	Diesel				
				20	5				
	Railways	10		5					
	Navigation	10		5					
Other Sectors	Commercial/Institutional	10	5	10		300	200	300	
	Residential	300	5	10		300	200	300	
	Agriculture/ Forestry/ Fishing	Stationary	300	5	10		300	200	300
		Mobile		5	5				

ที่มา : UNFCCC, 1996

ตารางที่ ก.3

ค่า Emission Factor ของก๊าซไดไนโตรเจนออกไซด์จากการเผาไหม้ในกิจกรรมต่างๆ

N ₂ O DEFAULT (UNCONTROLLED) EMISSION FACTORS (IN KG/TJ)									
		Coal	Natural Gas	Oil		Wood/Wood Waste	Charcoal	Other Biomass and waste	
Energy Industry		1.4	0.1	0.6		4	4	4	
Manufacturing Industries and Construction		1.4	0.1	0.6		4	4	4	
Transport	Aviation				2				
	Road			0.1	Gasoline	Diesel			
					0.6	0.6			
	Railways		1.4		0.6				
	Navigation		1.4		0.6				
Other Sectors	Commercial/Institutional		1.4	0.1	0.6		4	1	4
	Residential		1.4	0.1	0.6		4	1	4
	Agriculture/ Forestry/ Fishing	Stationary	1.4	0.1	0.6		4	1	4
		Mobile		0.1	0.6				

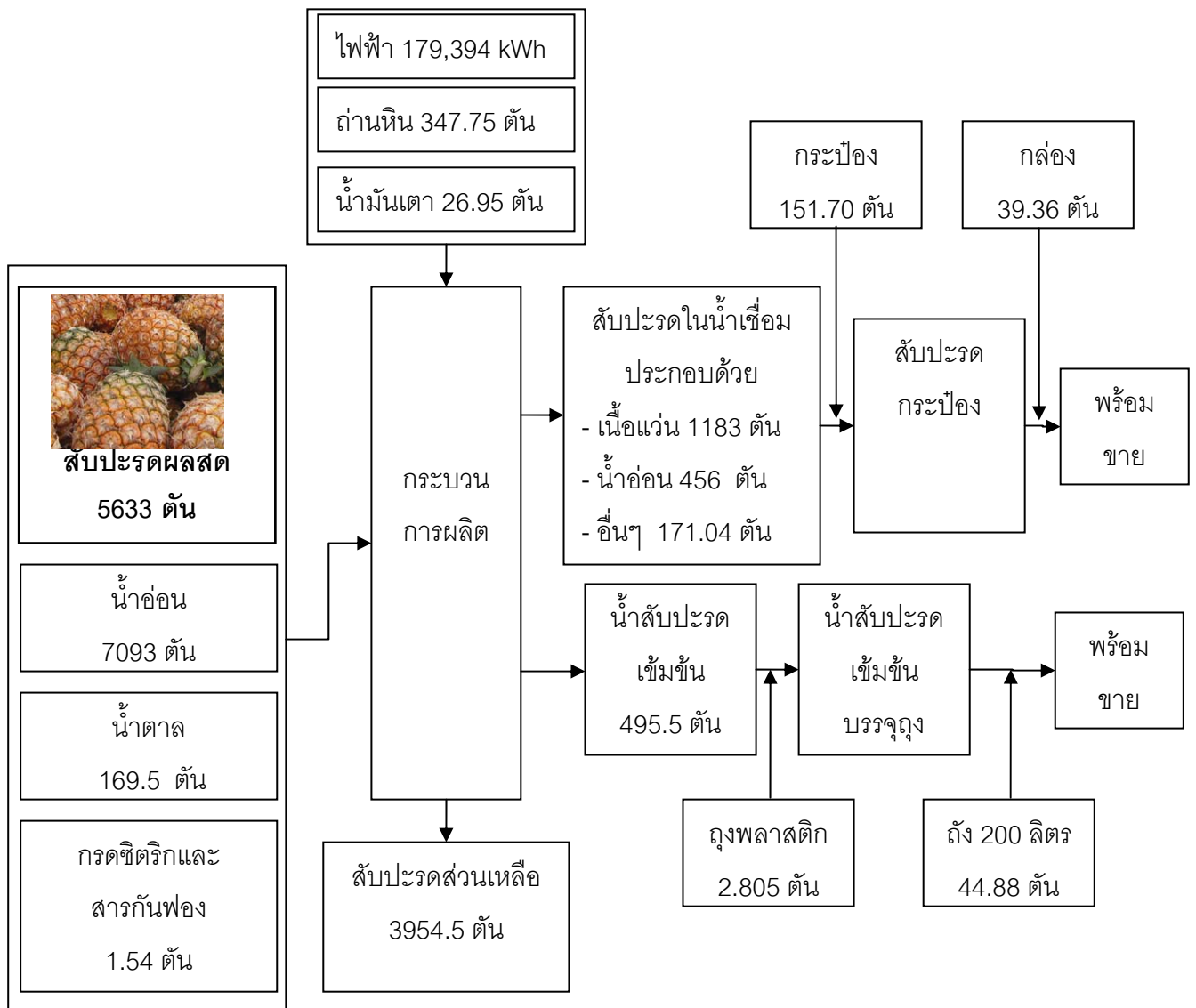
ที่มา : UNFCCC, 1996

ตารางที่ ก.4

ค่า Emission Factor จากคู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
จัดทำโดย คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของประเทศไทย

รายการ	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ (kg CO ₂ e/หน่วย)
วัตถุดิบการผลิต		
สับปะรด	kg	0.5600
การเก็บเกี่ยวสับปะรด	kg	0.1000
น้ำตาล	kg	1.0800
Acetic acid	kg	1.1900
พลังงาน		
ถ่านหิน	kg	0.0243
น้ำมันเตา	kg	0.4260
ก๊าซธรรมชาติ	MJ	0.0099
ไฟฟ้า	kWh	0.5610
บรรจุภัณฑ์		
กล่องบรรจุภัณฑ์	kg	0.8260
ถุงพลาสติก	kg	2.3990
การขนส่ง		
รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน full load	ton-km	0.6160
รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน no load	ton-km	0.0555
รถกระบะบรรทุก 18 ล้อ 32 ตัน full load	ton-km	0.9065
รถกระบะบรรทุก 18 ล้อ 32 ตัน no load	ton-km	0.0459
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน full load	ton-km	0.3270
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน no load	ton-km	0.1472

ภาคผนวก ข
การคำนวณการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม
ของผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้น



แผนภาพแสดงรายการสารขาเข้า-สารขาออก
 ในการผลิตสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดเข้มข้น

คำนิยาม

- แแกนสับปะรด คือ ส่วนแกนกลางสับปะรดที่ได้จากกระบวนการเจาะแกน จะส่งขายเพื่อทำเป็นอาหารแปรรูป
- เศษสับปะรดที่ใช้ไม่ได้ คือ ชิ้นส่วนสับปะรดที่นำไปคั้นเป็นน้ำสับปะรดดิบไม่ได้ จะส่งขายเป็นอาหารสัตว์
- กากสับปะรด คือ ส่วนกากที่เหลือจากการคั้นน้ำสับปะรดดิบ จะส่งขายเป็นอาหารสัตว์
- น้ำสับปะรดดิบ คือ น้ำสับปะรดที่ได้จากการคั้นเปลือกและเศษสับปะรด เพื่อเตรียมทำน้ำสับปะรดเข้มข้น
- สับปะรดขึ้นแว่น คือ สับปะรดที่ผ่านกระบวนการหั่นเป็นแว่นและพร้อมบรรจุกระป๋อง
- สับปะรดในน้ำเชื่อม คือ สับปะรดขึ้นแว่นรวมกับน้ำเชื่อม (ยังไม่บรรจุกระป๋อง)
- สับปะรดกระป๋อง คือ สับปะรดขึ้นแว่นรวมกับน้ำเชื่อมและบรรจุลงกระป๋อง
- สับปะรดกระป๋องพร้อมขาย คือ สับปะรดกระป๋องที่บรรจุกล่อง พร้อมจำหน่าย
- น้ำสับปะรดเข้มข้น คือ น้ำสับปะรดดิบที่ผ่านกระบวนการระเหยทำให้เข้มข้น (ยังไม่บรรจุถุงและถัง)
- น้ำสับปะรดเข้มข้นพร้อมขาย คือ น้ำสับปะรดเข้มข้นที่บรรจุถุงพลาสติกและบรรจุถังพร้อมจำหน่าย

คำอธิบายของปริมาณสารเข้า-สารขาออก ของการผลิตสับปะรดในน้ำเชื่อมและน้ำสับปะรดเข้มข้นนั้น มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

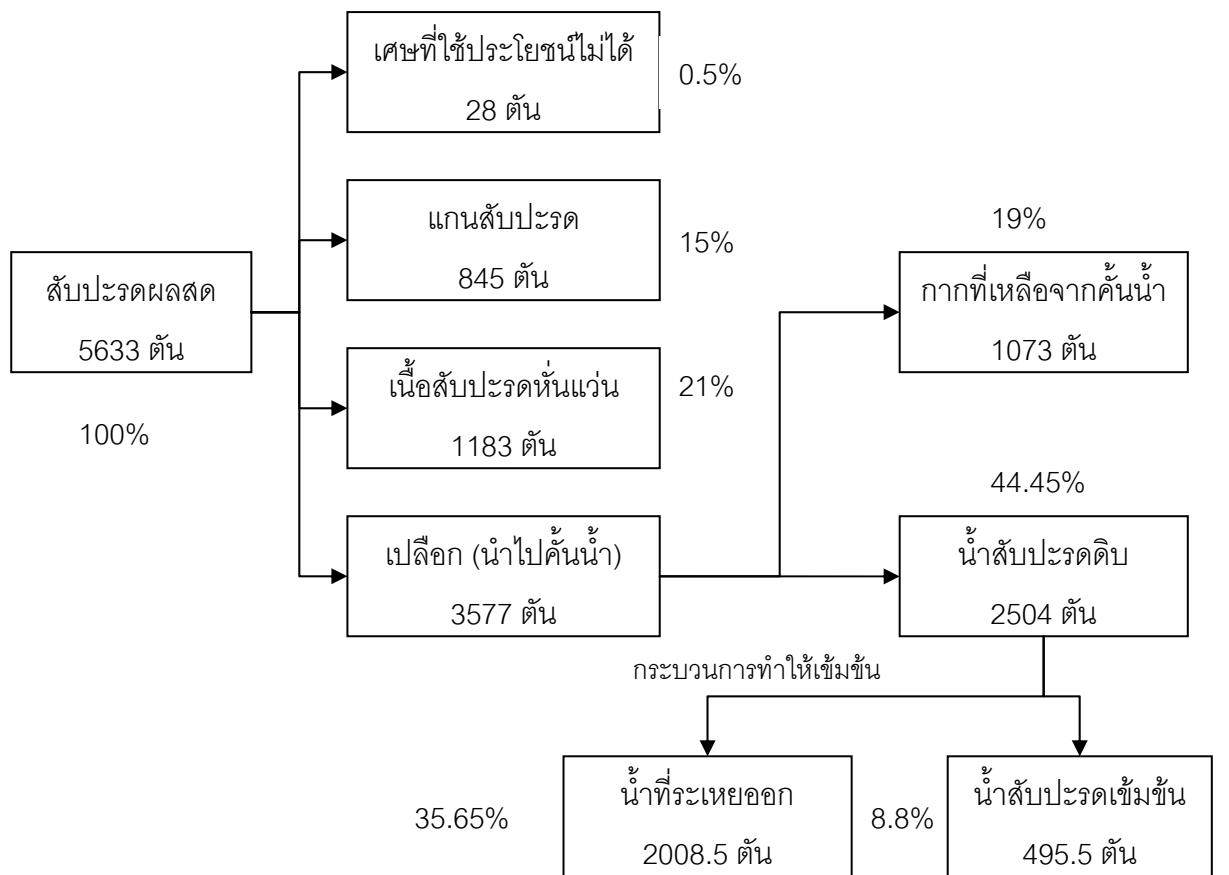
ส่วนที่ 1 สับปะรด

สับปะรดผลสดที่ตัดจุก 5633 ตัน สามารถแบ่งได้เป็น 4 ส่วนคือ

1. ส่วนเนื้อสับปะรดแบบหั่นแว่น เพื่อบรรจุกระป๋อง 1183 ตัน
2. ส่วนเศษที่ใช้นามาผลิตเป็นน้ำสับปะรดไม่ได้ ปริมาณ 28 ตัน จะรวมส่งขายเป็นอาหารสัตว์
3. ส่วนแกน ซึ่งนำไปขายต่อเพื่อทำเป็นแแกนสับปะรดอบแห้งปริมาณ 845 ตัน
4. ส่วนเปลือกสับปะรดปริมาณ 3577 ตัน จะนำไปคั้นเป็นน้ำสับปะรดดิบ
 - ซึ่งจากการคั้นน้ำจะได้ น้ำสับปะรดดิบปริมาณ 2504 ตัน และมีกากที่เหลือจากการคั้น 1073 ตัน
 - จากน้ำสับปะรดดิบที่คั้นได้ปริมาณ 2504 ตัน จะนำไปทำให้เข้มข้นด้วยการระเหยน้ำ และสุดท้ายจะได้ น้ำสับปะรดเข้มข้นปริมาณ 495.5 ตัน

การทำสมดุลมวลสาร

การทำสมดุลมวลสาร เพื่อทราบว่าปริมาณสับปะรดที่นำไปทำเป็นเนื้อสับปะรดแฉวน(เพื่อบรรจุกระป๋อง) น้ำสับปะรดดิบจากการคั้น(ที่นำไปทำให้เข้มข้นจนกลายเป็นผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้น) ส่วนแกน ส่วนเศษที่ใช้มาผลิตเป็นน้ำสับปะรดไม่ได้ มีปริมาณเท่าใด ซึ่งจากผลของการทำสมดุลมวลสารมีดังนี้



การคำนวณสับปะรดชิ้นแฉวนและน้ำสับปะรดดิบที่ใช้ต่อ functional unit

- Functional unit ของผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อม คือ ปริมาณสับปะรดในน้ำเชื่อมที่ยังไม่บรรจุกระป๋องปริมาณ 1 ตัน
- Functional unit ของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้น คือ ปริมาณน้ำสับปะรดเข้มข้นที่ยังไม่บรรจุถุงพลาสติกปริมาณ 1 ตัน

ปริมาณสับปะรดขึ้นแวนที่ใช้ต่อผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อมปริมาณ 1 ตันนั้นสามารถหาได้จากการนำค่าสับปะรดเนื้อแวนปริมาณ 1183 ตัน หารด้วยปริมาณสับปะรดในน้ำเชื่อม 1812.87 ตัน ดังนั้น ผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อม 1 ตัน จะมีปริมาณสับปะรดขึ้นแวน

$$= 1183/1812.87$$

$$= 0.6526 \text{ ตัน}$$

ปริมาณน้ำสับปะรดดิบที่ใช้ต่อตันผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้นปริมาณ 1 ตันนั้นสามารถหาได้จากการนำค่าปริมาณน้ำสับปะรด 495.5 ตัน หารด้วยปริมาณน้ำสับปะรดเข้มข้น 495.5 ตัน ดังนั้น ผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้น 1 ตัน จะใช้น้ำสับปะรดดิบปริมาณ

$$= 495.5/495.5$$

$$= 1 \text{ ตัน}$$

การคำนวณค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อย

ค่า EF ของสับปะรดนั้นมีค่ารวมของการปลูกสับปะรดและการเก็บเกี่ยว มีค่าเท่ากับ 0.6600 kg CO₂ e/กิโลกรัมสับปะรด รายละเอียดดังตาราง

รายการ	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ (kg CO ₂ e/หน่วย)
สับปะรด	kg	0.5600
การเก็บเกี่ยวสับปะรด	kg	0.1000

ที่มา : คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

ค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อมปริมาณ 1 ตัน สามารถคำนวณได้จากค่า EF ของสับปะรด คูณด้วยปริมาณสับปะรดขึ้นแวนที่ใช้ในการผลิตสับปะรดในน้ำเชื่อมปริมาณ 1 ตัน ดังสมการ

$$= (0.6600 \times 1000) \times 0.6526$$

$$= 430.6873 \text{ kg CO}_2 \text{ e/ตันสับปะรดในน้ำเชื่อม}$$

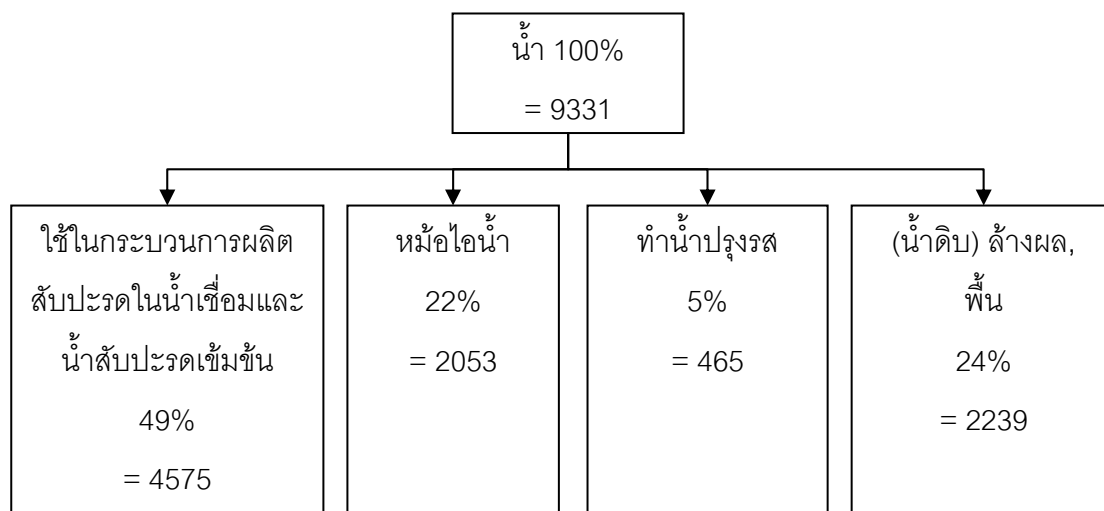
ค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้นปริมาณ 1 ตัน สามารถคำนวณได้จากค่า EF ของสับปะรด คูณด้วยปริมาณน้ำสับปะรดที่ใช้ในการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้นปริมาณ 1 ตัน

$$= (0.6600 \times 1000) \times 1$$

$$= 660 \text{ kg CO}_2 \text{ e/ตันน้ำสับปะรดเข้มข้น}$$

ส่วนที่ 2 น้ำ

น้ำที่ใช้ภายในโรงงานเป็นการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ ซึ่งมีการสูบน้ำขึ้นมาใช้ทั้งหมด 9331 ตัน/เดือน มีการนำน้ำบาดาลมาบำบัดน้ำเป็นน้ำอ่อนปริมาณ 7093 ตัน/เดือน เพื่อใช้ในหม้อไอน้ำ กระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋องและกระบวนการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น นอกจากนี้การใช้น้ำดิบปริมาณ 2239 ตัน/เดือน ได้ใช้ในการล้างผล ล้างพื้น หล่อเย็น ซึ่งรายละเอียดการใช้น้ำมีดังนี้



หมายเหตุ : หน่วยเป็น ตัน/เดือน

สำหรับน้ำบาดาล(น้ำดิบ) ซึ่งนำมาใช้ล้างผลและพื้น นั้นไม่นำมาคิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม เนื่องจากไม่มีการปรับสภาพ มีการใช้เพียงพลังงานไฟฟ้าของปั้มน้ำ ซึ่งการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจะรวมในผลของการใช้ไฟฟ้า

การคำนวณน้ำอ้อนที่ใช้ต่อ functional unit

สำหรับน้ำอ้อนที่ใช้ในหม้อไอน้ำ และกระบวนการผลิต นั้นเป็นการใช้ร่วมกันระหว่างการผลิตสับปะรดในน้ำเชื่อมและการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น ดังนั้นจึงทำการปันส่วนการใช้น้ำอ้อนโดยมวลผลิตภัณฑ์ (สัดส่วนของผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อมคือ 42.61% สัดส่วนผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้นคือ 11.65% และสัดส่วนกาก เศษ แก่นสับปะรดคือ 45.74%) มีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

ตารางแสดงการคำนวณการปันส่วนโดยมวล ของการใช้น้ำอ้อนในกระบวนการผลิต
(ไม่รวมน้ำปรุงรส)

ปริมาณน้ำอ้อน (ตันน้ำอ้อน/เดือน) A	ปริมาณน้ำอ้อนที่ใช้ ในการผลิตสับปะรดใน น้ำเชื่อม(ตันน้ำอ้อน) $A \times 0.4261$	ปริมาณน้ำอ้อนที่ใช้ ในการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น (ตันน้ำอ้อน) $A \times 0.1165$
6628	2,824.19	772.16

น้ำอ้อนที่ใช้ในการผลิตสับปะรดในน้ำเชื่อม(ไม่รวมน้ำปรุงรส) มีค่า 2,824.19 ตันน้ำอ้อน/ตันสับปะรดในน้ำเชื่อม และน้ำอ้อนที่ใช้ในการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น มีค่า 772.16 ตันน้ำอ้อน/ตันน้ำสับปะรดเข้มข้น

คำนวณหาปริมาณน้ำอ้อนที่ใช้ในการผลิตสับปะรดในน้ำเชื่อมปริมาณ 1 ตัน ได้จากการหาปริมาณน้ำอ้อนที่ใช้ในการผลิต บวกด้วยปริมาณน้ำอ้อนที่ทำเป็นน้ำปรุงรส หาดด้วยปริมาณผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อมที่โรงงานผลิตได้

$$\text{ปริมาณน้ำอ้อนที่ใช้ทั้งหมด} = 2,824.19 + 465$$

$$= 3289.19 \quad \text{ตันน้ำอ้อน}$$

$$\text{ปริมาณผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อมที่โรงงานผลิตได้} = 1812.87 \quad \text{ตันสับปะรดในน้ำเชื่อม}$$

$$\text{ดังนั้น ปริมาณน้ำอ้อนที่ใช้} = 3289.19 / 1812.87$$

$$= 1.8144 \quad \text{ตันน้ำอ้อน/ตันสับปะรดในน้ำเชื่อม}$$

คำนวณหาปริมาณน้ำร้อนที่ใช้ในการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้นปริมาณ 1 ตัน ได้จากการหาปริมาณน้ำร้อนที่ใช้หารด้วยปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้นที่โรงงานผลิตได้

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณน้ำร้อนที่ใช้ทั้งหมด} &= 772.16 && \text{ตันน้ำร้อน} \\ \text{ปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้นที่โรงงานผลิตได้} &= 495.5 && \text{ตันน้ำสับปะรดเข้มข้น} \\ \text{ดังนั้น ปริมาณน้ำร้อนที่ใช้} &= 772.16/495.5 \\ &= 1.5583 && \text{ตันน้ำร้อน/ตันน้ำสับปะรดเข้มข้น} \end{aligned}$$

การคำนวณค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อย

ค่า EF ของน้ำร้อนนั้นมี รายละเอียดดังตาราง

รายการ	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ (kg CO ₂ e/หน่วย)
น้ำร้อน	kg	2.580E-05

ที่มา : คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

ค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อมปริมาณ 1 ตัน สามารถคำนวณได้จากค่า EF ของน้ำร้อน คูณด้วยปริมาณน้ำร้อนที่ใช้ในการผลิตสับปะรดในน้ำเชื่อมปริมาณ 1 ตัน ดังสมการ

$$\begin{aligned} &= (0.0000258 \times 1000) \times 1.8144 \\ &= 0.04681 && \text{kg CO}_2 \text{ e/ตันสับปะรดในน้ำเชื่อม} \end{aligned}$$

ค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้นปริมาณ 1 ตัน สามารถคำนวณได้จากค่า EF ของน้ำร้อน คูณด้วยปริมาณน้ำร้อนที่ใช้ในการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้นปริมาณ 1 ตัน ดังสมการ

$$\begin{aligned} &= (0.0000258 \times 1000) \times 1.5583 \\ &= 0.0402 && \text{kg CO}_2 \text{ e/ตันน้ำสับปะรดเข้มข้น} \end{aligned}$$

ส่วนที่ 3 พลังงาน

จากข้อมูลการใช้พลังงานนั้น ทางโรงงานมีการใช้พลังงาน 3 ประเภท ประกอบด้วย ไฟฟ้า น้ำมันเตา และ ถ่านหิน ซึ่งข้อมูลจากทางโรงงานมีปริมาณการใช้พลังงาน ดังนี้

พลังงานไฟฟ้าในส่วนการผลิต (ไม่รวมสำนักงาน)	=	179,394	kWh/เดือน
น้ำมันเตา	=	26.95	ตัน/เดือน
ถ่านหิน	=	347.75	ตัน/เดือน

การคำนวณค่าพลังงานที่ใช้ต่อ functional unit

นำค่าพลังงานที่ใช้ในส่วนการผลิตของโรงงาน มาคิดแยกเป็นพลังงานที่ใช้ในการผลิต สับปะรดในน้ำเชื่อม (ซึ่งมีสัดส่วน 42.61%) และแยกคิดเป็นพลังงานที่ใช้ในการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น (ซึ่งมีสัดส่วน 11.65%) และส่วนกาก เศษ แขน (สัดส่วน 45.74%) จะคิดได้ดังนี้

ตารางแสดงการคำนวณปริมาณพลังงานที่ใช้ในการผลิตสับปะรดในน้ำเชื่อมและน้ำสับปะรดเข้มข้น

ประเภทพลังงาน	ปริมาณพลังงาน (หน่วย/เดือน) A	ปริมาณพลังงานที่ใช้ผลิต สับปะรดในน้ำเชื่อม (หน่วย) $A \times 0.4261$	ปริมาณพลังงานที่ใช้ผลิต น้ำสับปะรดเข้มข้น (หน่วย) $A \times 0.1165$
ไฟฟ้า (kWh)	179,394.00	76,439.78	20,899.40
น้ำมันเตา (ตัน)	26.95	11.48	3.14
ถ่านหิน (ตัน)	347.75	148.18	40.51

เมื่อทราบค่าพลังงานที่ใช้ในการผลิตสับปะรดในน้ำเชื่อมและน้ำสับปะรดเข้มข้นแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือนำปริมาณพลังงานหารด้วยปริมาณผลผลิตที่โรงงานผลิตได้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางแสดงการคำนวณปริมาณพลังงานที่ใช้ในการผลิตสับปะรดในน้ำเชื่อม 1 ตัน

ประเภทพลังงาน	ผลผลิตสับปะรดในน้ำเชื่อมที่โรงงานผลิตได้ (ตันสับปะรดในน้ำเชื่อม/เดือน) A	ปริมาณพลังงานที่ใช้ผลิตสับปะรดในน้ำเชื่อม (หน่วย/เดือน) B	ปริมาณพลังงานที่ใช้ผลิตสับปะรดในน้ำเชื่อม 1 ตัน (หน่วย/ตันสับปะรดในน้ำเชื่อม) B/A
ไฟฟ้า (kWh)	1812.87	76,439.78	42.1651
น้ำมันเตา (ตัน)		11.48	0.00633
ถ่านหิน (ตัน)		148.18	0.08174

ตารางแสดงการคำนวณปริมาณพลังงานที่ใช้ในการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น 1 ตัน

ประเภทพลังงาน	ผลผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้นที่โรงงานผลิตได้ (ตันน้ำสับปะรดเข้มข้น/เดือน) A	ปริมาณพลังงานที่ใช้ผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น (หน่วย/เดือน) B	ปริมาณพลังงานที่ใช้ผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น 1 ตัน (หน่วย/ตันน้ำสับปะรดเข้มข้น) B/A
ไฟฟ้า (kWh)	495.5	20,899.40	42.1784
น้ำมันเตา (ตัน)		3.14	0.00634
ถ่านหิน (ตัน)		40.51	0.08176

การคำนวณค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อย

การคำนวณค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยนั้น เชื้อเพลิงถ่านหินและน้ำมันเตา ต้องคำนวณค่าการเผาไหม้เชื้อเพลิงด้วย สำหรับค่า EF ของพลังงานนั้นมี รายละเอียดดังตาราง

รายการ	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ (kg CO ₂ e/หน่วย)
ไฟฟ้า	kWh	0.5610
ถ่านหิน (การได้มา)	kg	0.0243
น้ำมันเตา (การผลิต)	kg	0.4260

ที่มา : คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

การคำนวณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยในการผลิตสับปะรดในน้ำเชื่อม 1 ตัน ในส่วนของการได้มาหรือการผลิตเชื้อเพลิง สามารถหาได้จากการนำค่า EF คูณด้วยปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อม 1 ตันมีรายละเอียดดังนี้

ตารางแสดงการคำนวณค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการได้มาหรือการผลิตพลังงานต่อปริมาณสับปะรดในน้ำเชื่อม 1 ตัน

รายการ	ค่าแฟคเตอร์ (kg CO ₂ e/หน่วย) A	ปริมาณพลังงานที่ใช้ผลิต สับปะรดในน้ำเชื่อม 1 ตัน (หน่วย/ตันสับปะรดใน น้ำเชื่อม) B	ค่าการปลดปล่อยก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ (kg CO ₂ e/ตันสับปะรดใน น้ำเชื่อม) A*B
ไฟฟ้า (kWh)	0.561	42.1651	23.6546
ถ่านหิน (การได้มา) (ตัน)	24.300	0.08174	1.9862
น้ำมันเตา (การผลิต) (ตัน)	426.000	0.00633	2.6984

การคำนวณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยในการผลิตสับปะรดในน้ำเชื่อม 1 ตัน ในส่วนของการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหินและน้ำมันเตา ต้องคำนึงถึงส่วนของการปลดปล่อย CO₂Emission และ Non – CO₂ Emission ใช้สมการดังนี้

$$\text{CO}_2\text{Emission} = ((\text{Fuel Consumption} \times \text{CEF}_i) - \text{Carbon Stored}) \times \text{Fraction oxidized} \times \frac{44}{12}$$

โดยที่

CO₂Emission = ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมา (kg)

Fuel Consumption = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (TJ)

CEF_i = สัมประสิทธิ์ค่าปริมาณคาร์บอนในเชื้อเพลิง (kg Carbon/TJ)

Fraction oxidized = สัดส่วนของการออกซิไดซ์ สมมติฐานให้เท่ากับ 0.99

Carbon Stored = คาร์บอนที่หลงเหลือจากการเผาไหม้ สมมติฐานให้เท่ากับ 0

การคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์ (Non – CO₂) สามารถคำนวณได้ตามสมการ

$$\text{Non – CO}_2 \text{ Emission} = \text{Emission Factor}_{abc} \times \text{Fuel Consumption}_{abc}$$

โดยที่

- Non – CO₂ Emission = ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์ (kg)
- Emission Factor = สัมประสิทธิ์การปล่อยมลสารที่ไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์ (kg/TJ)
- a = Fuel Type หมายถึงชนิดของเชื้อเพลิง
- b = Sector Activity หมายถึงกิจกรรมที่ศึกษาเช่นการเกษตร เป็นต้น
- c = Technology Type หมายถึงรูปแบบของเครื่องยนต์

ในการคำนวณต้องทราบปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้โดยแปลงออกมาในหน่วย TJ เป็นขั้นตอนแรก ก่อนที่จะนำค่าที่ได้มาคำนวณดังสมการที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งมีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

ตารางแสดงการแปลงค่าปริมาณเชื้อเพลิงเป็นค่าความร้อน

รายการ	ปริมาณพลังงานที่ใช้ผลิต สับปะรดในน้ำเชื่อม 1 ตัน (หน่วย/ตันสับปะรดใน น้ำเชื่อม) A	ค่าความร้อนอ้างอิง (MJ/หน่วย) B	คำนวณค่าความร้อน (TJ/ตันสับปะรดในน้ำเชื่อม) (A×B)/1000000
ถ่านหิน (ตัน)	0.08174	26,370	0.0022
น้ำมันเตา (ลิตร)	6.633	39.77	0.00026

หมายเหตุ : ค่าความร้อนอ้างอิงจาก กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันเตา C คือ 0.955 kg/l

คำนวณการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหิน

$$\begin{aligned}
 \text{CO}_2\text{Emission} &= ((0.0022 \times 27600) - 0) \times 0.99 \times (44/12) \\
 &= 215.942 \quad \text{kg CO}_2 / \text{ตันสับปะรดในน้ำเชื่อม} \\
 \text{Non - CO}_2 \text{ Emission ของ CH}_4 &= 0.0022 \times 10 \\
 &= 0.02 \quad \text{kg CH}_4 / \text{ตันสับปะรดในน้ำเชื่อม} \\
 \text{แปลงเป็น CO}_2\text{Emission} &= 0.02 \times 25 \\
 &= 0.539 \quad \text{kg CO}_2 / \text{ตันสับปะรดในน้ำเชื่อม} \\
 \text{Non - CO}_2 \text{ Emission ของ N}_2\text{O} &= 0.0022 \times 1.4 \\
 &= 0.003 \quad \text{kg N}_2\text{O} / \text{ตันสับปะรดในน้ำเชื่อม} \\
 \text{แปลงเป็น CO}_2\text{Emission} &= 0.003 \times 298 \\
 &= 0.899 \quad \text{kg CO}_2 / \text{ตันสับปะรดในน้ำเชื่อม} \\
 \text{ดังนั้นค่า CO}_2\text{Emission รวม} &= 215.942 + 0.539 + 0.899 + 1.9862 \\
 &= 219.3666 \quad \text{kg CO}_2 / \text{ตันสับปะรดในน้ำเชื่อม}
 \end{aligned}$$

คำนวณการเผาไหม้เชื้อเพลิงน้ำมันเตา

$$\begin{aligned}
 \text{CO}_2\text{Emission} &= ((0.00026 \times 20000) - 0) \times 0.99 \times (44/12) \\
 &= 19.151 \quad \text{kg CO}_2 / \text{ตันสับปะรดในน้ำเชื่อม} \\
 \text{Non - CO}_2 \text{ Emission ของ CH}_4 &= 0.00026 \times 2 \\
 &= 0.00053 \quad \text{kg CH}_4 / \text{ตันสับปะรดในน้ำเชื่อม} \\
 \text{แปลงเป็น CO}_2\text{Emission} &= 0.00053 \times 25 \\
 &= 0.013 \quad \text{kg CO}_2 / \text{ตันสับปะรดในน้ำเชื่อม} \\
 \text{Non - CO}_2 \text{ Emission ของ N}_2\text{O} &= 0.00026 \times 0.6 \\
 &= 0.00016 \quad \text{kg N}_2\text{O} / \text{ตันสับปะรดในน้ำเชื่อม} \\
 \text{แปลงเป็น CO}_2\text{Emission} &= 0.00016 \times 298 \\
 &= 0.047 \quad \text{kg CO}_2 / \text{ตันสับปะรดในน้ำเชื่อม} \\
 \text{ดังนั้นค่า CO}_2\text{Emission รวม} &= 19.151 + 0.013 + 0.047 + 2.6984 \\
 &= 21.9098 \quad \text{kg CO}_2 / \text{ตันสับปะรดในน้ำเชื่อม}
 \end{aligned}$$

การคำนวณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยในการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น 1 ตัน ในส่วนของการได้มาหรือการผลิตเชื้อเพลิง สามารถหาได้จากการนำค่า EF คูณด้วยปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อผลิตภัณฑ์ 1 ตันมีรายละเอียดดังนี้

ตารางแสดงการคำนวณค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการได้มาหรือการผลิตพลังงาน
ต่อปริมาณน้ำสับปะรดเข้มข้น 1 ตัน

รายการ	ค่าแฟคเตอร์ (kg CO ₂ e/หน่วย) A	ปริมาณพลังงานที่ใช้ผลิต น้ำสับปะรดเข้มข้น 1 ตัน (หน่วย/ตันน้ำสับปะรด เข้มข้น) B	ค่าการปลดปล่อยก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ (kg CO ₂ e/ตันน้ำสับปะรด เข้มข้น) A*B
ไฟฟ้า (kWh)	0.561	42.1784	23.6621
ถ่านหิน (การได้มา) (ตัน)	24.300	0.08176	1.9868
น้ำมันเตา (การผลิต) (ตัน)	426.000	0.00634	2.6993

การคำนวณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยในการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น 1 ตัน ในส่วนของการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหินและน้ำมันเตา ต้องคำนึงถึงส่วนของการปลดปล่อย CO₂Emission และ Non – CO₂ Emission ดังนี้

ตารางแสดงการแปลงค่าปริมาณเชื้อเพลิงเป็นค่าความร้อน

รายการ	ปริมาณพลังงานที่ใช้ผลิต น้ำสับปะรดเข้มข้น 1 ตัน (หน่วย/ตันน้ำสับปะรด เข้มข้น) A	ค่าความร้อนอ้างอิง (MJ/หน่วย) B	คำนวณค่าความร้อน (TJ/ตันน้ำสับปะรดเข้มข้น) (A*B)/1000000
ถ่านหิน (ตัน)	0.08176	26,370	0.0022
น้ำมันเตา (ลิตร)	6.638	39.77	0.00026

หมายเหตุ : ค่าความร้อนอ้างอิงจาก กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันเตา C คือ 0.955 kg/l

คำนวณการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหิน

$$\begin{aligned}
 \text{CO}_2\text{Emission} &= ((0.0022 \times 27600) - 0) \times 0.99 \times (44/12) \\
 &= 216.011 \quad \text{kg CO}_2 / \text{ตันน้ำสับปะรดเข้มข้น} \\
 \text{Non - CO}_2 \text{ Emission ของ CH}_4 &= 0.0022 \times 10 \\
 &= 0.022 \quad \text{kg CH}_4 / \text{ตันน้ำสับปะรดเข้มข้น} \\
 \text{แปลงเป็น CO}_2\text{Emission} &= 0.022 \times 25 \\
 &= 0.539 \quad \text{kg CO}_2 / \text{ตันน้ำสับปะรดเข้มข้น} \\
 \text{Non - CO}_2 \text{ Emission ของ N}_2\text{O} &= 0.0022 \times 1.4 \\
 &= 0.003 \quad \text{kg N}_2\text{O} / \text{ตันน้ำสับปะรดเข้มข้น} \\
 \text{แปลงเป็น CO}_2\text{Emission} &= 0.003 \times 298 \\
 &= 0.8995 \quad \text{kg CO}_2 / \text{ตันน้ำสับปะรดเข้มข้น} \\
 \text{ดังนั้นค่า CO}_2\text{Emission รวม} &= 216.011 + 0.539 + 0.8995 + 1.9868 \\
 &= 219.4360 \quad \text{kg CO}_2 / \text{ตันน้ำสับปะรดเข้มข้น}
 \end{aligned}$$

คำนวณการเผาไหม้เชื้อเพลิงน้ำมันเตา

$$\begin{aligned}
 \text{CO}_2\text{Emission} &= ((0.00026 \times 20000) - 0) \times 0.99 \times (44/12) \\
 &= 19.157 \quad \text{kg CO}_2 / \text{ตันน้ำสับปะรดเข้มข้น} \\
 \text{Non - CO}_2 \text{ Emission ของ CH}_4 &= 0.000026 \times 2 \\
 &= 0.0005 \quad \text{kg CH}_4 / \text{ตันน้ำสับปะรดเข้มข้น} \\
 \text{แปลงเป็น CO}_2\text{Emission} &= 0.0005 \times 25 \\
 &= 0.0132 \quad \text{kg CO}_2 / \text{ตันน้ำสับปะรดเข้มข้น} \\
 \text{Non - CO}_2 \text{ Emission ของ N}_2\text{O} &= 0.00026 \times 0.6 \\
 &= 0.0002 \quad \text{kg N}_2\text{O} / \text{ตันน้ำสับปะรดเข้มข้น} \\
 \text{แปลงเป็น CO}_2\text{Emission} &= 0.0002 \times 298 \\
 &= 0.0472 \quad \text{kg CO}_2 / \text{ตันน้ำสับปะรดเข้มข้น} \\
 \text{ดังนั้นค่า CO}_2\text{Emission รวม} &= 19.157 + 0.0132 + 0.0472 + 2.6993 \\
 &= 21.9168 \quad \text{kg CO}_2 / \text{ตันน้ำสับปะรดเข้มข้น}
 \end{aligned}$$

ส่วนที่ 4 วัตถุดิบประกอบที่นำมาทำผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อม

ในการผลิตสับปะรดในน้ำเชื่อมมีการใช้ น้ำตาล,กรดซิตริกและสารกันการเกิดฟอง

การคำนวณปริมาณวัตถุดิบประกอบที่ใช้ต่อ functional unit

วัตถุดิบประกอบที่ใช้ในการผลิตสับปะรดในน้ำเชื่อมปริมาณ 1 ตัน สามารถหาได้จาก ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ หารด้วยปริมาณผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อมที่โรงงานผลิตได้ มี รายละเอียดดังนี้

ตารางแสดงปริมาณการใช้วัตถุดิบประกอบต่อตันสับปะรดในน้ำเชื่อม

รายการวัตถุดิบประกอบ	ข้อมูลปริมาณที่ใช้ (ตัน/เดือน) A	คำนวณปริมาณที่ใช้ ต่อตันสับปะรดในน้ำเชื่อม (ตันวัตถุดิบประกอบ/ตันสับปะรดใน น้ำเชื่อม) $A/1812.87$
น้ำตาล	169.50	0.09350
กรดซิตริก	1.52	0.00084
สารกันการเกิดฟอง	0.0181	0.00001

หมายเหตุ : ตัวเลข 1812.87 คือปริมาณผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อมที่โรงงานผลิตได้ต่อเดือน

การคำนวณค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อย

การคำนวณค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยนั้น ได้จากการนำค่า EF คูณด้วย ปริมาณวัตถุดิบประกอบที่ใช้ต่อตันสับปะรดในน้ำเชื่อม รายละเอียดดังตาราง

รายการ	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ (kg CO ₂ e/หน่วย)
น้ำตาล	kg	1.0800
Acetic acid	kg	1.1900

ที่มา : คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

ตารางการคำนวณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของวัตถุดิบประกอบ ต่อตันสับปะรดในน้ำเชื่อม

รายการวัตถุดิบประกอบ	ปริมาณที่ใช้ ต่อตันสับปะรดใน น้ำเชื่อม A	ค่าแฟคเตอร์ (kg CO ₂ e/kg) B	ค่าการปลดปล่อย คาร์บอนไดออกไซด์ (kg CO ₂ e/ตัน สับปะรดในน้ำเชื่อม) (A×B)×1000
น้ำตาล	0.09350	1.0800	100.9780
กรดซิตริก (ใช้ค่าของ Acetic acid)	0.000838	1.1900	0.9978
สารกันการเกิดฟอง (ใช้ค่าของ Acetic acid)	0.00001	1.1900	0.0119

ส่วนที่ 5 บรรจุภัณฑ์

บรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อม

บรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุสับปะรดในน้ำเชื่อมในขั้นตอนแรกจะทำการบรรจุกระป๋องซึ่งทางโรงงานไม่มีข้อมูลของจำนวนกระป๋องโดยแยกเป็นขนาด 20, 30 และ 108 ออนซ์ ให้ทางผู้ศึกษาจึงต้องทำการคำนวณจำนวนกระป๋องที่ใช้ จากข้อมูลปริมาณสับปะรดในน้ำเชื่อมที่ผลิตได้ของแต่ละขนาดผลิตภัณฑ์ หารด้วยปริมาตรสุทธิของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ขนาด ภายหลังจากขั้นตอนนี้จะได้จำนวนกระป๋อง จากนั้นจึงนำจำนวนกระป๋องมาคูณด้วยน้ำหนักของกระป๋อง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางแสดงการคำนวณปริมาณและน้ำหนักกระป๋องที่ใช้

กระป๋อง ขนาด (ออนซ์)	ข้อมูลปริมาณ การผลิต สับปะรดใน น้ำเชื่อม (ตัน/เดือน) A	ปริมาตรสุทธิ (kg/กระป๋อง) B	น้ำหนัก กระป๋อง (g/กระป๋อง) C	จำนวนกระป๋อง (กระป๋อง) $D=(B \times 1000)/A$	น้ำหนักกระป๋อง (ตัน/เดือน) $(D \times C)/1000000$
20	741.4833	0.567	78.44	1,307,731	102.58
30	437.9190	0.8505	95.4	514,896	49.12
108	633.4660	3.0618	183	206,893	37.86

หมายเหตุ : 1 ออนซ์ มีค่าเท่ากับ 0.02835 kg

$$\begin{aligned}\text{ดังนั้นน้ำหนักกระป๋องที่ใช้ต่อเดือนมีค่า} &= 102.58+49.12+37.86 \\ &= 151.70 \quad \text{ตันกระป๋อง/เดือน}\end{aligned}$$

ซึ่งกระป๋องที่ใช้ 151.70 ตันกระป๋อง/เดือน นี้ใช้บรรจุสับปะรดในน้ำเชื่อมปริมาณ 1812.87 ตัน/เดือน หากคำนวณเป็นน้ำหนักกระป๋องที่ใช้ในการบรรจุสับปะรดในน้ำเชื่อม 1 ตันจะมีค่า

$$\begin{aligned}&= 151.70/1812.87 \\ &= 0.0837 \quad \text{ตันกระป๋อง/ตันสับปะรดในน้ำเชื่อม}\end{aligned}$$

เมื่อสับปะรดในน้ำเชื่อมได้บรรจุลงในกระป๋องแล้ว จากนั้นจะนำบรรจุลงกล่องกระดาษ ซึ่งข้อมูลจากโรงงาน มีข้อมูลจำนวนกล่องแต่ละขนาดว่าใช้จำนวนเท่าไร แต่ทางผู้ศึกษาต้องใช้ข้อมูลปริมาณกล่องโดยประเมินเป็นน้ำหนักกล่อง ดังนั้นทางผู้ศึกษาจึงต้องวัดขนาดกล่องและคำนวณเป็นพื้นที่ผิวของกล่อง จากนั้นจึงคูณด้วยค่าน้ำหนักต่อตารางเมตรของกระดาษกล่อง ซึ่งมีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

$$\text{สมการคำนวณพื้นที่ผิวกล่อง} = (ก \times ส \times 2) + (ย \times ส \times 2) + (ก \times ย \times 4)$$

หมายเหตุ : กล่องที่ใช้เป็นแบบปิดหัว-ท้าย 2 ชั้น จึงมีการคำนวณกล่อง 8 ด้าน

ตารางแสดงการคำนวณน้ำหนักกล่องที่ใช้บรรจุสับปะรดกระป๋อง

ขนาดบรรจุ (ออนซ์)	กว้าง (ม.)	ยาว (ม.)	สูง (ม.)	พื้นที่ผิว (ตร.ม./ใบ) A	น้ำหนักกระดาษ (กรัม/ตร.ม.) B	กระดาษหนัก C=A×B (กรัม/ใบ)	จำนวนกล่อง (ใบ/เดือน) D	ใช้กล่อง (ตัน/เดือน) (C×D)/10 ⁶
20	0.38	0.56	0.14	1.1144	230	256.312	54,489	13.97
30	0.42	0.62	0.15	1.3536	230	311.328	21,454	6.68
108	0.5	0.7	0.4	2.36	230	542.8	34,482	18.72

น้ำหนักกล่องที่ใช้ต่อผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อม 1812.87 ตัน/เดือน มีค่ารวมเท่ากับ

$$= 13.97+6.68+18.72$$

$$= 39.36 \text{ ตันกล่อง/เดือน}$$

เมื่อคิดเป็นน้ำหนักกล่องที่ใช้ต่อ 1 ตันผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อม จะสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$= 39.36/1812.87$$

$$= 0.0217 \text{ ตันกล่อง/ตันผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อม}$$

บรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้น

เมื่อได้ผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้นแล้วจึงบรรจุลงในถุงพลาสติก PP แล้วบรรจุลงในถัง 200 ลิตร อีกชั้น ซึ่งการคำนวณปริมาณถังนั้นได้จากการนำปริมาตรถังบรรจุหารด้วยปริมาณน้ำสับปะรดเข้มข้นที่โรงงานผลิตได้ จากนั้นจึงประเมินเป็นน้ำหนักของถังที่ใช้ ซึ่งมีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

$$\text{ปริมาตรที่ถังบรรจุได้} = 0.265 \text{ ตันน้ำสับปะรดเข้มข้น/ใบ}$$

$$\text{ปริมาณน้ำสับปะรดเข้มข้นที่ผลิตได้} = 495.5 \text{ ตันน้ำสับปะรดเข้มข้น/เดือน}$$

$$\text{ดังนั้น ต้องใช้ถัง} = 495.5/0.265$$

$$= 1870 \text{ ใบ/เดือน}$$

$$\text{ถัง 1 ใบมีน้ำหนัก} = 24 \text{ กิโลกรัม/ใบ}$$

$$\text{ดังนั้น ใน 1 เดือนมีการใช้ถัง} = 1870 \times 24$$

$$= 44880 \text{ กิโลกรัม/เดือน}$$

$$\text{หรือ} = 44.88 \text{ ตัน/เดือน}$$

เมื่อคิดเป็นน้ำหนักถังที่ใช้ต่อ 1 ตันผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้น จะสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$= 44.88/495.5$$

$$= 0.0906 \text{ ตันถัง/ตันผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้น}$$

ในการคำนวณปริมาณถุงพลาสติกที่ใช้บรรจุน้ำสับปะรดเข้มข้นนั้นคิดจากจำนวนถุงที่ใช้และคูณด้วยน้ำหนักถุงพลาสติก 1 ใบ ซึ่งมีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

$$\text{จำนวนถุงพลาสติกที่ใช้ (ยึดตามจำนวนถังที่ใช้)} = 1870 \text{ ใบ/เดือน}$$

$$\text{ถุง 1 ใบมีน้ำหนัก} = 1.5 \text{ กิโลกรัม}$$

$$\text{ดังนั้นใน 1 เดือนมีการใช้ถุง} = 1870 \times 1.5$$

$$= 2805 \text{ กิโลกรัม/เดือน}$$

$$\text{หรือ} = 2.805 \text{ ตัน/เดือน}$$

เมื่อคิดเป็นน้ำหนักถุงพลาสติกที่ใช้ต่อ 1 ตันผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้น จะสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$= \frac{2.805}{495.5}$$

$$= 0.0057 \quad \text{ตันถุงพลาสติก/ตันน้ำสับปะรดเข้มข้น}$$

การคำนวณบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ต่อ functional unit

บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ต่อตันผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อม

สามารถหาได้จากปริมาณบรรจุภัณฑ์ที่ใช้หารด้วยปริมาณผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อมซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางแสดงการคำนวณปริมาณบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ต่อตันสับปะรดในน้ำเชื่อม

รายการ	ปริมาณบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ (ตันบรรจุภัณฑ์/เดือน)	ปริมาณบรรจุภัณฑ์ต่อตันสับปะรดในน้ำเชื่อม (ตันบรรจุภัณฑ์/ตันสับปะรดในน้ำเชื่อม)
	A	A/1812.87
กระป๋อง	151.70	0.0837
กล่องกระดาษ	39.36	0.0217

หมายเหตุ : ตัวเลข 1812.87 คือปริมาณผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อมที่โรงงานผลิตใน 1 เดือน

บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ต่อตันผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้น

สามารถหาได้จากปริมาณบรรจุภัณฑ์ที่ใช้หารด้วยปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้นซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางแสดงการคำนวณปริมาณบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ต่อตันน้ำสับปะรดเข้มข้น

รายการ	ปริมาณบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ (ตันบรรจุภัณฑ์/เดือน)	ปริมาณบรรจุภัณฑ์ต่อตันสับปะรดในน้ำเชื่อม (ตันบรรจุภัณฑ์/ตันสับปะรดในน้ำเชื่อม)
	A	A/495.5
ถัง 200 ลิตร	44.88	0.0906
ถุงพลาสติก	2.805	0.0057

หมายเหตุ : ตัวเลข 495.5 คือปริมาณผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อมที่โรงงานผลิตใน 1 เดือน

การคำนวณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อย

ผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อม

ผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อม มีบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ 2 อย่างหลักๆ คือ กระป๋อง และกล่องกระดาษ ซึ่งในการคำนวณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยของกระป๋องนั้น ใช้ข้อมูล tin plate จากฐานข้อมูล Simapro และข้อมูลการใช้พลังงานในการผลิตของโรงงานผลิตกระป๋อง ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลการกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

การคำนวณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยของกล่องกระดาษนั้น สามารถหาได้จากการนำปริมาณกล่องกระดาษที่ใช้ต่อตันสับปะรดในน้ำเชื่อม คูณด้วยค่า EF จากคู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ มีรายละเอียดดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ค่า EF ของกล่องกระดาษ} &= 0.8260 && \text{kg CO}_2 \text{ e/kg} \\ \text{ปริมาณกล่องกระดาษที่ใช้} &= 0.0217 && \text{ตันกล่อง/ตันสับปะรดในน้ำเชื่อม} \\ \text{ดังนั้น ค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อย} &= 0.8260 \times 1000 \times 0.0217 \\ &= 17.9336 && \text{kg CO}_2 \text{ e/ตันสับปะรดในน้ำเชื่อม}\end{aligned}$$

การคำนวณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยของกระป๋องนั้น สามารถหาได้จากการนำค่า การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของ tin plate ที่ได้จากฐานข้อมูล Simapro บวกกับค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการผลิตกระป๋องของโรงงาน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

คำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยของ tin plate จากข้อมูล emission ในฐานข้อมูลของโปรแกรม Simpro โดยนำปริมาณกระป๋องที่ใช้ต่อตันสับปะรดในน้ำเชื่อมคูณกับค่า EF จึงได้ค่า

$$= 271.3609 \quad \text{kg CO}_2 \text{ e/ตันสับปะรดในน้ำเชื่อม}$$

คำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตกระป๋อง ได้ค่าเท่ากับ

$$= 0.1986 \quad \text{kg CO}_2 \text{ e/ตันสับปะรดในน้ำเชื่อม}$$

ดังนั้น กระป๋องจึงมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด

$$= 271.3609 + 0.1986$$

$$= 271.5595 \quad \text{kg CO}_2 \text{ e/ตันสับปะรดในน้ำเชื่อม}$$

ผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้น

ผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้น มีบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ 2 อย่างคือ ถุงพลาสติกPP และถัง200 ลิตร ซึ่งในการคำนวณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยของถังนั้น ใช้ข้อมูล tin plate จากฐานข้อมูล Simapro และข้อมูลการใช้พลังงานในการผลิตของโรงงานผลิตถัง ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลการกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

การคำนวณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยของถุงพลาสติกPP นั้น สามารถหาได้จาก การนำปริมาณถุงพลาสติกที่ใช้ต่อตันน้ำสับปะรดเข้มข้น คูณด้วยค่า EF จากคู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ มีรายละเอียดดังนี้

$$\text{ค่า EF ของถุงพลาสติกPP} = 2.3990 \quad \text{kg CO}_2 \text{ e/kg}$$

$$\text{ปริมาณถุงพลาสติกที่ใช้} = 0.0057 \quad \text{ตันถุง/ตันน้ำสับปะรดเข้มข้น}$$

$$\text{ดังนั้น ค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อย} = 2.3990 \times 1000 \times 0.0057$$

$$= 13.6743 \quad \text{kg CO}_2 \text{ e/ตันน้ำสับปะรดเข้มข้น}$$

การคำนวณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยของถังนั้น สามารถหาได้จากการนำค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของ tin plate ที่ได้จากฐานข้อมูล Simapro บวกกับค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการผลิตถังของโรงงาน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

คำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยของ tin plate จากข้อมูล emission ในฐานข้อมูลของโปรแกรม Simpro โดยนำปริมาณกระป๋องที่ใช้ต่อตันน้ำสับปะรดเข้มข้นคูณกับค่า EF จึงได้ค่า

$$= 293.7227 \quad \text{kg CO}_2 \text{ e/ตันน้ำสับปะรดเข้มข้น}$$

คำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตถัง ได้ค่าเท่ากับ

$$= 0.3527 \quad \text{kg CO}_2 \text{ e/ตันน้ำสับปะรดเข้มข้น}$$

ดังนั้น จึงมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด

$$= 293.7227 + 0.3527$$

$$= 294.0754 \quad \text{kg CO}_2 \text{ e/ตันน้ำสับปะรดเข้มข้น}$$

ส่วนที่ 6 การขนส่ง

ข้อมูลการขนส่งนั้นเป็นข้อมูลที่ได้รับจากทางโรงงาน ซึ่งข้อมูลระยะทางนั้นในการขนส่งนั้นทางเจ้าหน้าที่ผู้ให้ข้อมูลสามารถให้ข้อมูลได้เป็นจุดขนส่งหลัก เช่น ชื่อตัวเมืองหรือจังหวัด จากนั้นจึงนำมาประมาณระยะทางด้วยโปรแกรม google map ซึ่งรายละเอียดของค่า EF ที่ใช้ และรายละเอียดการบรรทุกมีดังนี้

ตารางแสดงค่า EF ที่ใช้ในการคำนวณ

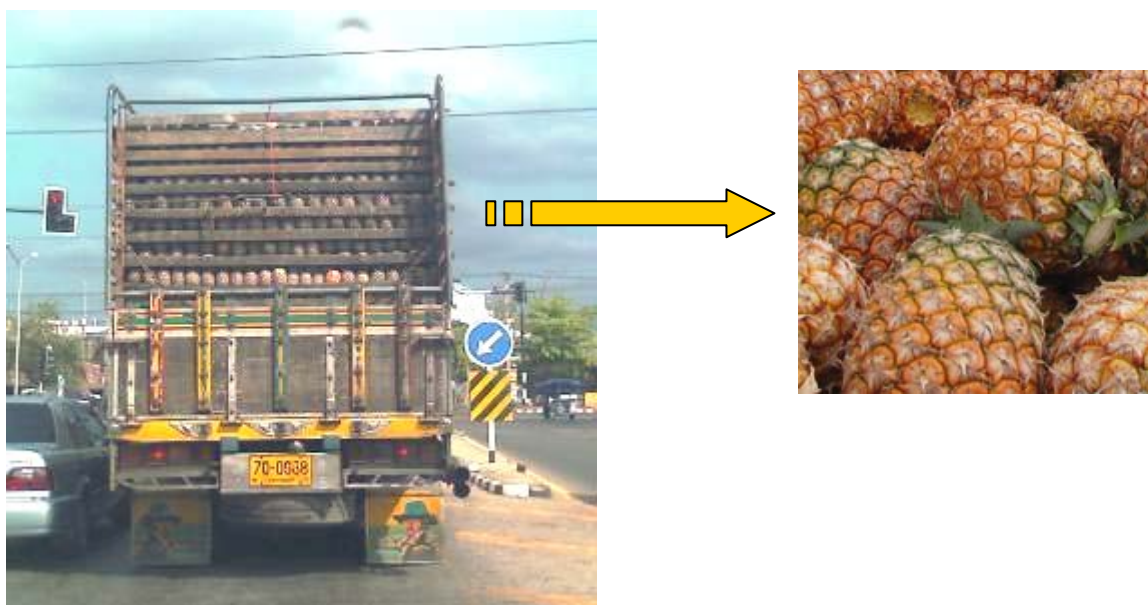
รายการ	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ (kg CO ₂ e/หน่วย)
รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน full load	ton-km	0.6160
รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน no load	ton-km	0.0555
รถกระบะบรรทุก 18 ล้อ 32 ตัน full load	ton-km	0.9065
รถกระบะบรรทุก 18 ล้อ 32 ตัน no load	ton-km	0.0459
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน full load	ton-km	0.3270
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ 7 ตัน no load	ton-km	0.1472

ที่มา : คู่มือแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

การขนส่งสับปะรดผลสด

ในการขนส่งสับปะรดผลสดนั้นทางเกษตรกรจะตัดจุกและก้านของสับปะรดออกก่อนบรรทุกขึ้นรถ เพื่อขนส่งไปยังโรงงาน ซึ่งจากในภาพจะเห็นได้ว่าจุกบางส่วนยังคงเหลือติดอยู่ที่ผลสับปะรด ซึ่งส่วนนี้ถือเป็นส่วนเศษสับปะรดที่นำไปใช้คั้นน้ำสับปะรดไม่ได้ จะถูกตัดออกที่โรงงานเพื่อนำไปขายเป็นอาหารสัตว์ต่อไป

ภาพตัวอย่างการขนส่งสับปะรดไปยังโรงงาน



การรับซื้อสับปะรดผลสดนั้นทางโรงงานได้ทำสัญญาซื้อ-ขายสับปะรดไว้กับกลุ่มเกษตรกร โดยทางโรงงานจะใช้รถบรรทุก 18 ล้อของโรงงานไปรับซื้อถึงไร่สับปะรด (คิดเป็น 95%) นอกจากนี้ ยังมีกลุ่มเกษตรกรในบริเวณรอบโรงงานบรรทุกผลสับปะรดจากไร่มาส่งโรงงานเอง (คิดเป็น 5%) ซึ่งแหล่งสับปะรดมาจาก 3 จังหวัดด้วยกัน ซึ่งแหล่งสับปะรดแหล่งใหญ่คือภายในขอบเขตจังหวัด กาญจนบุรี คิดเป็นสัดส่วนสับปะรดที่ป้อนเข้าสู่โรงงาน 75% รองลงมาคือจังหวัดเพชรบุรี 15% และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ 10% มีรายละเอียดดังนี้

ตารางแสดงข้อมูลการบรรทุกสับปะรดผลสด

เริ่มต้น	สิ้นสุด	สับปะรดที่ใช้ ตัน/เดือน	สัดส่วน	ระยะทาง ต่อเที่ยว (กิโลเมตร)	ประเภทรถ	น้ำหนัก บรรทุก (ตัน)
ประจวบฯ	กาญจนบุรี	563	0.10	271.557	18 ล้อ	32
เพชรบุรี	กาญจนบุรี	845	0.15	214.95		
กาญจนบุรี	กาญจนบุรี	3943	0.70	20		
กาญจนบุรี	กาญจนบุรี	282	0.05	10	4 ล้อ	7

จากการคำนวณสมมูลมวลสารสับปะรด ดังที่กล่าวมาข้างต้น จึงทำให้ทราบว่า ในการขนส่งสับปะรดขึ้นแวนเพื่อนำไปทำผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อมปริมาณ 1 ตัน ต้องใช้สับปะรดขึ้นแวนปริมาณ 0.6526 ตัน และการขนส่งน้ำสับปะรดเพื่อนำไปทำผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้นนั้นต้องใช้สับปะรดปริมาณ 1 ตัน ดังนั้นในการคำนวณค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยจึงนำค่าทั้ง 2 ตัวนี้มาคิด

การคำนวณการขนส่งสับปะรดขึ้นแวน

สมการ = (น้ำหนักสับปะรดขึ้นแวน × สัดส่วน × EF × ระยะทาง)/น้ำหนักโหลดบรรทุกของรถ

คำนวณ ค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยของการบรรทุกสับปะรดผลสดด้วยรถ 18 ล้อ
คิดการขนส่งสับปะรดขึ้นแวนด้วยรถบรรทุก 18 ล้อ กรณี no-load

$$\text{จะได้ว่า} = ((0.6526 \times 0.10 \times 0.0459 \times 271.557) / 32) + ((0.6526 \times 0.15 \times 0.0459 \times 214.95) / 32) \\ + ((0.6526 \times 0.70 \times 0.0459 \times 20) / 32)$$

$$= 0.0687 \quad \text{kg CO}_2\text{e}$$

คิดการขนส่งสับปะรดขึ้นแวนด้วยรถบรรทุก 18 ล้อ กรณี full-load

$$\text{จะได้ว่า} = ((0.6526 \times 0.10 \times 0.9065 \times 271.557) / 32) + ((0.6526 \times 0.15 \times 0.9065 \times 214.95) / 32) \\ + ((0.6526 \times 0.70 \times 0.9065 \times 20) / 32)$$

$$= 1.3568 \quad \text{kg CO}_2\text{e}$$

คำนวณ ค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยของการบรรทุกสับปะรดผลสดด้วยรถ 4 ล้อ
คิดการขนส่งสับปะรดขึ้นแวนด้วยรถบรรทุก 4 ล้อ กรณี no-load

$$\text{จะได้ว่า} = (0.6526 \times 0.05 \times 0.1472 \times 10) / 7 \\ = 0.0069 \quad \text{kg CO}_2\text{e}$$

คิดการขนส่งสับปะรดขึ้นแวนด้วยรถบรรทุก 4 ล้อ กรณี full-load

$$\text{จะได้ว่า} = (0.6526 \times 0.05 \times 0.327 \times 10) / 7 \\ = 0.0152 \quad \text{kg CO}_2\text{e}$$

$$\text{ดังนั้น ค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของการขนส่งสับปะรดขึ้นแวนต่อ 1 ตัน} \\ \text{ผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อม มีค่ารวม} = 0.0687 + 1.3568 + 0.0069 + 0.0152 \\ = 1.4476 \quad \text{kg CO}_2\text{e}$$

การคำนวณการขนส่งน้ำสับประรดดิบ

คำนวณ ค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยของการบรรทุกสับประรดผลสดด้วยรถ 18 ล้อ

คิดการขนน้ำสับประรดด้วยรถบรรทุก 18 ล้อ กรณี no-load

$$\begin{aligned}\text{จะได้ว่า} &= ((1 \times 0.10 \times 0.0459 \times 271.557) / 32) + ((1 \times 0.15 \times 0.0459 \times 214.95) / 32) + \\ &\quad ((1 \times 0.70 \times 0.0459 \times 20) / 32) \\ &= 0.1053 \quad \text{kg CO}_2\text{e}\end{aligned}$$

คิดการขนน้ำสับประรดด้วยรถบรรทุก 18 ล้อ กรณี full-load

$$\begin{aligned}\text{จะได้ว่า} &= ((1 \times 0.10 \times 0.9065 \times 271.557) / 32) + ((1 \times 0.15 \times 0.9065 \times 214.95) / 32) + \\ &\quad ((1 \times 0.70 \times 0.9065 \times 20) / 32) \\ &= 2.0792 \quad \text{kg CO}_2\text{e}\end{aligned}$$

คำนวณ ค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยของการบรรทุกสับประรดผลสดด้วยรถ 4 ล้อ

คิดการขนน้ำสับประรดด้วยรถบรรทุก 4 ล้อ กรณี no-load

$$\begin{aligned}\text{จะได้ว่า} &= (1 \times 0.05 \times 0.1472 \times 10) / 7 \\ &= 0.0105 \quad \text{kg CO}_2\text{e}\end{aligned}$$

คิดการขนน้ำสับประรดดิบด้วยรถบรรทุก 4 ล้อ กรณี full-load

$$\begin{aligned}\text{จะได้ว่า} &= (1 \times 0.05 \times 0.327 \times 10) / 7 \\ &= 0.0234 \quad \text{kg CO}_2\text{e}\end{aligned}$$

ดังนั้น ค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของการขนส่งน้ำสับประรดดิบต่อ 1 ตันสับประรด

$$\begin{aligned}\text{ผลสด มีค่ารวม} &= 0.0105 + 2.0792 + 0.0105 + 0.0234 \\ &= 2.2184 \quad \text{kg CO}_2\text{e}\end{aligned}$$

การขนส่งวัตถุดิบประกอบ ซึ่งใช้ในการผลิตสับประรดในน้ำเชื่อม

วัตถุดิบประกอบที่นำมาทำเป็นสับประรดในน้ำเชื่อมประกอบด้วยน้ำตาล กรดซิตริก และสารกันการเกิดฟอง ซึ่งการบรรทุกน้ำตาลใช้รถบรรทุก 10 ล้อในการขนส่ง กรดซิตริกและสารกันการเกิดฟองใช้รถกระบะ 4 ล้อในการขนส่ง ซึ่งสมการในการคำนวณเป็นดังนี้

$$\begin{aligned}\text{สมการ} &= (\text{น้ำหนักวัตถุดิบประกอบที่ใช้ต่อตันสับประรดในน้ำเชื่อม} \times \text{EF} \times \text{ระยะทาง}) / \\ &\quad \text{น้ำหนักโหลดบรรทุกของรถ}\end{aligned}$$

ตารางแสดงรายละเอียดข้อมูลที่ใช้คำนวณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยของการขนส่ง
วัตถุดิบประกอบ

รายการวัตถุดิบประกอบ	ปริมาณที่ใช้ต่อตันสับปะรดในน้ำเชื่อม (ตัน) A	ระยะทาง (กม.) B	EF No-load (kg CO ₂ e/ton-km) C	EF full-load (kg CO ₂ e/ton-km) D	ประเภทรถ	น้ำหนักที่รถขนได้ (ตัน) E
น้ำตาล	0.09350	71	0.0555	0.6160	10 ล้อ	16
กรดซิตริก	0.00084	109	0.1472	0.3270	4 ล้อ	7
สารกันการเกิดฟอง	0.00001	109	0.1472	0.3270	4 ล้อ	7

ตาราง ผลการคำนวณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยของการขนส่งวัตถุดิบประกอบ

รายการวัตถุดิบประกอบ	คำนวณ No-load (kg CO ₂ e/ton-km) $F=(A \times B \times C)/E$	คำนวณ full-load (kg CO ₂ e/ton-km) $G=(A \times B \times D)/E$	รวมการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (kg CO ₂ e/ตันสับปะรดในน้ำเชื่อม) F+G
น้ำตาล	0.0230	0.2556	0.2786
กรดซิตริก	0.0019	0.0043	0.0062
สารกันการเกิดฟอง	0.00002	0.00005	0.00007

การขนส่งบรรจุภัณฑ์

บรรจุภัณฑ์ที่ใช้กับผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อม ประกอบด้วยกระป๋องและกล่อง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

สมการ = $\frac{\text{น้ำหนักบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ต่อตันสับปะรดในน้ำเชื่อม} \times \text{EF} \times \text{ระยะทาง}}{\text{น้ำหนักโหลครบทุกของรถ}}$

ตารางแสดงรายละเอียดข้อมูลที่ใช้คำนวณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยของการขนส่งบรรจุภัณฑ์ที่ใช้กับผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อม

รายการ	ปริมาณที่ใช้ ต่อตันสับปะรด ในน้ำเชื่อม (ตัน) A	ระยะทาง (กม.) B	EF No-load (kg CO ₂ e/ton-km) C	EF full-load (kg CO ₂ e/ton-km) D	ประเภท รถ	น้ำหนักที่ รถขนได้ (ตัน) E
กระบียง	0.0837	109	0.0555	0.6160	10 ล้อ	16
กล่องกระดาษ	0.0217	39	0.0555	0.6160	10 ล้อ	16

ตาราง ผลการคำนวณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยของการขนส่งบรรจุภัณฑ์ที่ใช้กับผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อม

รายการ	คำนวณ No-load (kg CO ₂ e/ton-km) $F=(A \times B \times C)/E$	คำนวณ full-load (kg CO ₂ e/ton-km) $G=(A \times B \times D)/E$	รวมการปลดปล่อย คาร์บอนไดออกไซด์ (kg CO ₂ e/ ตันสับปะรดในน้ำเชื่อม) F+G
กระบียง	0.0316	0.3512	0.3828
กล่อง	0.0029	0.0326	0.0355

บรรจุภัณฑ์ที่ใช้กับผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้น ประกอบด้วยถุงพลาสติกและถัง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

สมการ = $\frac{\text{น้ำหนักบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ต่อตันน้ำสับปะรดเข้มข้น} \times \text{EF} \times \text{ระยะทาง}}{\text{น้ำหนักโหลรถบรรทุก}}$

ตารางแสดงรายละเอียดข้อมูลที่ใช้คำนวณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยของการขนส่งบรรจุภัณฑ์ที่ใช้กับผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้น

รายการ	ปริมาณที่ใช้ ต่อต้านน้ำ สับปะรดเข้มข้น (ตัน) A	ระยะทาง (กม.) B	EF No-load (kg CO ₂ e/ton-km) C	EF full-load (kg CO ₂ e/ton-km) D	ประเภท รถ	น้ำหนักที่ รถขนได้ (ตัน) E
ถัง	0.0906	109	0.0555	0.6160	10 ล้อ	16
ถุงพลาสติก	0.0057	39	0.1472	0.3270	4 ล้อ	7

ตาราง ผลการคำนวณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยของการขนส่งบรรจุภัณฑ์ที่ใช้กับผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้น

รายการ	คำนวณ No-load (kg CO ₂ e/ton-km) $F=(A \times B \times C)/E$	คำนวณ full-load (kg CO ₂ e/ton-km) $G=(A \times B \times D)/E$	รวมการปลดปล่อย คาร์บอนไดออกไซด์ (kg CO ₂ e/ ตันน้ำสับปะรดเข้มข้น) F+G
ถัง	0.0342	0.3801	0.4143
ถุงพลาสติก	0.0046	0.0103	0.0150

การขนส่งเชื้อเพลิง

เชื้อเพลิงที่ใช้กับผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อม ประกอบถ่านหินและน้ำมันเตา ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

สมการ = $\frac{\text{น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อต้านสับปะรดในน้ำเชื่อม} \times \text{EF} \times \text{ระยะทาง}}{\text{น้ำหนักโหลดของรถบรรทุก}}$

ตารางแสดงรายละเอียดข้อมูลที่ใช้คำนวณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยของการขนส่งเชื้อเพลิงที่ใช้กับผลิตภัณฑ์ลัษปะรดในน้ำเชื่อม

รายการ	ปริมาณที่ใช้ ต่อตันลัษปะรด ในน้ำเชื่อม (ตัน) A	ระยะทาง (กม.) B	EF No-load (kg CO ₂ e/ton-km) C	EF full-load (kg CO ₂ e/ton-km) D	ประเภท รถ	น้ำหนักที่ รถขนได้ (ตัน) E
ถ่านหิน	0.0817	39	0.0459	0.9065	18 ล้อ	32
น้ำมันเตา	0.00633	39	0.0555	0.6160	10 ล้อ	16

ตาราง ผลการคำนวณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยของการขนส่งบรรจุภัณฑ์ที่ใช้กับผลิตภัณฑ์ลัษปะรดในน้ำเชื่อม

รายการ	คำนวณ No-load (kg CO ₂ e/ton-km) $F=(A \times B \times C)/E$	คำนวณ full-load (kg CO ₂ e/ton-km) $G=(A \times B \times D)/E$	รวมการปลดปล่อย คาร์บอนไดออกไซด์ (kg CO ₂ e/ ตันลัษปะรดในน้ำเชื่อม) F+G
ถ่านหิน	0.0046	0.0903	0.0949
น้ำมันเตา	0.0009	0.0095	0.0104

เชื้อเพลิงที่ใช้กับผลิตภัณฑ์น้ำลัษปะรดเข้มข้น ประกอบถ่านหินและน้ำมันเตา ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

สมการ = $\frac{\text{น้ำหนักเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อตันน้ำลัษปะรดเข้มข้น} \times \text{EF} \times \text{ระยะทาง}}{\text{น้ำหนักโหลดของรถบรรทุก}}$

ตารางแสดงรายละเอียดข้อมูลที่ใช้คำนวณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยของการขนส่งเชื้อเพลิง
ที่ใช้กับผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้น

รายการ	ปริมาณที่ใช้ ต่อตันน้ำ สับปะรดเข้มข้น (ตัน) A	ระยะทาง (กม.) B	EF No-load (kg CO ₂ e/ton-km) C	EF full-load (kg CO ₂ e/ton-km) D	ประเภท รถ	น้ำหนักที่ รถขนได้ (ตัน) E
ถ่านหิน	0.0818	39	0.0459	0.9065	18 ล้อ	32
น้ำมันเตา	0.00634	39	0.0555	0.6160	10 ล้อ	16

ตาราง ผลการคำนวณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยของการขนส่งบรรจุภัณฑ์
ที่ใช้กับผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดเข้มข้น

รายการ	คำนวณ No-load (kg CO ₂ e/ton-km) $F=(A \times B \times C)/E$	คำนวณ full-load (kg CO ₂ e/ton-km) $G=(A \times B \times D)/E$	รวมการปลดปล่อย คาร์บอนไดออกไซด์ (kg CO ₂ e/ ตันน้ำสับปะรดเข้มข้น) F+G
ถ่านหิน	0.0046	0.0903	0.0949
น้ำมันเตา	0.0008	0.0095	0.0104

ภาคผนวก ค
การคำนวณประสิทธิภาพการผลิต

การคำนวณประสิทธิภาพการผลิตของโรงงานที่ศึกษาด้วยวิธีการที่กำหนดโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรม มีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

1. ปัจจัยประสิทธิภาพปริมาณการใช้สับปะรด

การหาปริมาณการใช้สับปะรด คำนวณได้จากน้ำหนักผลสับปะรดที่ใช้เป็นวัตถุดิบต่อน้ำหนักของเนื้อสับปะรดที่บรรจุในกระป๋อง โดยไม่รวมน้ำหนักของน้ำเชื่อม ดังสมการ

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณการใช้สับปะรด} &= \frac{\text{น้ำหนักผลสับปะรด (ตัน)}}{\text{น้ำหนักเนื้อสับปะรดที่บรรจุในกระป๋อง (ตัน)}} \\ (\text{ตัน/ตันผลิตภัณฑ์}) & \\ &= \frac{5633}{1183} \\ &= 4.76 \quad \text{ตัน/ตันผลิตภัณฑ์}\end{aligned}$$

2. ปัจจัยประสิทธิภาพปริมาณการใช้น้ำตาล

น้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลักของน้ำเชื่อม การหาปริมาณการใช้น้ำตาล คำนวณได้จากน้ำหนักน้ำตาลที่ใช้เป็นวัตถุดิบต่อน้ำหนักของเนื้อสับปะรดที่บรรจุในกระป๋อง โดยไม่รวมน้ำหนักของน้ำเชื่อม ดังสมการ

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณการใช้น้ำตาล} &= \frac{\text{น้ำหนักน้ำตาล (ตัน)}}{\text{น้ำหนักเนื้อสับปะรดที่บรรจุในกระป๋อง (ตัน)}} \\ (\text{ตัน/ตันผลิตภัณฑ์}) & \\ &= \frac{169.55}{1183} \\ &= 0.14 \quad \text{ตัน/ตันผลิตภัณฑ์}\end{aligned}$$

3. ปัจจัยประสิทธิภาพปริมาณการใช้กรดซิตริก

กรดซิตริกใช้ในการผลิตสับปะรดกระป๋องเพื่อปรับระดับความเปรี้ยวหวานของน้ำเชื่อมให้ได้รับรสชาติตามที่ต้องการ การหาปริมาณการใช้กรดซิตริกคำนวณได้จากน้ำหนักกรดซิตริกที่ใช้เป็นวัตถุดิบต่อน้ำหนักของเนื้อสับปะรดที่บรรจุในกระป๋อง โดยไม่รวมน้ำหนักของน้ำเชื่อม ดังสมการ

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณการใช้กรดซิตริก} &= \frac{\text{น้ำหนักกรดซิตริก (กิโลกรัม)}}{\text{น้ำหนักเนื้อสับปะรดที่บรรจุในกระป๋อง (ตัน)}} \\ \text{(กิโลกรัม/ตันผลิตภัณฑ์)} &= \frac{1520}{1183} \\ &= 1.28 \quad \text{กิโลกรัม/ตันผลิตภัณฑ์} \end{aligned}$$

4. ปัจจัยประสิทธิภาพปริมาณการใช้พลังงานรวม

ในกระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋อง พลังงานที่ใช้ประกอบด้วยพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงประมาณร้อยละ 94 และพลังงานไฟฟ้าประมาณร้อยละ 6 ของการใช้พลังงานรวม การหาปริมาณการใช้พลังงานรวมในการผลิตสับปะรดกระป๋องคำนวณได้จากสมการนี้

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณการใช้พลังงานรวม} &= \frac{\text{พลังงานรวม (เมกะจูล)}}{\text{น้ำหนักเนื้อสับปะรดที่บรรจุในกระป๋อง (ตัน)}} \\ \text{(เมกะจูล/ตันผลิตภัณฑ์)} &= \text{พลังงานรวม} \\ &= (\text{พลังงานไฟฟ้า} \times \text{สัดส่วนผลิตสับปะรดกระป๋อง}) + \\ &\quad (\text{พลังงานถ่านหิน} \times \text{สัดส่วนผลิตสับปะรดกระป๋อง}) + \\ &\quad (\text{พลังงานน้ำมันเตา} \times \text{สัดส่วนผลิตสับปะรดกระป๋อง}) \\ &= 510,197 + 7,244,432 + 886,621 \\ &= 8,641,250 \quad \text{MJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณการใช้พลังงานรวม} &= \frac{8,641,250}{1183} \\
 &= 7,305 \text{ เมกะจูล/ตันผลิตภัณฑ์}
 \end{aligned}$$

5. ปัจจัยประสิทธิภาพปริมาณการใช้น้ำ

การคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำในหน่วยลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์ จะคำนวณจากปริมาณน้ำใช้ในส่วนการล้างผลสับปะรด การลอกเปลือก/เจาะแกน การตากแต่ง/ตัดแว่น การล้างกระป๋องทั้งก่อนและหลังการบรรจุ การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ และการหล่อเย็น รวมทั้งการล้างพื้นและเครื่องจักร โดยไม่รวมน้ำที่เป็นส่วนประกอบของน้ำเชื่อม และหม้อไอน้ำ ดังสมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned}
 \frac{\text{ปริมาณการใช้น้ำ}}{(\text{ลูกบาศก์เมตร/ตันผลิตภัณฑ์})} &= \frac{\text{ปริมาณน้ำใช้ (ลูกบาศก์เมตร)}}{\text{น้ำหนักเนื้อสับปะรดที่บรรจุในกระป๋อง (ตัน)}} \\
 &= \frac{4854}{1183} \\
 &= 4.10 \text{ ลูกบาศก์เมตร/ตันผลิตภัณฑ์}
 \end{aligned}$$

ภาคผนวก ง
การคำนวณมาตรการเทคโนโลยีสะอาด

มาตรการเทคโนโลยีสะอาดที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ มี 4 มาตรการด้วยกันประกอบด้วย มาตรการลดความชื้นถ่านหิน มาตรการหุ้มฉนวนท่อไอน้ำ มาตรการลดแรงดันไอน้ำ และมาตรการ ซ่อมแซมกับดักไอน้ำ ซึ่งมีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

1. มาตรการลดความชื้นถ่านหิน

มวลของไอน้ำในถ่านหิน (ก่อนปรับปรุง)	=	0.15	kg/kg coal
มวลของไอน้ำในถ่านหิน (หลังปรับปรุง)	=	0.10	kg/kg coal
ความร้อนจำเพาะของน้ำ	=	4.12	kJ/kg °C
ความร้อนจำเพาะของไอน้ำ	=	500.00	kJ/kg °C
ความร้อนแฝงจำเพาะของการกลายเป็นไอ	=	5000.00	kJ/kg
ความแตกต่างของอุณหภูมิถ่านหินก่อนเข้าเตาถึง 100 °C	=	70.00	
ความแตกต่างของอุณหภูมิถ่านหินจาก 100 ถึง 200 °C	=	100.00	
ค่าความร้อนของถ่านหิน	=	26370.00	kJ/kg
ปริมาณถ่านหินที่ใช้ต่อชั่วโมง	=	1262.00	kg/ชั่วโมง
ชั่วโมงการผลิตไอน้ำต่อปี	=	2560.00	ชั่วโมง/ปี
ราคาถ่านหิน	=	3.80	บาท/kg
พลังงานความร้อนที่สูญเสียเพื่อระเหยน้ำ(ก่อนปรับปรุง)	=	8293.26	kJ/kg
พลังงานความร้อนที่สูญเสียเพื่อระเหยน้ำ(หลังปรับปรุง)	=	5528.84	kJ/kg
พลังงานความร้อนที่สูญเสียลดลง	=	3488698.04	kJ/ชั่วโมง
ปริมาณถ่านหินที่ลดลงได้จากการลดความชื้น	=	132.30	kg/ชั่วโมง
	=	338682.86	kg/ปี
ราคาถ่านหินที่ประหยัดได้ $C = (dM) \times hr \times CL$	=	1286994.86	บาท/ปี

2. มาตรการหุ้มฉนวนท่อไอน้ำ

คำนวณค่าการสูญเสียความร้อนก่อนหุ้มฉนวนจากสมการ

$$Q_l = h \times A \times (T_s - T_a)$$

เมื่อ	Q_l	คือ ความร้อนสูญเสียก่อนการหุ้มฉนวน (W)
	h	คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (W/m^2K)
	A	คือ พื้นที่ผิว (m^2)
	T_s	คือ อุณหภูมิผิวของผนัง (K)
	T_a	คือ อุณหภูมิผิวของสิ่งแวดล้อม (K)
ขนาดท่อ	2 นิ้ว	
ท่อยาว	1.6 m	

แทนค่า

$$\begin{aligned} A &= 0.26 \text{ m}^2 \\ T_s &= 150 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ T_a &= 30 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

หาค่า h จากสูตรคำนวณ

$$h = hc + hr$$

เมื่อ	hc	คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (W/m^2K)
-------	------	--

สูตรคำนวณ

$$hc = 7.592 \times [(T_s - T_a)/d]^{0.25}$$

	d	คือ เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (ฟุต)
ดังนั้น	d	$= 0.17$ ฟุต
	hc	$= 39.327$ W/m^2K

และ h_r คือ สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน (W/m^2K)

สูตรคำนวณ

$$h_r = \epsilon \times s \times (T_s + T_a) \times (T_s^2 + T_a^2)$$

ϵ คือ ค่าการเปล่งรังสีของผิววัสดุ (surface emittance)

s คือ Stefan-Boltzmann มีค่า 5.699×10^{-8} (W/m^2K^4)

ดังนั้น

$$\epsilon = 0.1$$

$$h_r = 0.024 \quad W/m^2K$$

ทำการคำนวณหาค่า h

$$h = 39.351 \quad W/m^2K$$

ดังนั้นค่า Q_i จะได้

$$Q_i = 1205.17 \quad W$$

$$= 1.21 \quad kW$$

คำนวณการสูญเสียความร้อนหลังการหุ้มฉนวนจากสมการ

$$Q_{inst} = U \times A \times (T_s - T_a)$$

กรณีท่อ

$$U = [r_o \times \ln(r_o/r_i)]/k + [1/h]$$

r_o คือ รัศมีของท่อหลังหุ้มฉนวน (m)

r_i คือ รัศมีของท่อก่อนหุ้มฉนวน (m)

k คือ ค่าการนำความร้อนของฉนวน (W/mK)

$$h = h_c + h_r$$

$$\text{ฉนวนหนา} = 1.0 \text{ นิ้ว}$$

หาค่า h จากสูตรคำนวณ

$$hc = 0.27(q/D)^{0.25} \times 5.678$$

q คือ ผลต่างอุณหภูมิของผนังกับสิ่งแวดล้อม (ฟาเรนไฮต์)

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (ฟุต)

แทนค่า

$$q = 44.6 \quad ^\circ\text{F}$$

$$D = 0.17 \quad \text{Ft}$$

$$q/D = 267.6$$

$$hc = 6.201 \quad \text{W/m}^2\text{K}$$

$$hr = \epsilon \times s \times (T_2 + T_a) \times (T_2^2 + T_a^2)$$

เมื่อ

T_2 คือ อุณหภูมิของผิวของผนังหลังหุ้มฉนวน

$$T_2 = 37 \quad ^\circ\text{C}$$

$$hr = 0.001 \quad \text{W/m}^2\text{K}$$

ดังนั้น

$$h = 6.20142 \quad \text{W/m}^2\text{K}$$

ค่า U จะได้

เมื่อ

$$k = 0.046 \quad \text{W/mK}$$

$$r_i = 2.54000 \quad \text{m}$$

$$r_o = 5.08000 \quad \text{m}$$

$$\ln(r_o/r_i) = 0.69315$$

$$U = 0.02602 \quad \text{W/m}^2\text{K}$$

ดังนั้นค่า Q_{insl} จะได้

$$Q_{insl} = 0.04648 \quad \text{W}$$

$$\text{หรือ} = 0.005 \quad \text{kW}$$

$$\text{ความร้อนที่ประหยัดได้} = 1.205 \quad \text{kW}$$

$$\text{ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ} = 65 \quad \%$$

$$\text{ค่าความร้อนถ่านหิน} = 26370 \quad \text{kJ/kg}$$

คิดเป็นถ่านหินที่ประหยัดได้	=	0.00007	kg/วินาที
หรือ	=	0.25	kg/ชั่วโมง
จำนวนชั่วโมงทำงาน	=	8	ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันทำงาน	=	320	วัน/ปี
คิดเป็นถ่านหินที่ประหยัดได้	=	647.96	kg/ปี
	=	9330.66	MJ/ปี
ราคาถ่านหิน	=	3.20	บาท/kg
คิดเป็นเงิน	=	2073.48	บาท/ปี

การลงทุนและระยะเวลาในการคืนทุน

ราคาฉนวนต่อความยาว 1 ม.	=	300	บาท
จำนวนทั้งหมด	=	2	m
คิดเป็นเงินลงทุน	=	480	บาท
คิดเป็นระยะเวลาคืนทุน	=	0.23	ปี

หมายเหตุ ผลการวิเคราะห์ข้างต้นเฉพาะการหุ้มฉนวนในรางไล่อากาศเท่านั้น ผลการวิเคราะห์โดยรวมทั้งหมดอยู่ในตารางสรุปดังนี้

ตารางสรุปผลการหุ้มฉนวนท่อเปลือย

บริเวณ	ขนาดท่อ (นิ้ว)	ความยาว (เมตร)	อุณหภูมิผิว (°C)	ถ่านหินที่ ลดลง (kg)	ประหยัด (บาท)	เงินลงทุน (บาท)	คืนทุน (ปี)
ฆ่าเชื้อกระป๋อง	2.5	3.60	130	1372.04	4390.51	1080	0.25
	2	1.80	130	580.29	1856.91	540	0.29
	0.25	7.20	130	487.87	1561.16	720	0.46
รางไล่อากาศ	2	1.60	130	647.96	2073.47	480	0.23
รวมผลประหยัดทั้งหมด				3088.16	9882.05	2820	0.29

3. มาตรการลดแรงดันไอน้ำ

แรงดันสูงสุดก่อนปรับลด(Absolute Pressure)	=	7.80	kg/cm ²
แรงดันสูงสุดหลังปรับลด(Absolute Pressure)	=	7.50	kg/cm ²
เอนทัลปีของไอน้ำที่ความดันก่อนปรับลด	=	2768	kJ/kg
เอนทัลปีของไอน้ำที่ความดันหลังปรับลด	=	2766	kJ/kg
เอนทัลปีของน้ำป้อนที่อุณหภูมิ น้ำป้อน 70 °C	=	293	kJ/kg
ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ	=	85	%
ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ตลอดทั้งปี	=	4173046.67	kg/ปี
ชั่วโมงการทำงานตลอดทั้งปี	=	2480	ชั่วโมง/ปี
ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง	=	26370	kJ/kg
ราคาเชื้อเพลิงเฉลี่ย	=	3.20	บาท/kg
ค่า TDS น้ำป้อน	=	300	PPM
ค่า TDS น้ำในหม้อไอน้ำ	=	3500	PPM
ปริมาณน้ำป้อนที่ใช้ใน 1 ชั่วโมง	=	10000	kg/ชั่วโมง
<u>ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้เมื่อไม่ต้องต้มน้ำที่ความดันสูง</u>			
เปอร์เซ็นต์ของความร้อนที่สูญเสียไป	=	0.06	%
เชื้อเพลิงที่ไ้ลดลง	=	2503.83	kg/ปี
ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	=	8012.25	บาท/ปี
<u>ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้เมื่อโบล์ดาวน์ที่ความดันต่ำลง</u>			
ปริมาณการโบล์ดาวน์	=	937.50	kg/ชั่วโมง
พลังงานความร้อนที่ประหยัดได้	=	1875	kJ/ชั่วโมง
พลังงานความร้อนที่ประหยัดได้ทั้งปี	=	4650000	kJ/ปี
ปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	=	207.45	kg/ปี
ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	=	663.86	บาท/ปี
เชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ทั้งหมด	=	2711.28	kg/ปี
ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	=	8676.11	บาท/ปี
คิดเป็นผลประหยัดรวมทั้ง 2 กรณี	=	16688.36	บาท/ปี

4. มาตรการซ่อมแซมกับดักไอน้ำ

จากสมการ

$$Q_s = m_{st} \times (h_g - h_f)$$

เมื่อ

Q_s	คือ พลังงานความร้อนที่ประหยัดได้ (kJ/ชั่วโมง)
m_{st}	คือ ปริมาณไอน้ำสูญเสีย (kg/ชั่วโมง)
h_g	คือ ค่าความร้อนของไอน้ำที่สูญเสีย (kJ/kg)
h_f	คือ ค่าความร้อนของน้ำคอนเดนเสทที่สูญเสีย (kJ/kg)

แทนค่า

m_{st}	=	10	kg/ชั่วโมง
h_g	=	2768	kJ/kg
h_f	=	716.5	kJ/kg
ดังนั้น	=	20515	kJ/ชั่วโมง
ชั่วโมงการทำงาน	=	8	ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันทำงาน	=	320	วัน/ปี
Q_s	=	50877200	kJ/ปี
	=	50877.20	MJ/ปี
ค่าความร้อนของถ่านหิน	=	26.37	MJ/kg
ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ	=	85	%
คิดเป็นถ่านหินที่ประหยัดได้	=	$Q_s / \text{ค่าความร้อนถ่านหิน} \times \text{ประสิทธิภาพ}$	
	=	2269.83	kg/ปี
ค่าถ่านหินที่ประหยัดได้	=	ถ่านหินที่ประหยัดได้ $\times$ ราคาถ่านหิน	
ราคาถ่านหิน	=	3.20	บาท
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	7263.47	บาท/ปี
<u>การลงทุนและระยะเวลาคืนทุน</u>			
ราคา Steam Trap 1 ชุด	=	8000	บาท
คิดเป็นระยะเวลาคืนทุน	=	1.10	ปี

ภาคผนวก จ

การคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงของแต่ละมาตรการ

1. มาตรการลดความชื้นถ่านหิน

คำนวณปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้

ปริมาณถ่านหินที่ประหยัดได้	=	338,683	kg/ปี
ค่าความร้อนถ่านหิน	=	26,370	MJ/ตัน
ดังนั้น ปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้	=	$\frac{(338,683 \times 26,370)}{1000}$	
	=	8,931,071	MJ/ปี

คำนวณค่า emission การได้มาซึ่งถ่านหิน

ค่า EF การได้มาซึ่งถ่านหิน	=	0.0243	kg CO ₂ e/kg
ดังนั้น ค่าemission การได้มาซึ่งถ่านหิน	=	$338,683 \times 0.0243$	
	=	8,230	kg CO ₂ e/ปี

คำนวณ emission การเผาไหม้ถ่านหิน

การคำนวณหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากสมการ

$$\text{CO}_2\text{Emission} = ((\text{Fuel Consumption} \times \text{CEF}_i) - \text{Carbon Stored}) \times \text{Fraction oxidized} \times \frac{44}{12}$$

โดยที่

CO ₂ Emission	=	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมา (kg)
Fuel Consumption	=	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (TJ)
CEF _i	=	สัมประสิทธิ์ค่าปริมาณคาร์บอนในเชื้อเพลิง (kg Carbon/TJ) (หมายเหตุ : ค่า CEF _i แสดงในภาคผนวก ก)
Fraction oxidized	=	สัดส่วนของการออกซิไดซ์ สมมติฐานให้เท่ากับ 0.99
Carbon Stored	=	คาร์บอนที่หลงเหลือจากการเผาไหม้ สมมติฐานให้เท่ากับ 0

ดังนั้น

$$\begin{aligned}\text{CO}_2\text{Emission} &= ((8.9311 * 25800) - 0) * 0.99 * (44/12) \\ &= 836,430.50 \quad \text{kg CO}_2 \text{ e/ปี}\end{aligned}$$

การคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์ (Non – CO₂) จากสมการ

$$\text{Non – CO}_2 \text{ Emission} = \text{Emission Factor}_{abc} \times \text{Fuel Consumption}_{abc}$$

โดยที่

$$\begin{aligned}\text{Non – CO}_2 \text{ Emission} &= \text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์ (kg)} \\ \text{Emission Factor} &= \text{สัมประสิทธิ์การปล่อยมลสารที่ไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์ (kg/TJ)} \\ a &= \text{Fuel Type หมายถึงชนิดของเชื้อเพลิง} \\ b &= \text{Sector Activity หมายถึงกิจกรรมที่ศึกษาเช่นการเกษตร เป็นต้น} \\ c &= \text{Technology Type หมายถึงรูปแบบของเครื่องยนต์} \\ &(\text{หมายเหตุ : ค่า Emission Factor}_{abc} \text{ และ Fuel Consumption}_{abc} \\ &\text{แสดงในภาคผนวก ก})\end{aligned}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned}\text{CH}_4 \text{ Emission} &= 8.9311 * 10 \\ &= 89.31 \quad \text{kg CH}_4/\text{ปี} \\ &\text{หรือคิดเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดย คูณกับค่า} \\ &\text{ความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบซึ่งของ CH}_4 \text{ มีค่า 25} \\ \text{CO}_2\text{Emission} &= 89.31 * 25 \\ &= 2,232.77 \quad \text{kg CO}_2 \text{ e/ปี}\end{aligned}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned}\text{N}_2\text{O Emission} &= 8.9311 * 1.4 \\ &= 12.50 \quad \text{kg CH}_4/\text{ปี} \\ &\text{หรือคิดเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดย คูณกับค่า} \\ &\text{ความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบซึ่งของ N}_2\text{O มีค่า 298}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{CO}_2\text{Emission} &= 12.50 * 298 \\ &= 3,726.04 \quad \text{kg CO}_2 \text{ e/ปี}\end{aligned}$$

คำนวณค่า CO₂Emission ที่ลดลงรวม

$$\begin{aligned}&= 8,230 + 836,430.50 + 2,232.77 + 3,726.04 \\ &= 850,619 \quad \text{kg CO}_2 \text{ e/ปี}\end{aligned}$$

2. มาตรการหุ้มฉนวนท่อไอน้ำ

คำนวณปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณถ่านหินที่ประหยัดได้} &= 3,088 \quad \text{kg/ปี} \\ \text{ค่าความร้อนถ่านหิน} &= 26,370 \quad \text{MJ/ตัน} \\ \text{ดังนั้น ปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้} &= \frac{(3,088 * 26,370)}{1000} \\ &= 81,431 \quad \text{MJ/ปี}\end{aligned}$$

คำนวณค่า emission การได้มาซึ่งถ่านหิน

$$\begin{aligned}\text{ค่า EF การได้มาซึ่งถ่านหิน} &= 0.0243 \quad \text{kg CO}_2 \text{ e/kg} \\ \text{ดังนั้น ค่าemission การได้มาซึ่งถ่านหิน} &= 3,088 * 0.0243 \\ &= 75.04 \quad \text{kg CO}_2 \text{ e/ปี}\end{aligned}$$

คำนวณ emission การเผาไหม้ถ่านหิน

การคำนวณหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากสมการ

$$\text{CO}_2\text{Emission} = ((\text{Fuel Consumption} \times \text{CEF}_f) - \text{Carbon Stored}) \times \text{Fraction oxidized} \times \frac{44}{12}$$

$$\begin{aligned}\text{CO}_2\text{Emission} &= ((0.0814 * 25800) - 0) * 0.99 * (44/12) \\ &= 7,626.30 \quad \text{kg CO}_2 \text{ e/ปี}\end{aligned}$$

การคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์ (Non – CO₂) จากสมการ

$$\text{Non – CO}_2 \text{ Emission} = \text{Emission Factor}_{\text{abc}} \times \text{Fuel Consumption}_{\text{abc}}$$

$$\begin{aligned} \text{CH}_4 \text{ Emission} &= 0.0814 \times 10 \\ &= 0.814 \quad \text{kg CH}_4/\text{ปี} \\ &\text{หรือคิดเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดย คูณกับค่า} \\ &\text{ความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบซึ่งของ CH}_4 \text{ มีค่า 25} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ Emission} &= 0.814 \times 25 \\ &= 20.36 \quad \text{kg CO}_2 \text{ e/ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{N}_2\text{O Emission} &= 0.0814 \times 1.4 \\ &= 0.11 \quad \text{kg CH}_4/\text{ปี} \\ &\text{หรือคิดเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดย คูณกับค่า} \\ &\text{ความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบซึ่งของ N}_2\text{O มีค่า 298} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ Emission} &= 0.11 \times 298 \\ &= 33.97 \quad \text{kg CO}_2 \text{ e/ปี} \end{aligned}$$

คำนวณค่า CO₂ Emission ที่ลดลงรวม

$$\begin{aligned} &= 75.04 + 7,626.30 + 20.36 + 33.97 \\ &= 7,756 \quad \text{kg CO}_2 \text{ e/ปี} \end{aligned}$$

3. มาตรการลดแรงดันไอน้ำใช้งาน

คำนวณปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณถ่านหินที่ประหยัดได้} &= 2,711 \quad \text{kg/ปี} \\ \text{ค่าความร้อนถ่านหิน} &= 26,370 \quad \text{MJ/ตัน} \\ \text{ดังนั้น ปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้} &= \frac{(2,711 \times 26,370)}{1000} \\ &= 71,489 \quad \text{MJ/ปี} \end{aligned}$$

คำนวณค่า emission การได้มาซึ่งถ่านหิน

$$\begin{aligned}\text{ค่า EF การได้มาซึ่งถ่านหิน} &= 0.0243 \quad \text{kg CO}_2 \text{ e/kg} \\ \text{ดังนั้น ค่าemission การได้มาซึ่งถ่านหิน} &= 2,711 * 0.0243 \\ &= 65.88 \quad \text{kg CO}_2 \text{ e/ปี}\end{aligned}$$

คำนวณ emission การเผาไหม้ถ่านหิน

การคำนวณหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากสมการ

$$\text{CO}_2\text{Emission} = ((\text{Fuel Consumption} \times \text{CEF}_i) - \text{Carbon Stored}) \times \text{Fraction oxidized} \times \frac{44}{12}$$

$$\begin{aligned}\text{CO}_2\text{Emission} &= ((0.0715 * 25800) - 0) * 0.99 * (44/12) \\ &= 6,695.24 \quad \text{kg CO}_2 \text{ e/ปี}\end{aligned}$$

การคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์ (Non – CO₂) จากสมการ

$$\text{Non – CO}_2 \text{ Emission} = \text{Emission Factor}_{\text{abc}} \times \text{Fuel Consumption}_{\text{abc}}$$

$$\begin{aligned}\text{CH}_4 \text{ Emission} &= 0.0715 * 10 \\ &= 0.715 \quad \text{kg CH}_4 \text{ /ปี} \\ &\text{หรือคิดเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดย คูณกับค่า} \\ &\text{ความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบซึ่งของ CH}_4 \text{ มีค่า 25}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{CO}_2\text{Emission} &= 0.715 * 25 \\ &= 17.87 \quad \text{kg CO}_2 \text{ e/ปี}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{N}_2\text{OEmission} &= 0.0715 * 1.4 \\ &= 0.10 \quad \text{kg CH}_4 \text{ /ปี} \\ &\text{หรือคิดเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดย คูณกับค่า} \\ &\text{ความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบซึ่งของ N}_2\text{O มีค่า 298}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{CO}_2\text{Emission} &= 0.10 * 298 \\ &= 29.83 \quad \text{kg CO}_2 \text{ e/ปี}\end{aligned}$$

คำนวณค่า CO₂Emission ที่ลดลงรวม

$$\begin{aligned} &= 65.88 + 6,695.24 + 17.87 + 29.83 \\ &= 6,809 \quad \text{kg CO}_2 \text{ e/ปี} \end{aligned}$$

4. มาตรการซ่อมแซมกับดักไอน้ำ

คำนวณปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณถ่านหินที่ประหยัดได้} &= 2,270 \quad \text{kg/ปี} \\ \text{ค่าความร้อนถ่านหิน} &= 26,370 \quad \text{MJ/ตัน} \\ \text{ดังนั้น ปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้} &= \frac{(2,270 * 26,370)}{1000} \\ &= 59,860 \quad \text{MJ/ปี} \end{aligned}$$

คำนวณค่า emission การได้มาซึ่งถ่านหิน

$$\begin{aligned} \text{ค่า EF การได้มาซึ่งถ่านหิน} &= 0.0243 \quad \text{kg CO}_2 \text{ e/kg} \\ \text{ดังนั้น ค่าemission การได้มาซึ่งถ่านหิน} &= 2,270 * 0.0243 \\ &= 55.16 \quad \text{kg CO}_2 \text{ e/ปี} \end{aligned}$$

คำนวณ emission การเผาไหม้ถ่านหิน

การคำนวณหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)จากสมการ

$$\text{CO}_2\text{Emission} = ((\text{Fuel Consumption} \times \text{CEF}_f) - \text{Carbon Stored}) \times \text{Fraction oxidized} \times \frac{44}{12}$$

$$\begin{aligned} \text{CO}_2\text{Emission} &= ((0.0599 * 25800) - 0) * 0.99 * (44/12) \\ &= 5,606.12 \quad \text{kg CO}_2 \text{ e/ปี} \end{aligned}$$

การคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์ (Non – CO₂)จากสมการ

$$\text{Non} - \text{CO}_2 \text{ Emission} = \text{Emission Factor}_{\text{abc}} \times \text{Fuel Consumption}_{\text{abc}}$$

$$\begin{aligned} \text{CH}_4 \text{ Emission} &= 0.0599 \times 10 \\ &= 0.599 \quad \text{kg CH}_4/\text{ปี} \\ &\text{หรือคิดเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดย คูณกับค่า} \\ &\text{ความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบซึ่งของ CH}_4 \text{ มีค่า 25} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ Emission} &= 0.599 \times 25 \\ &= 14.96 \quad \text{kg CO}_2 \text{ e/ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{N}_2\text{O Emission} &= 0.0599 \times 1.4 \\ &= 0.084 \quad \text{kg CH}_4/\text{ปี} \\ &\text{หรือคิดเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดย คูณกับค่า} \\ &\text{ความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบซึ่งของ N}_2\text{O มีค่า 298} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ Emission} &= 0.084 \times 298 \\ &= 24.97 \quad \text{kg CO}_2 \text{ e/ปี} \end{aligned}$$

คำนวณค่า CO₂ Emission ที่ลดลงรวม

$$\begin{aligned} &= 55.16 + 5,606.12 + 14.96 + 24.97 \\ &= 5,701 \quad \text{kg CO}_2 \text{ e/ปี} \end{aligned}$$

ภาคผนวก จ

การคำนวณค่าการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

1. มาตรการลดความชื้นถ่านหิน

$$\text{Eco-index} = \frac{\text{Investment Cost (Baht)}}{\text{CO}_2 \text{ Reduction (kg/Yr)}}$$

เงินลงทุน	=	0.00	บาท
ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลง	=	850,619	กิโลกรัม
ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	=	$\frac{0.00}{850,619}$	
	=	0.00	

ดังนั้นมาตรการนี้มีประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเท่ากับศูนย์

2. มาตรการหุ้มฉนวนท่อไอน้ำ

$$\text{Eco-index} = \frac{\text{Investment Cost (Baht)}}{\text{CO}_2 \text{ Reduction (kg/Yr)}}$$

เงินลงทุน	=	2,820	บาท
ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลง	=	7,756	กิโลกรัม
ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	=	$\frac{2,820}{7,756}$	
	=	0.36	

ดังนั้นมาตรการนี้มีประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเท่ากับ 0.36

3. มาตรการลดแรงดันน้ำใช้งาน

$$\text{Eco-index} = \frac{\text{Investment Cost (Baht)}}{\text{CO}_2 \text{ Reduction (kg/Yr)}}$$

เงินลงทุน	=	0.00	บาท
ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลง	=	6,809	กิโลกรัม
ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	=	<u>0.00</u>	
		6,809	
	=	0.00	

ดังนั้นมาตรการนี้มีประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเท่ากับศูนย์

2. มาตรการซ่อมแซมกับดักน้ำ

$$\text{Eco-index} = \frac{\text{Investment Cost (Baht)}}{\text{CO}_2 \text{ Reduction (kg/Yr)}}$$

เงินลงทุน	=	8,000	บาท
ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลง	=	5,701	กิโลกรัม
ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	=	<u>8,000</u>	
		5,701	
	=	1.40	

ดังนั้นมาตรการนี้มีประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเท่ากับ 1.40

ประวัติการศึกษา

ชื่อ	นางสาวปริญ ไพสุนทรสุข
วันเดือนปีเกิด	วันที่ 9 กันยายน พ.ศ. 2524
วุฒิการศึกษา	ปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีชนบท มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ พ.ศ. 2545
ตำแหน่ง	นักศึกษาปริญญาโท
ทุนการศึกษา	-
ประสบการณ์การทำงาน	ผู้ช่วยผู้จัดการโครงการ บริษัทเอกชน